

Universidad Nacional de Ingeniería

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA GEOLOGICA,
MINERA Y METALURGICA**



**Estudio de las Posibilidades de Utilización del Cobre
en el Desarrollo Industrial del Perú**

T E S I S

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO METALURGISTA**

Miguel Edgar Armacanqui Tipacti

PROMOCION 1975 - 2

LIMA - PERU - 1977

**A LA ADMIRABLE FE, VOLUNTAD Y EJEMPLO
DE MIS PADRES NICOLAS Y CLEMENCIA ; Y
AL AFAN DE SUPERACION DE MIS HERMANOS
ELIA, JOSE, BERTHA, NUMA Y SAMUEL.**

P R E F A C I O

Desde hace años, el cobre es la principal fuente de ingreso del país; y del total de divisas por las exportaciones peruanas, cerca del 30% proviene por este metal. Esta cantidad se incrementara próximamente debido a los grandes proyectos minero-metalúrgicos de cobre que actualmente se están desarrollando. Así, entre los años 1976 y 1977 la producción de cobre del país casi se ha duplicado con respecto a los años anteriores. La mayor parte de la producción de cobre es exportado como concentrado y como cobre ampollado y refinado, y sólo se consume una cantidad que representa menos del 2% del total producido.

El propósito de este trabajo es mostrar las posibilidades de utilización del cobre para una producción industrial de determinados productos, ya que considero que el país encontrará el camino de su desarrollo mediante la industrialización de sus productos mineros; con las consiguientes ventajas económicas por la exportación de estos productos.

El trabajo se ha dividido en seis capítulos: (1) Yacimientos y Reservas de Cobre en el Perú, (2) Procesos de obtención de Cobre, (3) Aplicaciones del Cobre Refinado, (4) Mercado del Cobre, (5) Proyectos de Industrialización del Cobre y (6) Conclusiones.

Se comienza haciendo mención a los principales yacimientos de cobre en el Perú así como de sus reservas; en las partes (2) y (3) se trata sobre los procesos de obtención del cobre, y de sus

aplicaciones, haciendo referencia a la influencia de las impurezas en el cobre refinado. En la parte (4) se hace un análisis del mercado nacional e internacional del alambrón de cobre, de los laminados y extruídos de cobre, y de los polvos de cobre y aleaciones. Finalmente en el Capítulo (5) se establece las posibilidades de uso del cobre en el país. Esta parte se ha desarrollado sin entrar en muchos detalles y analizando algunos aspectos importantes que habría que considerar para instalar las plantas que procesen el cobre refinado. Así, se ha determinado la utilización del cobre para la fabricación de semiterminados de cobre y aleaciones en una cantidad de 30,000 TM/Año, y para la fabricación de 500 TM/Año de polvos de cobre y aleaciones. Con la elaboración de estos productos, el país triplicaría su actual consumo de cobre refinado.

Espero que en este trabajo se encuentre alguna referencia de utilidad respecto al cobre peruano, y que además contribuya de algún modo a la inquietud de industrialización del país, lo cual es una preocupación nacional.

Deseo expresar mi gratitud a todos aquellos que con su estímulo y ayuda permitieron la realización de este trabajo.

Mi reconocimiento al Ing. W. Fernández de INDUPERU, al Ing. A. Velásquez del IPL y al Ing. L. Hernández de la Asociación Mexicana del Cobre.

EDGAR ARMACANQUI T.

Agosto de 1977.

I N D I C E

PAG.:

CAPITULO I YACIMIENTOS Y RESERVAS DE COBRE EN EL PERU

1.- PRINCIPALES YACIMIENTOS DE COBRE EN EL PERU -----	1
A.- GENERALIDADES -----	1
B.- PRINCIPALES YACIMIENTOS PERUANOS -----	2
2.- RESERVAS DE COBRE EN EL PERU -----	7
3.- RESERVAS MUNDIALES DE COBRE -----	10
A.- RESERVAS MUNDIALES -----	10
B.- DEMANDA DE COBRE -----	13

CAPITULO II PROCESOS DE OBTENCION DEL COBRE

1.- PROCESO DE OBTENCION DEL COBRE POR VIA SECA -----	17
2.- PROCESO DE OBTENCION DEL COBRE POR VIA HUMEDA ---	33

CAPITULO III APLICACIONES DEL COBRE REFINADO

1.- APLICACIONES DEL COBRE REFINADO -----	41
2.- INFLUENCIA DE LAS IMPUREZAS EN EL COBRE REFINADO-	48

CAPITULO IV MERCADO DEL COBRE

1.- ANALISIS DEL MERCADO NACIONAL Y MUNDIAL DEL COBRE	53
1.1.- MERCADO DEL ALAMBRON DE COBRE -----	53
A.- MERCADO NACIONAL -----	54
B.- PROYECCION DE LA DEMANDA INTERNA DE ALAMBRON -----	58

C.-	MERCADO INTERNACIONAL -----	60
1.2.-	MERCADO DE LAMINADOS Y EXTRUIDOS DE COBRE Y ALEACIONES -----	62
A.-	MERCADO NACIONAL -----	62
B.-	MERCADO INTERNACIONAL -----	64
1.3.-	MERCADO DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES ---	66
2.-	COTIZACIONES DEL COBRE -----	
2.1.-	HISTORIA DEL PRECIO DEL COBRE -----	67
2.2.-	COTIZACION ACTUAL DEL COBRE -----	69
2.3.-	STOCK MUNDIAL DE COBRE -----	73
2.4.-	ESTRATEGIAS ADOPTADAS PARA MEJORAR EL PRE-- CIO DEL COBRE -----	75
3.-	ANALISIS DE LA PRODUCCION Y CONSUMO DE COBRE -----	79
3.1.-	PRODUCCION Y CONSUMO MUNDIAL -----	79
3.2.-	CONSUMO DE COBRE SEGUN USOS -----	85
3.3.-	PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DE COBRE ----	86
A.-	PRODUCCION NACIONAL -----	86
B.-	CONSUMO NACIONAL -----	94
4.-	PRODUCCION Y CONSUMO EN PRODUCTOS SEMIELABORADOS DE COBRE Y ALEACIONES -----	96
4.1.-	PRODUCCION DE SEMITERMINADOS EN EL PERU ---	96
4.2.-	IMPORTACION DE SEMITERMINADOS -----	100
4.3.-	CONSUMO DE SEMITERMINADOS -----	103
5.-	PRODUCCION Y CONSUMO DE PRODUCTOS OBTENIDOS POR FUNDICION -----	105

CAPITULO V PROYECTOS DE INDUSTRIALIZACION DEL COBRE

1.- ALEACIONES DE COBRE DE USO INDUSTRIAL -----	109
2.- ALEACIONES DE COBRE PRODUCIDOS EN EL PERU -----	130
3.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DEL COBRE EN EL PERU	132
3.1.- FABRICACION DE SEMITERMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES -----	132
A.- CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA DE SEMITERMINADOS -----	133
B.- PROCESO DE PRODUCCION DE SEMITERMINA- DOS -----	135
C.- INSUMOS NECESARIOS PARA LA FABRICA - CION DE SEMITERMINADOS DE COBRE Y A - LEACIONES -----	138
3.2.- PRODUCCION DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES	140
A.- CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA	141
B.- PROCESO DE PRODUCCION DE POLVOS DE CO BRE Y ALEACIONES -----	143
C.- INSUMOS NECESARIOS PARA LA PRODUCCION DE POLVOS -----	144
3.3.- ANALISIS ECONOMICO DE LOS PROYECTOS -----	145
A.- ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO DE SE MITERMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES --	145
B.- ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES -----	148

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA.

C A P I T U L O I

YACIMIENTOS Y RESERVAS DE COBRE EN EL PERU

1.- PRINCIPALES YACIMIENTOS DE COBRE EN EL PERU

A.- GENERALIDADES

El cobre es abundante en el territorio peruano. Se le puede encontrar en yacimientos en los cuales es el principal metal, o también asociado con minerales de plomo, zinc y otros metales.

Los principales yacimientos de cobre son del tipo diseminado o porfirítico; entre éstos se tiene los depósitos de Toquepala,

Quellaveco y *cuajone en Moquegua*, y Cerro Verde en Arequipa. Otros yacimientos de este tipo son el de Toromocho en Junín, Pashpap y Agulla en la faja cuprífera de la Cordillera Negra, Cañariacu en Lambayeque, La Vegas en Amazonas, Turmalina en el departamento de Piura, y el yacimiento de Michiquillay en Cajamarca (1).

Hasta 1976, la producción de cobre provenía mayormente del yacimiento porfirítico de Toquepala que representaba cerca del 60 % del total producido en el país. Se estima que para el año 2,000 la producción anual de cobre en el Perú será de aproximadamente 1'500, 000 TM; y para ese año, los yacimientos de tipo pórfido estarán aportando el mayor volumen de producción y en un porcentaje cercano al 80%.

Los principales minerales de cobre de los yacimientos peruanos son: Calcopirita, calcocita, bornita, enargita, tetraedrita, minerales oxidados como la cuprita y otros. Calcopirita ($CuFeS_2$) es el mineral más común; se le encuentra mezclado con material estéril y generalmente sólo constituye de uno a diez por ciento del total del yacimiento; y ya que el contenido de cobre en este mineral es 35%, el yacimiento tendrá una ley de cobre variable entre 0.35 y 3.5 %. La calcosina (Cu_2S) es el sulfuro más rico con 80% en cobre, por lo que las menas que lo contienen revisten para la industria del cobre más importancia que cualquier otro sulfuro (2). La bornita (Cu_5FeS_4), aparece frecuentemente en mezcla íntima con la calcopirita y la calcosina, por lo cual la composición de este mineral varía a intervalos considerables; tiene más cobre que la calcopirita, y si se acumulan en grandes cantidades pueden tener un interés industrial (3). La enargita ($Cu_3As_4S_4$), es un mineral relativamente raro, pero se le encuentra en gran cantidad en Morococha y Cerro de Pasco. La tetraedrita, tiene una composición muy variable, y puede contener cobre, antimonio o arsénico y azufre; aún no se ha encontrado grandes yacimientos de este mineral.

B.- PRINCIPALES YACIMIENTOS PERUANOS.

Actualmente en el país los principales productores de concentrado de cobre son los yacimientos de Toquepala, Cuajone y Centro - mfn Perú; que en conjunto producen más del 80% del total.

El Perú aumentará su producción, cuando entre en operación o

tros importantes yacimientos cuyos estudios de factibilidad se están avanzando o ya se han concluido. Por ejemplo, se han terminado los estudios de factibilidad de los siguientes proyectos: Cerro Verde segunda etapa, Michiquillay, Antamina y Tintaya. Estos proyectos han sido considerados como proyectos estratégicos dentro del Plan Nacional de Desarrollo, elaborado en 1975 (4); y durante 1977 entrarán en la fase de negociaciones financieras y trabajos preparatorios. Cuando entren en operación, estos yacimientos producirán en conjunto unas 330,000 T.M.F. de cobre.

En seguida se hace referencia a los más importantes yacimientos que tiene el país.

CERRO VERDE.- Este yacimiento está ubicado al Suroeste de la ciudad de Arequipa, en el Sur del Perú, a una altura promedio de 2,700 m. sobre el nivel del mar.

Cerro Verde es el yacimiento que encierra el potencial cuprífero conocido más importante del país, con una reserva cercana a los mil millones de toneladas de mineral con 0.6% de Cu.

Su existencia se conoce desde 1,868, habiendo dado lugar a labores de pequeña minería hasta 1,916; en ese año la Andes Exploration, subsidiaria de Anaconda, tomó el control de la mina. Debido a que hasta Diciembre de 1,970 la empresa no cumplió con el calendario de operaciones (documento en el que se especifica las actividades necesarias para poner en producción la mina, indicando secuencias, duración y monto de inversiones requerido), dicho yacimiento

(así como Michiquillay, Antamina, Tintaya y otros) rev estió al Esta do como consecuencia de la aplicación de la Ley General de Minerfa D.L. N° 18880, dada en Junio de 1,971.

La Exploración de Cerro Verde comprende dos etapas. La prime ra etapa corresponde a la explotación de óxidos. Esta etapa entrará en producción en 1,977, y producirá anualmente 33,000 TMF de cobre en forma de cátodos. Con la puesta en marcha de esta primera etapa, y la producción de 168,000 TM/ año del yacimiento de Cuajone, el Pe rú duplicará su producción de cobre.

La primera etapa de Cerro Verde comprende la explotación de cerca de 60 millones de toneladas de mineral oxidado (bronzantita, crisocola, y otros), con 0.97% de Cu. Los primeros 7 años se proce sarán los minerales oxidados, luego a la mezcla de óxidos y sulfuros y finalmente se explotaran los sulfuros (5)

La segunda etapa será de explotación de los sulfuros; esta e tapa constituye el proyecto minero metalúrgico más importante den tro del Plan Nacional de Desarrollo para el período 1,975- 1,978, ya que tendrá una capacidad de producción de 150,000 TM anuales de co bre fino. Se espera que esta etapa comiense a producir en 1,979.

CUAJONE.- Este yacimiento está ubicado en el Distrito de To- rata, Provincia de Mariscal Nieto y Departamento de Moquegua, a u- nos 3,600m. sobre el nivel del mar. Dicho yacimiento será de 165,000 TM al año, lo cual aumentará en un 80% la producción total del país. Las reservas de Cuajone están estimadas en 450 millones de to

neladas métricas de mineral, esencialmente sulfuros, con 1% de cobre. Tiene una capacidad de explotación de aproximadamente 30 a 40 años.

QUELLAVECO.- Este yacimiento está ubicado en el Distrito de Torata, Provincia de Mariscal Nieto y a unos 35 Km. de la ciudad de Moquegua. Anellaveco será otro gran productor de cobre. Se espera que el año de su entrada en producción sea en 1,979, con 100,000 T.M.F. anuales. Las reservas probadas de este yacimiento son de 200 millones de TM; y se estima que hay una reserva posible de 400 millones de TM, con 0.98% de cobre.

MICHIQUILLAY.- El Yacimiento de Michiquillay está situado en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, Distrito de Encañada, a 3,400m. sobre el nivel del mar. Este yacimiento es un depósito de cobre porfirítico, cuya mineralización está constituida por una fina disseminación de pirita y chalcopirita. Se calcula que hay una reserva de 570 millones de TM de minerales con 0.72% de ley de cobre. Se espera que Michiquillay inicie su producción en 1,980 con 80,000 T.M.F. de cobre.

TINTAYA.- Este yacimiento cuprífero está ubicado en el Departamento del Cuzco, Provincia de Espinar, Distrito de Yauri, y a unos 4,500m. sobre el nivel del mar. Hay una zona de óxidos con chalcantita, crisocola; una zona de sulfuros de chalcopirita, bornita, pirita, chalcosita y covelita. Se estima como mineral probado 2'500,000 TM con una ley de 3.2% de cobre en la zona de óxidos;

2'400,000 TM con una ley de 2.7% de cobre en la zona de sulfuros; además hay una reserva probable de 4 millones de TM entre óxidos y sulfuros, con una ley promedio de 2.7% de cobre. El yacimiento de Tintaya, debe entrar en producción en 1,978 con 70,000 T.M.F. anuales de cobre.

ANTAMINA.- El yacimiento está ubicado en el Departamento de Ancash, Provincia de Huarí, Distrito de San Marcos, a una altura de 4,200m. sobre el nivel del mar. La mineralización está constituida por óxidos y sulfuros de cobre, sulfuros de plomo, cinc y melibdeno. En este yacimiento se calcula unas reservas de más de 9 millones de TM. con 1.35% de cobre. Antamina deberá estar produciendo 24,000 T. M.F. de cobre a partir de 1,980.

BERENGUELA.- El yacimiento está situado en el Departamento de Puno, Provincia de Lampa, distrito de Cabanilla, a 4,200m. sobre el nivel del mar. Tiene reservas probadas de más de 13 millones de TM de mineral con 1.31% de cobre y 4 onzas de plata por TM. Se estima que el yacimiento entrará en producción en 1,981, con una cantidad de 20,000 T.M.F. de cobre.

OTROS YACIMIENTOS.- También son importantes los yacimientos de Chalcobamba y Ferrobamba ambos en el Departamento de Apurímac, el primero con una reserva probable de 28 millones de TM de sulfuros de cobre. También se espera que los yacimientos de Toromocho, Bambas y Cobriza, inicien su producción en 1,980, con una producción conjunta de 130,000 T.M.F. de cobre. Asimismo, se calcula que a mediados de la próxima década, los yacimientos Cañariacu (en el Depar

tamento de Lambayeque), Pashpap (Ancash), Quechua (Cuzco) y el águila (Ancash) estarán produciendo un total 180,000 T.M.F. de cobre.

Luego, se calcula que a partir de 1,985, con la puesta en marcha de los yacimientos antes mencionados, el Perú estará produciendo más de un millón de toneladas métricas finas de cobre.

Además de estos yacimientos se tiene evidencia de la existencia de nuevos yacimientos porfiríticos de cobre tales como La Vega, El Molino, La Granja, Cristo de los Andes, Palca, Chapi, Huaca, etc; que pueden producir en conjunto unas 300,000 toneladas métricas de contenido fino de cobre en el año 1,990.

2.- RESERVAS DE COBRE EN EL PERU

El Perú es una Nación con una variada riqueza minera; y se calcula que este país no tendrá escasez de ninguno de sus productos mineros hasta aproximadamente el año 2,050. En el caso de cobre, el Perú tiene reservas conocidas que se estiman para 100 años.

Las reservas de 87 unidades (las más importantes), hasta principios de 1,974, eran de 25'464,000 T.M. de contenido fino de cobre, más 77'310,000 TM de recursos indicados; el total representa 102'700,000 TM de cobre (6). Cerca del 90% de las reservas indicadas corresponden a yacimientos porfiríticos con una ley mínima de 0.45% Cu. Estas reservas se irán incrementando a medida que se avancen los trabajos de exploraciones y a medida que disminuya la ley económica de corte. Así la producción de las minas que cerrarán sus

operaciones en los siguientes años deberá ser compensada con la apertura de nuevas minas desconocidas hasta la fecha, o con las ampliaciones aún no planificadas.

De las reservas estimadas, aproximadamente el 75% se encuentran en los yacimientos de Cerro Verde, Cuacone, Michiquillay, Quellaveco y Toquepala. Esto se observa en el cuadro N°1, que muestran las reservas estimadas hasta el año 1,975.

CUADRO N° 1
RESERVAS ESTIMADAS DE COBRE EN EL PERU
(HASTA EL AÑO 1,975)

YACIMIENTO	RESERVAS EN MILLONES DE T.M. DE MINERAL DE COBRE.	RESERVAS EN MILLONES DE T.M. DE CONTENIDO FINO DE COBRE.	PORCENTAJE DEL TOTAL
Cerro Verde	1,000	6.000	23.0
Cuacone	450	4.500	17.3
Michiquillay	450	3.668	14.2
Quellaveco	313	2.723	10.5
Toquepala	238	2.140	8.2
Otros		6.969	26.8
Total		26.000	100.0

FUENTE: Plan Sectorial de Desarrollo, Ministerial de Energía y Minas. 1,975.

Serie Proyectos Mineros, Minero Perú. 1,973.

Además de los yacimientos considerados antes, existen otros nuevos depósitos que se han descubierto recientemente en diversas partes del país; con las cuales el Perú seguirá siendo un importante productor de cobre. Entre los nuevos depósitos de cobre porfirítico, está el de "Cañariacu A", en el Departamento de Lambayeque, con una reserva de unos 380 millones de T.M. de minerales y con una ley de 0.45 a 0.80% de cobre (7), con esta cifra, dicho yacimiento tendría una reserva equivalente al yacimiento de Quellaveco. Asimismo, se ha descubierto cobre porfirítico en las zonas B y C de Cañariacu, con características similares a las de la zona A. También en el Norte del país, en el Cerro de Huaca (Departamento de Cajamarca), se ha encontrado un depósito de pórfido de cobre, estimándose que las reservas son de una magnitud similar al anterior.

Por otro lado se ha calculado que el yacimiento de Toromocho, en el Departamento de Junín tiene una reserva de 300 millones de T.M. de minerales con una ley de 0.7% de cobre; es decir que sus reservas son comparables al del yacimiento de Toquepala.

En el Sur del país, en el Departamento de Tacna, en los depósitos de Ilabaya y Caplina, se han determinado más de 900,000 T.M. de minerales con una ley promedio de 4.5% de cobre.

Existen otros importantes yacimientos de cobre, cuyas reservas potenciales están por definirse. De seguirse una política de exploración y evaluación de zonas cupríferas, es indudable que se encontrarán muchos e importantes depósitos de cobre; los cuales asegurarían la permanencia del Perú como un gran productor de cobre hasta

finés de este siglo.

3.- RESERVAS MUNDIALES DE COBRE

A.- RESERVAS MUNDIALES

Las reservas mundiales de cobre hasta 1,975 se estimaban en aproximadamente 370'000,000 toneladas métricas de contenido metálico, siendo los países con mayores reservas, en orden de importancia, Estados Unidos, Chile, Unión Soviética, Canadá, Zambia, Perú y Zaire. En el cuadro N°1-2, se nota que éstos países poseen cerca del 75 % del total de las reservas de cobre en el mundo. Puede observarse también que el Perú tiene aproximadamente el 7% del total de las reservas conocidas de cobre.

El Potencial Identificado de cobre se encuentra principalmente en el Oeste de América del Norte y de América del Sur, en el África Central, en la Unión Soviética y en Europa Occidental. También hay potenciales probables del orden de las reservas actuales, que están ubicados cerca a los yacimientos conocidos. Además, se estima que existen unos 350 millones de T.M. de contenido fino de cobre, en depósitos que actualmente se consideran como no económicos, en yacimientos de cobre nifquel y en nódulo metálico en el fondo del mar.

CUADRO N° 1 - 2
RESERVAS MUNDIALES DE COBRE
(HASTA EL AÑO 1,975)

PAIS	RESERVAS CONOCIDAS EN MILLONES DE TM. DE CONT.FINO DE COB.	PORCENTAJE DEL TOTAL CONOCIDO	TOT.DE RES. CONOC.+PRO BABLES+POS.	PORCENTAJE DEL TOTAL
Estados Unidos	78.0	21.0	350.0	25.0
Chile	53.0	14.3	170.0	12.0
Unión Soviética	35.0	9.5	170.0	12.2
Canadá	30.0	8.1	110.0	7.8
Zambia	26.5	7.2	70.0	5.0
Perú	25.5	7.0	80.0	5.7
Zaire	20.0	5.4	60.0	4.3
Otros	102.0	27.5	390.0	27.8
Total	370.000	100.0	1,400.0	100.0

FUENTE: Perú Mínero 1,974, Daniel Rodríguez H. 1,975.

Relevamiento Geológico, Departamento del Interior de Estados Unidos. 1,974.

En el cuadro N°1-2 se especificó las reservas identificadas de cobre en el mundo; éstas corresponden a depósitos de mineral que son económicamente recuperables debido al precio que tiene el metal el cual puede definir la ley mínima de costo. Así por ejemplo, en el Perú, la ley mínima de costo de los yacimientos de Cerro Verde,

Quellaveco y Michiquillay, varía actualmente de 0.40 a 0.45% de cobre. Se calcula que de acuerdo al crecimiento de consumo de cobre, a una tasa promedio de 3.5% anual, estas reservas identificadas se agotarán después de unos 25 años (el consumo mundial de cobre refinado en 1.976 fue cercano a 8.5 millones de T.M. de cobre refinado).

La razón entre las reservas disponibles y el consumo, ha permanecido casi constante por varias décadas. Esto se debe al hecho de que las compañías mineras reportan sus reservas de una manera conservadora, y además se debe a que las exploraciones y mejores técnicas de minería han dado como resultado descubrimientos de importantes depósitos de mineral; y por otro lado, los precios más altos del cobre han determinado que grandes yacimientos de mineral hayan sido clasificados como recuperables.

Además de las reservas identificadas mostradas antes, existen unas reservas denominadas hipotéticas, que son aquellas predecibles geológicamente y que podrían ser económicamente recuperables. También existen las reservas especulativas, que son depósitos que podrían descubrirse en cualquier instante. Finalmente, existen las reservas sub-económicas del cual se hizo referencia antes; éstas corresponden a depósitos que no son económicamente explotables debido al bajo precio de cobre (8).

Se puede decir que, aproximadamente, tanto las reservas identificadas así como las reservas hipotéticas, especulativas y sub-económicas son de la misma magnitud, y de unos 350 millones de T.M.-

de contenido fino de cobre. Esto hace que la suma de las reservas conocidas, probables y posibles dé un total de 1,400 millones de T. M. de cobre recuperable; como se observa en el cuadro N°1-2. En este cuadro se puede notar también los países que tienen las mayo res reservas conocidas de cobre. Asimismo, se ve que entre Estados Unidos, Chile y la Unión Soviética, tienen casi el 50% del total de la reserva mundial de cobre.

Se considera que el total de las reservas conocidas y por conocer, equivalente a unos 1,400 millones de T.M. de cobre, sólo será suficiente para poder cubrir una creciente demanda de cobre refinado durante 50 a 60 años aproximadamente.

B.- DEMANDA DE COBRE

En 1,976, el consumo mundial de cobre fué aproximadamente de 8.5 millones de toneladas métricas de cobre refinado. considerando una tasa de crecimiento en el consumo de 3.5% al año, entonces a fines del presente siglo la demanda de cobre será de unos 20 millones de T.M. anuales. Es decir que al ritmo de crecimiento en la demanda del cobre, hasta el año 2,000 se habrán consumido unos 360 millones de T.M. de este metal. Esta cifra es aproximadamente equivalente a las reservas conocidas de cobre hasta 1,975; lo cual hace pensar que a fines de este siglo se estarán agotando las actuales reservas conocidas de cobre.

En el cuadro N°1-3 se puede observar la demanda mundial de cobre refinado hasta el año 2,000 de los principales países consumi

dores de este metal. Se nota que estados Unidos, Japón y Unión Soviética consumirán más del 50% del total mundial que se consumirá al terminar este siglo. En Europa Occidental habrá también una considerable demanda de cobre por esa fecha.

CUADRO N° 1-3

DEMANDA MUNDIAL DE COBRE HASTA EL AÑO 2,000.

PAIS O REGION	1951-1955	1975	2,000		1970-2000-%	
	MILES T.M.	MILES T.M.	%	MILES T.M.	%	TASA DE CREC.
Estados Unidos	1229	1396	18.6	4383	22.3	2.7
Europa Occ.	1163	2428	32.4	5354	27.2	3.0
Japón	97	822	11.0	2996	15.2	4.9
Unión Soviética	367	1200	16.0	2940	14.9	3.9
Latinoamérica	79	310	4.1	589	3.0	4.5
Asia	34	138	1.8	476	2.4	6.6
Africa	6	85	1.1	111	0.6	7.2
Otros	302	1105	14.8	2844	14.4	
Total Mundial	3345	7484	100.0	19693	100.0	3.5

FUENTE: Informe Wilfred Malenbaum, 8vo. Congreso Mundial de Minería, 1,974.

World Metal Statistics, Enero de 1,977.

Del cuadro N°1-3 se deduce que los países industrializados son los que tienen en la actualidad la mayor demanda de cobre, y se

espera que en el futuro ésta continúe así. Se observa que estos países tienen un consumo de cobre que es más de diez veces que el correspondiente a las naciones en vías de desarrollo.

Por otro lado, la mayor parte de las reservas conocidas de cobre se encuentra en los países del Tercer Mundo. Se calcula que el 45% de estas reservas corresponden a las naciones subdesarrolladas (9). Esto representa casi el doble de las reservas que tienen los países desarrollados.

En definitiva, los recursos minerales de la tierra son suficientes para satisfacer la creciente demanda de la humanidad durante las próximas décadas. Se puede esperar que en el futuro se dispongan de nuevos recursos minerales, gracias al actual avance de la Tecnología. Como se dijo antes, el progreso tecnológico y el precio tienen una fuerte influencia sobre la posición de las reservas de minerales de una nación. Los precios que se pagarán son desconocidos en un amplio margen; estos precios serán influenciados por demasiados factores que dificultarán hacer pronósticos precisos (10).

No se puede determinar lo que sucederá en el futuro con los recursos minerales, pero éstos no se agotarán fácilmente ya que el espíritu humano es creador y tratará de resolver los problemas que encuentre. Así, la actual tecnología está buscando medios para llegar a mayor profundidad en la tierra, en donde se supone que existen importantes depósitos metálicos.

C A P I T U L O II

PROCESOS DE OBTENCION DEL COBRE

El tema que se toca en este capítulo es relativamente amplio, por lo que se tratará de hacer un resumen de lo más importante en el proceso de obtención del cobre.

Es común tratar al mineral de cobre según la forma como se encuentra en los yacimientos mismos. El cobre se presenta en la forma de sulfuro, óxido, silicato, cloruro, sulfato, carbonato y como cobre negativo. De éstos, los más importantes, y abundantes a la vez, son los sulfuros y óxidos. Desde hace tiempo se ha considerado que para explotar el óxido se utiliza mayormente métodos húmedos (o hidrometalúrgicos), y para extraer el cobre de sulfuros se emplea métodos por vía seca o (pirometalúrgicos). En las siguientes líneas se hará referencia a éstos métodos.

En 1,969 se ha comprobado que un desierto de Neguev, en el Valle de Timna de Israel, habría existido el primer centro industrial de producción de cobre que data de más de 3,000 años. En este centro altamente organizado, los minerales eran extraídos tanto de tajo abierto como de minas subterráneas, y fundidos para obtener metal de muy alta calidad, que luego es transportado a lomo de mula para enriquecer a los faraones del antiguo Egipto.

En el Perú, la explotación del cobre se remonta a la época pre-Incalca. Los incas desarrollaron admirables procesos para recuperar el metal, el cual purificaban hasta sobrepasar el 99 por ciento de pureza. También, denominaron bien los procesos de estirado y laminación del cobre, así como el arte de la aleación. Forjaron productos de decoración, utilería doméstica y religiosa, y armas de ataque y defensa.

1.- PROCESO DE OBTENCION DEL COBRE POR VIA SECA

La extracción del cobre comprende varias etapas desde la explotación del yacimiento hasta la obtención del metal refinado. La mena, producto de la explotación minera y que contiene los minerales valiosos y la ganga o parte no valiosa, debe ser tratada para liberar el mineral del cual se recuperará el metal.

Se puede decir que el tratamiento metalúrgico se inicia con la concentración de los minerales, etapa en la que se obtiene el concentrado en forma de polvo fino, y que contiene el metal como sulfuro. La siguiente etapa constituye el proceso de Tostación, en la que los sulfuros en forma de concentrados son oxidados total o parcialmente, según lo requiera el proceso subsiguiente; el producto de la tostación se denomina calcina. El tratamiento se continúa con la fundición del producto tostado, para obtener la mata de cobre que es una solución mutua de sulfuro ferroso en sulfuro cuproso. Luego en el proceso de conversión, la mata fundida pasa directamente a aparatos que se denominan convertidores, del que se extrae co-

mo producto el cobre ampallado o blister. Finalmente, el cobre blister debe ser refinado para obtener el cobre comercial.

No siempre se sigue el procedimiento descrito antes para recuperar el metal en la pirametalurgia del cobre, se ha hecho esfuerzo para solucionar en parte algunos problemas derivados de este proceso. La gran demanda para la protección ambiental, la escasez de combustible o su precio alto debido a la crisis del mercado petrolero, el aumento de los sueldos de mano de obra; son algunos de los motivos para que la industria metalúrgica del cobre busque otras rutas más ventajosas para la producción del metal. Al final de esta primera parte se tratará sobre estos variantes para la obtención del cobre.

La explotación del mineral en el yacimiento puede hacerse a cielo abierto o subterránea. La minería a cielo abierto, que se aplica preferentemente para yacimientos de tipo porfirítico, ha aumentado sustancialmente en cuanto a importancia durante las últimas décadas, ya que requiere menos mano de obra especializada y altamente pagada que la minería subterránea; además la extracción del mineral es sencilla y segura. En nuestro país, la mayor producción de cobre proviene de yacimientos porfiríticos, extraídos a cielo abierto, y se calcula que al final de este siglo aproximadamente el 90% del cobre que se obtenga será producto de este tipo de yacimiento. La minería subterránea es más selectiva y recomendable para la extracción de cobre a partir de yacimientos en forma de venas o bandas angostas de mineralización dentro de áreas estériles.

A.- CONCENTRACION DEL MINERAL DE COBRE

La mena procedente de la mina tiene un contenido de cobre variable, pudiendo ser alrededor de 1%, o, más de 3% en algunos casos; y en general el contenido de cobre varía aproximadamente de 0.35 a 3.5%. El objetivo es obtener un concentrado con un contenido de cobre comprendido generalmente entre 15 y 30%.

La trituración es el primer tratamiento que se da a la mena; para lo cual el tamaño promedio de ésta comúnmente es alrededor de unas 8 pulgadas. La mena triturada hasta cerca de una pulgada, luego es sometida a una trituración fina en los denominados molinos - de bolas o de barras. Estos son cilindros metálicos que contienen en su interior bolas, o barras de acero, los cuales desmenuzan la roca cuando se somete a una rotación continua del molino. En esta etapa de molienda fina debe obtenerse un grado de finura del mineral tal que éste pueda ser tratado sin mayores dificultades en la etapa de flotación del mineral. El grado de finura que debe alcanzarse para el mineral depende del tamaño de las partículas conteniendo cobre en el yacimiento. Cuanto más finamente diseminada es la mineralización del cobre, más finamente debe ser triturado el mineral; evitándose en todo caso la formación de lamas o partículas demasiado finas. Después de triturado y molido, el mineral de cobre es separado de la roca que la contiene mediante flotación.

La flotación es la interacción entre la partícula de mineral, el agua y las burbujas de aire. La esencia de la flotación es que

las partículas de minerales en suspensión están fijadas a burbujas de aire, las cuales levantan sólo a cierto tipo de minerales a la superficie de la suspensión.

Actualmente todo el proceso parece medianamente simple. Sin embargo, el conjunto fundamental de los conocimientos científicos en ésta área es poca y contraversial. El caso es que un simple experimento de flotación contiene un gran número de variables. Algunos de ellos son los siguientes: la composición del mineral, el método de molienda, la distribución del tamaño de las partículas, la composición de agua, la temperatura de la pulpa, la acidez, el contenido de oxígeno de la pulpa, dosificación de reactivos, la cantidad y distribución del tamaño de las burbujas, distribución de las celdas de flotación, tiempo de flotación, etc. (11).

En la flotación se sopla aire comprimido a través de tanques que contienen el mineral molido, agua y ciertos productos químicos los cuales son agitados mecánicamente. Los reactivos químicos hacen que los minerales valiosos se adhieran a las burbujas de aire, los cuales llevan al mineral hasta la superficie de donde es fácilmente recuperado; y la ganga o material estéril es desechada constituyendo lo que se conoce como relaves, colas o residuos. Si por ejemplo se va a concentrar calcopirita (CuFeS_2) por flotación, se debe usar un reactivo colector para proteger la superficie de este mineral de la adsorción del agua, así que se convierte en una partícula hidrofóbica y puede envolver la burbuja de aire, el cual levanta la partícula fuera de la pulpa.

Los minerales sulfurados se flotan en circuitos alcalinos para eliminar la pirita (FeS_2) que casi siempre acompaña a los minerales de cobre. El pH de la pulpa varía entre 8 y 12, dependiendo de la presencia de pirita y otros subproductos, como alcalinizador se usa generalmente cal, que es un reactivo que además tiene un efecto-depresor sobre las partículas de ganga; y se agrega por lo común al mineral antes que éste se moje, es decir a la entrada al molino. El procedimiento normal incluye una reducción de tamaño de hasta 50 a 60% menos 200 mallas para efectuar la flotación primaria con mínima liberación, y en seguida se procede a efectuar una molienda fina, generalmente a menos 200 mallas, para obtener un concentrado con una ley de cobre que depende de la naturaleza de la mineralización. La flotación primaria es normalmente colectiva y hay otros componentes a recuperar y la recuperación de subproductos comienza después de la remolienda y liberación de los valores (12).

Los espumantes que más se acostumbra a usar son el aceite de pino, ácido cresílico, que es menos poderoso y más selectivo que el anterior, y Dowfroth. Los colectores utilizados son los ditiocarbonatos (xantados), ditiolfosfatos (aerofloats), y otros. Los xantados se alimentan solamente en el momento de la flotación; el aerofloat y los di-thiofosfatos se agregan de preferencia en el estado-sólido, en el circuito de molienda. El aceite de pino no es recomendable ponerlo en el molino, sino en el acondicionador para que no levante espuma antes de tiempo (13).

La flotación de óxidos no es completa ni suficientemente se-

lectiva. Se emplea en gran escala en las minas africanas de Congo y Zambia, en donde la ley de los minerales es alta. La flotación se realiza con ácidos grasos y aceite de palma. Un procedimiento comunmente seguido es por sulfuración de las especies oxidadas, para luego flotar el mineral sulfurado. Esto se hace empleando preferentemente sulfuro de sodio. Sin embargo, la flotación de los minerales de cobre oxidados aún no se ha resuelto satisfactoriamente.

B.- TOSTACION DEL CONCENTRADO DE COBRE

En la tostación se calienta el concentrado hasta una temperatura inferior a su temperatura de fusión, para eliminar componentes volátiles del concentrado; y además para controlar la cantidad de azufre para que después, en la etapa de fusión de la calcina, se obtenga una mata que se pueda tratar en un convertidor (14). La tostación comprende los siguientes procesos principales.

a.- TOSTACION OXIDANTE.

Esta comprende una tostación a muerte y una tostación parcial. La primera consiste en la oxidación de casi todos los sulfuros, produciendo óxidos metálicos y anhídrido sulfuroso.

En la tostación parcial, se mantiene un contenido de asufre entre 15 y 20%. Se controla la cantidad de asufre, evitándose un exceso de oxidación que puede producir pérdidas de cobre en la fundición de la calcina en horno de reverbero; y por otro lado una insuficiente tostación daría lugar a que se formen matas con bajo

reacciona con ácido sulfúrico concentrado a una temperatura de alrededor de 180° a 500°C, de ese modo se formará sulfato de cobre, y gas dióxido de sulfuro. Por filtración se separa los sólidos conteniendo magnetita y sulfato de cobre de la fase líquida.

El sólido separado se somete a una tostación a una temperatura de alrededor de 400 a 900°C. El sólido tostado es lixiviado con una solución acuosa conteniendo ácido sulfúrico diluido, solubilizando de este modo el sulfato de cobre. Por filtración se separan los sólidos conteniendo magnetita y ganga de la fase líquida; y finalmente, el cobre se recupera de el sulfato de cobre solubilizado.

C.- FUSION DEL CONCENTRADO DE COBRE

La fusión de la mena tostada se realiza generalmente en los denominados Hornos de Reverbero. El objetivo principal de la fusión es fundir la carga para obtener la mata la cual es una solución mútua de sulfuro ferroso en sulfuro cuproso. La Carga está constituida por calcina, concentrado de cobre, fundente, cemento de cobre, y escoria proveniente del convertidor.

Según sea la composición de la carga, en una mata de cobre pueden estar presentes, en pequeñas cantidades, antimonio, bismuto, arsénico, cobalto y otras impurezas. Según el porcentaje de sulfuro de cobre y de fierro presente en la mata, se le designa como mata pobre, de grado medio o rica. Si en el concentrado hay poco cobre y mucho hierro y azufre, las matas se obtienen pobres y al so-

meterla al soplado en el convertidor se forma una gran cantidad de escoria de convertidor. La tostación preliminar de estos concentrados asegura la obtención de matas más ricas, facilita el funcionamiento de los convertidores, en donde se obtendrá el cobre ampollado, y permite utilizar mayor parte de azufre para la producción de ácido sulfúrico (16).

Si se funde menas y concentrado pobres en azufre y en hierro, se forman matas ricas sin realizar la tostación previa. Es decir, que el contenido de cobre en la mata obtenida por la fusión, es variable. En una mata pobre, el concentrado de cobre puede variar de 25 a 35%, en una de grado medio es de 35 a 45%, y una mata rica tiene de 45 a 55% de cobre. No siempre es recomendable obtener una rica; ya que ésta contiene relativamente alto porcentaje de cobre y baja de sulfuro de hierro. Debido a la poca cantidad de sulfuro de hierro en la mata rica, en el proceso de conversión la oxidación de este sulfuro generará poca cantidad de calor, el cual será insuficiente para mantener el material líquido en fusión a alta temperatura. También la mata de ley muy alta va acompañada por una escoria con elevado contenido de cobre, y no es buena colector de metales preciosos como la plata y el oro.

Si se funden concentrados de cobre procedentes de las minas de pirita de cobre, se obtienen escorias ferruginosas con 40 a 50% de FeO , 35 a 40% de SiO_2 y 3 a 7% de CaO . Estas escorias contienen más cobre que las ácidas, que tienen de 40 a 48% de SiO_2 y alrededor de 12% de FeO , y como son más pesadas, se separan de la mata

con mayor dificultad.

D.1.- PROCESO DE CONVERSION DE LA MATA DE COBRE

Los procesos de fundición y conversión de matas de cobre son complementarios, y siempre, al lado de un horno de reverbero debe haber un convertidor para aprovechar la mata fundida del reverbero. En la conversión de las matas de cobre se sopla aire a presión a la mata fundida, la cual contiene azufre, como sulfuro ferroso, el que se elimina como gas dióxido de azufre (SO_2).

Para este proceso son utilizados los convertidores horizontales tipo Pierce y Smith. Este horno hace posible convertir cualquier grado de mata a cobre amollado con un contenido de cobre hasta alrededor de 99.5% (17). La escoria producida en el convertidor tiene un porcentaje de cobre de 2 a 4%, y debe retornar al horno de reverbero.

La carga al convertidor está formada por la mata fundida y fundente silíceo. El fundente que se agrega contribuye a obtener la escoria de una composición necesaria. Para el afino en los convertidores los fundentes se eligen considerando que el gasto de éstos debe ser mínimo, su adición ha de facilitar la obtención de escoria fluidas de fácil fusión con contenido mínimo de metales no ferrosos, y además los fundentes no han de entrar en la interacción en la mampostería del convertidor que suele hacerse de ladrillo de cromo-magnesita (18).

En el proceso de conversión, el aire a presión penetra en la

mata fundida a 1150-1200°C, y el sulfuro ferroso (FeS) se oxida a óxido de fierro (FeO) y el anhídrido sulfuroso (SO₂) formado escapa por la boca del convertidor. El óxido ferroso se une con la sílice (SiO₂) del fundente para formar una escoria. El baño se mantiene fundido debido al calor producido por la oxidación del sulfuro ferroso y al calor de la formación de la escoria (19).

Cuando se ha oxidado todo el azufre asociado con el fierro, se oxida el sulfuro de cobre (Cu₂S), formándose de este modo óxido de cobre (Cu₂O); y una vez que se haya formado apreciable cantidad, éste reacciona con el sulfuro de cobre restante para formar cobre blister y anhídrido sulfuroso. Estas reacciones continúan hasta que se elimine todo el azufre; y de esa manera se forma gradualmente el cobre impuro llamado blister. De la mata se elimina una parte del arsénico, antimonio, plomo y cinc que se volatilizan en forma de óxidos. La plata y el oro permanecen en el cobre blister. La escoria del convertidor lleva consigo de 1 a 4% de cobre por lo que se el utiliza como parte de la carga al horno de fusión.

E.- REFINACION DEL COBRE AMPOLLADO

Hay dos procedimientos para refinar el cobre blister. Por un método se hace el afino al fuego, y otro método consiste en hacer el afino electrolítico para eliminar las impurezas especialmente perjudiciales a la conductividad eléctrica.

El afino al fuego consiste en realizar una oxidación del metal, ya que las impurezas se oxidan más fácilmente que el cobre,

eliminañdosc por volatilizaci6n de los 6xidos formados o por combi-
naci6n con la escoria (20).

En la oxidaci6n el primer paso es el soplado de aire a pre-
si6n. El soplado se completa con un batido, que provoca la forma-
ci6n de una onda met6lica que se propaga por la superficie y rompe
la pel6cula de costra para exponer el metal fundido a la acci6n del
aire. Asf, el ox6geno se pone en contacto con el cobre para produ-
cir 6xido cuproso. Al final de la fase oxidante del tratamiento el
contenido de ox6geno (Cu_2O) llega aproximadamente al 0.6-0.9%.

En una siguiente etapa se hace la reducci6n del contenido de
6xido cuproso. Esto se realiza introduciendo en el baño troncos de
madera verde y por destilaci6n de la madera se produce hidr6geno, hi-
drocarburos, 6xido de carbono y vapor de agua. Una parte de los ga-
ses formados, como el 6xido de carbono e hidr6geno, reducen el 6xi-
do cuproso a cobre. Cuando se alcanza al grado de reducci6n deseado,
el cobre obtenido puede ser trabajable y se denomina cobre tenaz.

F.- OTROS METODOS PARA LA FUNDICI6N DE CONCENTRADOS DE COBRE

Despu6s de la segunda guerra mundial, se ha tratado de modifi-
car los procesos metal6rgicos a causa de diverzas razones, como por e-
jemplo debido a la necesidad de disminuir el consumo de energfa, al
inter6s de aumentar la productividad, y recientemente con la inten-
ci6n de reducir la contaminaci6n ambiental, problema que cada año se
hace m6s latente.

En la pirometalurgia del cobre, 6ltimamente se han desarrolla

do los denominados procesos contínuos. La idea fundamental de éstos métodos es de llevar a cabo una combinación de la tostación, fundición propia y al menos una parte del trabajo del convertidor en una unidad de horno. El calor engendrado por las reacciones exotérmicas se utiliza para la fundición propia de la carga del horno, y el calor de los gases que salen del horno se pueden recuperar en una caldera.

Existen una serie de métodos desarrollados en escala industrial pero sólomente el método "flash smelting" de Antokumpu, ha adquirido suficiente experiencia durante más de veinte años de modo que se puede recomendar para el tratamiento de los concentrados de cobre del Perú (21). Hay otros métodos importantes, como el método "flash smelting" de Inco Canadá; los métodos contínuos de Noranda, en Canadá; de Kennecott en Estados Unidos; y de Mitsubishi en Japón. Todos éstos métodos se aplican a escala industrial.

Estos procesos presentan algunos rasgos comunes. Así por ejemplo, debido a la demanda de calor necesario en el proceso, se necesita oxidar más el hierro de la carga para producir una mata con más alta ley de cobre que la que se forma por el método clásico. La escoria producida tiene una ley que puede llegar a aproximadamente 12% de cobre, cuando se obtiene cobre blister; y menor de 12% cuando se produce una mata de alta ley. Esta escoria necesita un tratamiento adicional para recuperar el cobre que contiene. Se ha encontrado que es ventajoso utilizar aire enriquecido con oxígeno, que resulta en un gas que escapa del horno menos voluminoso y más concen-

trado en dióxido sulfúrico; lo cual facilita la producción de ácido sulfúrico.

a.- EL METODO "FLASH SMELTING" DE AUTOKUMPU

En este proceso se utiliza una mezcla adecuada de concentrados y fundentes que se secan enteramente al horno. El horno consiste de tres secciones, una columna vertical para la reacción de combustión, una parte horizontal para la separación de la mata y la escoria, y otra columna vertical para la separación de gotitas de la carga que salen con los gases.

En la primera columna se inyecta la carga con el aire calentado sin o con enriquecimiento de oxígeno. La producción de oxígeno inyectado al concentrado cargado determina que parte del sulfuro de hierro de la carga se queme formando la escoria, mientras el cobre se recoge en la mata. El grado de la mata varía de 45% hasta 80% de cobre. La mata se carga a un convertidor, en el cual el tiempo de tratamiento es corto debido al alto grado de cobre de la mata lo que permite la disminución del tamaño o número de los convertidores.

Debido al alto grado de la mata, la escoria tiene una alta ley de cobre. Para recuperar el cobre de la escoria hay dos métodos. En un método se solidifica lentamente la escoria para la formación de partículas de mata adecuadas para separación por chancado, molienda y flotación. En otro método se trata la escoria en un horno eléctrico, en la que por reducción se forma una mata de bajo grado de cobre. Al final se forma una escoria estéril con cerca de 0.3 % de cobre.

El método "flash smelting" se puede aplicar a varios tipos de concentrados de cobre para producir una mata de diferentes grados; y también para la reducción directa de cobre amollado. También se puede tratar concentrados con altas leyes de plomo y cinc. También se utiliza el método para la producción de mata de cobre y níquel con altas leyes de níquel.

Para la producción directa de cobre blister se puede utilizar concentrados de cobre con poco de hierro como la calcosita y la calcopirita. En concentrados con bajas leyes de hierro, el calor de combustión disponible es bajo, y se necesita combustible adicional o un alto enriquecimiento del oxígeno en el aire inyectado.

El método "flash smelting" de Inco en Canadá, se aplica para la fundición de concentrados secos de cobre que contienen un poco de níquel. Para la combustión se utiliza oxígeno técnico, con 95 % de pureza, y se forma una mata de cobre de aproximadamente 44% de cobre y 2% de níquel, y la escoria resultante tiene cerca de 0.6% de cobre.

b.- LOS METODOS CONTINUOS DE NORANDA EN CANADA Y KENNECOTT EN USA

Estos métodos utilizan un horno cilíndrico de rotación limitada como un convertidor muy largo. El horno se calienta con quemadores de petróleo en ambas gabletas. En una gableta se alimenta la carga de concentrado peletizado y en la mitad del horno se encuentran tberas por las cuales se sopla aire con o sin enriquecimiento.

En otra parte del horno se separan mata y escoria, o cobre y escoria, según la admisión de oxígeno para la combustión. La mata, o el cobre es sangrado del fondo del horno y la escoria por un hueco en el gablete opuesto al de la alimentación.

Para el tratamiento de la escoria hay dos métodos. En una de ellas se la somete a una solidificación lenta, y luego del chancado y molienda, el cobre se concentra por flotación. Por otro método la escoria se reduce en un horno eléctrico con adición de coque y pirita; así se forma una mata con cerca de 40% de cobre. Al final, la ley de cobre en el residuo es aproximadamente 0.4%.

c.- EL METODO DE MITSUBISHI

En este método, también se trabaja con un flujo continuo de los materiales. El concentrado se seca y luego se sopla con aire enriquecido de oxígeno. En el reactor se forma una mata con cerca de 65% de cobre y una escoria. La mezcla de mata y escoria no se separa en el horno. Se extrae del horno y fluye por gravedad a un horno eléctrico, en la que por adición de coque y pirita se reduce el cobre de la escoria hasta aproximadamente 0.5% de cobre. En este horno se separan mata y escoria.

La mata fluye, por gravedad, desde el horno eléctrico a un convertidor. Este es un horno estacionario con lanzas verticales para la admisión de aire enriquecido. Si se requiere enfriar el baño, se puede emplear cemento de cobre. En el horno se forma cobre blister y escoria rica, la cual es granulada, secada y retornada -

al horno primario.

El método Mitsubishi permite una gran recuperación de sulfuro, aproximadamente 98%. El consumo de combustible es bajo; siendo necesario aproximadamente 60 litros de petróleo para una tonelada de concentrado nuevo.

2.- PROCESO DE OBTENCION DEL COBRE POR VIA HUMEDA

Mediante el proceso hidrometalúrgico o lixiviación, el metal se recupera generalmente de las menas oxidadas con un disolvente del metal que no ataca a la ganga o material residual. A continuación el cobre contenido en la disolución se precipita generalmente con chatarra de fierro, obteniéndose el denominado cemento de cobre.

Este proceso se aplica generalmente a masas que tienen baja ley de cobre y grandes tonelajes. Se estima que con este proceso se obtiene alrededor del 15% del cobre producido. En general, muchos metales pueden ser tratados hidrometalúrgicamente; siendo el plomo el metal que presenta mayores dificultades por su tratamiento.

Es sabido que desde hace tiempo se ha explotado yacimientos de alta ley de cobre, dejándose de lado los de baja ley; de modo que la ley promedio de los yacimientos está bajando año a año. Así, a principios de este siglo la ley promedio general de las menas era más del doble que el de la actualidad, y que es menos de 1 % de

cobre. Es decir que, en el futuro se deberá explotar yacimientos -
mineros que ahora no es posible explotarlo económicamente. De esto
se deduce que, en el futuro se le dará una mayor importancia al
proceso hidrometalúrgico.

A.- TECNICAS DE LIXIVIACION

Las técnicas de lixiviación se aplican teniendo en cuenta
algunos aspectos como el tamaño de la mena; según su composición
según su estructura, es decir si son compactos, frágiles, o poro-
sos; según la calidad, ya que se puede lixiviar menas de menos de
0.3% de cobre, menas concentrados, matas y escorias. Las técnicas
de lixiviación son las siguientes:

a.- LIXIVIACION "IN SITU".

Este método se aplica a las rocas que son porosas o tienen
fisuras para que la solución pueda penetrar hasta el mineral. Con
éste método se puede lixiviar minerales de cobre, utilizando agua
de mina que es ácida como solvente.

b.- LIXIVIACION EN PILAS.

Es semejante al método anterior, utilizandose minerales de
baja ley. El método consiste en amontonar el mineral en un lugar
levemente inclinado e impermeabilizado con arcilla o materiales a-
propiados. El tamaño de las rocas no excede de 12 pulgadas de tama-
ño.

c.- LIXIVIACION POR PERCOLACION.

Se aplica a menas con ley más alta que menas que se tratan por lotes. El material tratado no debe tener lamas o barro que entorpecen la lixiviación. El proceso consiste en pasar la solución lixiviante a través de arenas de malla + 48, o más gruesos. El tiempo de contacto de la solución con la mina es menor para la percolación que para la lixiviación en pilas o montones.

d.- LIXIVIACION POR AGITACION.

El proceso se aplica a materiales muy finos, de malla + 100, y para menos de alta ley, o para concentrados. La cantidad de mineral tratado es menor que en la percolación. El tiempo de contacto es de horas, en lugar de días que se necesita para la percolación. Un mineral porfirítico de cobre molido a menos 65 malla puede lixivarse con agitación de 4 a 8 horas; el mismo mineral al tamaño de 6mm. por percolación, necesitará alrededor de 6 días; y triturado a tamaño de 6 pulgadas y amontonado en pilas, demorará de 4 a 6 años para obtener una considerable extracción (22).

B.- RECUPERACION DEL METAL DE LA SOLUCION DE LIXIVIACION.

La solución, que ha sido previamente separada de los sólidos, contiene muchas impurezas que pueden precipitar junto con el producto deseado. La solución pasa por una etapa de purificación, la cual se realiza variando el pH de la solución, efectuando adiciones o recurriendo al proceso de extracción por solventes.

Cuando no hay suficientes elementos valiosos como el oro y la plata, el metal puede recuperarse por precipitación. La precipitación se realiza generalmente utilizando fierro, debido a que es un material relativamente barato y de empleo sencillo. Durante el proceso, el fierro reacciona con el sulfato de cobre, produciendo cobre metálico y sulfato de fierro. El cobre precipitado con una pureza de alrededor de 80%, se le designa con el nombre de cemento de cobre, que tiene algo de fierro, el cual se emplea como parte de la carga que va al horno de fundición.

La precipitación puede realizarse también por electrodeposición. Este es un proceso semejante a la refinación electrolítica del cobre, empleándose ánodos insolubles y una disposición distinta de los electrodos en la cuba.

Antes de realizar la electrodeposición, la solución debe purificarse de impurezas. Así, el sulfato férrico se elimina con residuos de ánodos de cobre para obtener sulfato de cobre y sulfatoferroso; el cloro se elimina con adición de cemento de cobre y precipitará cloruro cuproso.

El proceso de extracción por solventes se utiliza como medio de purificación, y también puede elevar la concentración del elemento deseado. La técnica puede aplicarse para la recuperación de metales a partir de minerales, licores usados conteniendo menos de 1 gramo por litro de metal recuperable, (por ejemplo agua de minas) y desechos. La extracción por solventes tiene ventajas consi-

derables sobre técnicas tradicionales de cementación y su asociación con el depósito por electricidad (electrowinning). En el proceso de utilizan temperaturas ambientes, los costos de mantenimiento son bajos y no hay gases de salida que causen contaminación ambiental

En un proceso típico de extracción por solventes, la solución impura es puesta en contacto con solvente orgánico generalmente dispersado en un diluyente inerte como el kerosene. El contacto se realiza en un tanque de mezclado con agitador. Los iones metálicos y el solvente forman un complejo orgánico soluble en la fase orgánica. Después de una separación controlada de las fases acuosa y orgánica en un tanque de decantación y equipo de conglutinación, el metal es recuperado de la fase orgánica en una forma más concentrada y purificada poniéndolo en contacto con otra solución acuosa y la materia orgánica separada es recirculada para recoger más metal. La solución de metal puro es tratada adicionalmente por electrowinning para recuperar el metal con alta pureza.

C.- OTROS PROCESOS DE LIXIVIACION.

En los últimos años se ha incentivado el desarrollo de nuevas tecnologías debido a la necesidad cada vez mayor de recuperar los metales a partir de menas de baja ley. Así, se ha desarrollado un proceso hidrometalúrgico aprovechando las propiedades especiales de ciertos microorganismos (bacterias) y sus reacciones sobre los minerales.

Se puede realizar la lixiviación con bacterias de minerales sulfurados marginados de cobre; es decir que se puede recuperar cobre desde los rípios de la mina, relaves de plantas de concentra - ción y otros residuos. La presencia de bacterias en los licores de lixiviación, promueve y acelera la oxidación de la pirita a sulfa - to férrico y ácido sulfúrico, y la oxidación de minerales sulfura - dos de cobre a sulfatos de cobre. La oxidación bacteriana es miles - de veces más rápida que la oxidación con el aire en condiciones na - turales. Las condiciones óptimas de oxidación son: temperatura en - tre 25 y 35°C, pH entre 2 y 3.5 y granulometría del material de me - nos 325 mallas. La naturaleza de las reacciones es compleja, y en estos procesos intervienen una multiplicidad de variables (23).

Hay un proceso en el que el cobre es recuperado de concen - trados de cobre dispersando el concentrado, que puede ser chalcopl rita, en una solución de lixiviación conteniendo iones Cl^- o Br^- - para formar una suspensión; realizando la operación de lixiviación de la suspensión a una elevada temperatura y bajo una presión alta de oxígeno; separando el residuo de lixiviación y recuperando el - ndice de cobre de dicho residuo. el origen de los iones halóge - nos en la solución de lixiviación puede ser ácido clorhídrico, clor ruo de sodio y bromuro de sodio. La solución de lixiviación prefer rida es una mezcla de ácido clorhídrico y sulfúrico. La lixivía - ción es adecuadamente realizada a una presión parcial de oxígeno de al menos 180 p.s.i.g, y a una temperatura entre 125°C y 160°C (24)

D.- REFINACION ELECTROLITICA DEL COBRE.

La refinación electrolítica es un proceso electrolítico en el cual se trata un cobre relativamente impuro para producir un cobre con cerca de 99.99% de cobre. Este método de refinación se aplica cuando el cobre está acompañado de suficientes elementos valiosos como el oro y la plata; y cuando se requiera tener un cobre de alta conductividad eléctrica. Mediante la refinación pirometálgica no se pueden recuperar los metales preciosos, ni se elimina suficientemente las impurezas como el arsénico, antimonio, selenio, y otros.

Para la refinación electrolítica se utiliza, como electrolito, una solución de sulfato de cobre fuertemente acidulada, con 16 a 18% de ácido sulfúrico, y de 3 a 4% de cobre libre. La temperatura del electrolito debe estar entre 50 y 60°C. Se utiliza un ánodo soluble de cobre parcialmente refinado al fuego, con un tamaño de generalmente 0.60 x 0.90, ó, 0.90 x 0.90m. y con un espesor variable entre 5 y 8 cm. El ánodo de cobre contiene en total alrededor de 0.5% de impurezas. El cátodo es de cobre electrolítico, con un espesor inicial de 1.5mm. La celda electrolítica puede ser de madera o cemento, y tiene revestimiento de plomo.

Cuando se hace pasar corriente a través de la solución, el cobre se desplaza del ánodo al cátodo, y se libera mayormente de los metales preciosos y de impurezas como el arsénico, antimonio, selenio, telurio, plomo y níquel que se depositan como lodos en el fondo de la cuba, ó, en parte se disuelven en el electrolito; el

cual disuelve principalmente el arsénico y el níquel. El afino electrofítico puede hacerse conectando los electrodos en paralelo o en serie. y la densidad de corriente aplicada varfa de 18 a 20 amperios por pie cuadrado de electrodo. Para hacer que el cobre depositado en el cátodo sea más compacto, más brillante y menos poroso se utiliza como agentes aditivos sales, también almidón, cola, y úrea en una cantidad de aproximadamente 2 a 5 libras por tonelada de cobre depositado.

En el fondo del tanque electrofítico se forma un barro, o lodo negro que contiene el oro, la plata y otras impurezas. La composición del lodo varfa según la naturaleza del ánodo y su peso es de 0.5 a 1.5% del peso del ánodo original. Después que se ha formado suficiente cantidad de lodo, se sifona el electrolito y el residuo que queda en el fondo de las cubas se extrae para recuperar los metales preciosos contenidos en él siguiendo diferentes métodos.

Es necesario que el electrolito sea mantenido continuamente en circulación para evitar la segregación de sales. Sin circulación, el sulfato de cobre tenderfa a ponerse más concentrado cerca del fondo del tanque, la solución cerca a los cátodos se empobrecerfa en iones cobre y la selección cerca a los ánodos incrementarfa en contenido de cobre hasta que el sulfato de cobre hidratado precipitarfa en el ánodo e impedirfa la disolución del cobre. La circulación comunmente va de 3 a 5 galones por minuto fluyendo dentro de cada tanque.

C A P I T U L O III

APLICACIONES DEL COBRE REFINADO

1.- APLICACIONES DEL COBRE REFINADO

El cobre es uno de los metales que tiene más aplicaciones en el mundo moderno, siendo utilizado principalmente en la industria eléctrica y electrónica, así como en la construcción de maquinarias, equipamientos de edificios y para la fabricación de aleaciones especiales, acuñaciones y producción de compuestos químicos. Los productos de cobre seguirán gozando de una posición competitiva y sólida, por su apariencia o color, y por otras propiedades importantes tales como resistencia mecánica y a la corrosión, transmisión del calor y el frío, ductilidad y maleabilidad.

En este capítulo se va hacer referencia a las aplicaciones del cobre según la calidad de este, Asimismo se tratará de la aplicación del cobre como elemento de adición para la fabricación de otros materiales.

A.- APLICACIONES DEL COBRE ELECTROLITICO TENAZ

El cobre electrolítico tenaz es un cobre comercialmente puro de alta conductibilidad, que ha sido refinado por deposición electrolítica, fundido y oxidado hasta la condición de tenaz (Tough

pitch) con un contenido de oxígeno menor de 0.1%. Después se cue-
la en tochas, placas, lingote alambre, etc. El contenido mínimo de
cobre es 99.9% (25).

Una de las principales propiedades para su aplicación es su
excelente conductividad eléctrica; y tiene una conductividad de
100 a 101.5% IACS (patrón internacional del cobre recocido, o In-
ternational Annealed Copper Standard).

El cobre electrolítico puede ser estirado en forma de alam-
bres de muy pequeño diámetro, por lo que se utiliza para los con-
ductores eléctricos, cables, líneas telefónicas, bobinados de moto-
res, generadores, de transformadores, y además se utiliza para nu-
merosos elementos de aparatos eléctricos.

Para su buena resistencia a la corrosión y su excelente con-
ductividad térmica, tiene aplicaciones químicas y térmicas. Con es-
te cobre se realizan muchos depósitos, escaleras, etc. Se le utili-
za en las industrias alimenticias, y especialmente cerveceras. Una
aplicación térmica importante es en los radiadores de automóvil.

Por su atractivo color y pátina verdosa, se derivan las a-
plicaciones decorativas y arquitectónicas; como por ejemplo en te-
jados, revestimiento de fachadas, cubiertas de edificio, etc. El co-
bre tiene facilidad de conformación en caliente y en frío, cuali-
dad que se aprovecha en diversas aplicaciones como por ejemplo en
tuberías de cobre para agua caliente y fría y para gas. Otra pro-
piedad aprovechada es por la aptitud que tiene el cobre para la e-

lectrodeposición, por la cual mediante cobreado se puede recubrir otro metal, e incluso materiales plásticos.

B.- APLICACIONES DEL COBRE EXENTO DE OXIGENO

El cobre electrolítico tenaz contiene oxígeno en forma de óxido cuproso Cu_2O , que es perjudicial en ciertos casos. El cobre exento de oxígeno es un cobre comercialmente puro, de alta conductividad, preparado por fusión y colada de cobre electrolítico en atmósfera protectora de gas o en vacío. El cobre no absorbe nada de oxígeno y, entonces, está libre de óxidos. El contenido mínimo de cobre es 99.95%

Este cobre es útil en aplicaciones eléctricas en las que la presencia de oxígeno es perjudicial, es decir cuando las condiciones de servicio entrañen algún contacto con gases reductores calientes. Se utiliza para realizar soldaduras cobre-vidrio, en gran número de elementos para electrónica; como equipos para rodar; equipos eléctricos para trabajar a temperatura elevada en presencia de gases reductores; conductores para rotores de generadores y motores especialmente grandes, conductores y cables flexibles y terminales; etc.

C.- APLICACIONES DEL COBRE DESOXIDADO CON FOSFORO

Este es un cobre comercialmente puro que ha sido desoxidado mediante fósforo, dejando un contenido relativamente bajo de fósforo residual (0.005-0.012% P); el cual disminuye la conductibilidad

respecto al cobre electrolítico tenaz y al cobre exento de oxígeno. El contenido mínimo de cobre es 99.9%.

El cobre desoxidado con fósforo tiene aplicaciones semejantes al cobre exento de oxígeno, pero tiene limitadas aplicaciones eléctricas. Se le puede aplicar en tubos para agua fría y caliente, instalaciones de gas y calefacción; tuberías para desagüe; cisternas y depósitos. Es adecuado para cualquier equipo que trabaje con calor en atmósfera reductora, tanto durante los procesos de unión como en servicio; tuberías para evaporadores y cambiadores de calor, vapor, aire, agua, aceite; radiadores de automóviles. Por su buena soldabilidad, este cobre se utiliza para fabricación de calderas, depósitos, etc. se emplea también en tuberías para líquidos y gases, relativamente poco corrosivos, y para refrigeración.

Existe un cobre comercialmente puro que ha sido desoxidado mediante fósforo, dejando un contenido relativamente alto de fósforo residual y variable entre 0.013 y 0.050% de P. La conductibilidad de este cobre es relativamente baja, y se puede ser utilizado para usos eléctricos. Por su excelente soldabilidad y maleabilidad, es un metal ideal para su gran número de aplicaciones arquitectónicas, mecánicas y químicas.

D.- UTILIZACION DEL COBRE REFINADO EN EL ACERO Y EN LAS FUNDICIONES

a.- EFECTOS DEL COBRE EN LAS FUNDICIONES.

El cobre se puede utilizar como elemento de adición a otros elementos. Así, el cobre tiene una influencia favorable en las a-

leaciones ferrosas.

En la fundición gris, el cobre se emplea como elemento anti ferritizante o formador de perlita, y una fundición gris completamente perlítica tiene mejores propiedades mecánicas, así como una mejor resistencia al desgaste que una estructura parcialmente ferrítica (26). Además en la fundición gris, la templabilidad aumenta con el contenido de cobre, al menos hasta el 12%. Las fundiciones aleadas con cobre o con cobre-cromo, pueden ser fácilmente endurecidas por medio de aire comprimido, mientras que los hierros no aleados requieren un enfriamiento más brusco, tal como el templado en agua o en aceite. La gran ventaja del régimen de enfriamiento menor requerido para el templado superficial abarca la eliminación del riesgo de la formación de fisuras.

Es decir ningún otro elemento aumenta más que el cobre las propiedades mecánicas de la fundición gris, especialmente las características principales de resistencia y de dureza (sin perjudicar la maquinabilidad). El incremento de las propiedades mecánicas no es lineal en absoluto. La primera adición es mucho más efectiva que la siguiente, obteniéndose el efecto máximo a un nivel cercano a 3% de cobre.

La presencia de pequeños porcentajes de cobre es también beneficiosa en las fundiciones nodulares, como elemento antiferritizante. En las fundiciones maleables, una adición de 1.5% de Cu, aumenta la resistencia a la tracción en un 15%, y el límite elástico en el 25%. En la fundición blanca con la presencia del cobre co

mo elemento grafitizante, puede ser tolerado menor cantidad de silicio para la obtención de una fundición totalmente blanca.

Luego en la fundición blanca, o en la fundición gris, la adición de cobre es útil ya que posee una influencia de refinamiento de la estructura, aumenta la resistencia a la corrosión; y en combinación con el níquel, cromo, molibdeno, se consigue una matriz martensítica dura y resistente al desgaste.

b.- EFECTOS DEL COBRE EN EL ACERO.

El cobre es un elemento estabilizador de la austenita, y durante el enfriamiento de la austenita, el cobre retarda la transformación de ésta en ferrita y perlita; por lo que el cobre aumenta la templabilidad del acero. Una pequeña adición de cobre, de 0.1 a 0.2%, es muy efectiva en el aumento de la templabilidad del acero eutectoide.

Por otro lado, la fundibilidad del acero, que es una propiedad esencial para la fundición, es notablemente mejorado por la adición de cobre. Experiencias prácticas prueban que la adición de 1% de cobre produce el mismo efecto que un aumento de temperatura de 50°C (27),

La razón fundamental para usar el cobre en el acero, es generalmente, la facultad que tiene de aumentar la resistencia a la corrosión. Se ha comprobado que los aceros que tienen cobre poseen propiedades anti-corrosivas superiores a la de los aceros de baja

aleación sin contenido de cobre. Estas propiedades tienen gran importancia en estructuras de secciones finas que exponen una mayor cantidad de acero a la corrosión atmosférica. La presencia de más de 0.1% de cobre, en cualquier acero de construcción, es suficiente para proporcionar una óptima condición de resistencia a la corrosión.

El efecto del cobre en la velocidad de corrosión no se puede comparar con el efecto que tienen las adiciones de cromo-níquel en el acero inoxidable; pero el aumento del costo sobre el acero al carbono para construcciones por hacer una pequeña adición de cobre es insignificante si se compara con el mayor costo de la adición de cromo-níquel para obtener acero inoxidable. Las atmósferas rurales son menos corrosivas que las industriales donde el anhídrido sulfuroso e incluso el hollín constituyen agentes activos. En una atmósfera rural, con una humedad relativa mayor de 60%, la pérdida en peso después de 12 años de un acero no aleado puede ser aproximadamente el doble que la pérdida de peso de un acero de cobre con un contenido de 0.20 a 0.25% de Cu.

Los aceros cuprosos de resistencia media y alta se usan por ejemplo en puentes para carreteras, tanques de petróleo, vagones descubiertos de ferrocarril. También se utiliza en edificios para soportes y columnas, para fabricación de carrocerías de camiones en construcciones navales para planchas de casco, etc.

Otro aspecto que hay que considerar es la influencia del co

bre en la dureza del acero. En concentración moderada este metal se encuentra en ferrita en forma de solución sólida, el que aumenta ligeramente la dureza. La solución del cobre en el hierro alfa disminuye rápidamente desde 1.4% aproximadamente a 850°C hasta alrededor de 0.5% a 700°C. Esto proporciona un método de endurecimiento por precipitación; por lo que a concentraciones relativamente elevadas de cobre, se puede producir un endurecimiento por precipitación, provocando un considerable aumento de dureza.

2.- INFLUENCIA DE LAS IMPUREZAS EN EL COBRE REFINADO

Se ha señalado por muchos investigadores que el antimonio, bismuto, selenio y telurio son factores principales en la determinación del comportamiento de recocido del cobre. Para proveer una mayor información al respecto, se ha realizado un estudio de investigación conjunta entre Kennecott Copper Corpn y Western Electric Co. El comportamiento del cobre en el recocido es principalmente dependiente en el grado de trabajo en frío dado durante la operación de estirado y el tipo, cantidad y estado de las impurezas en el cobre. El tipo y cantidad de las impurezas están determinados en el proceso del cobre de mineral a Wirebars.

El comportamiento en el estirado del alambre como medida por la frecuencia de la rotura del alambre experimentado en estirado, varió de 0.833 roturas por libra hasta cero roturas por libra. Aunque la frecuencia de rotura era bastante variable, no hubo aparente combinación entre frecuencia de rotura y contenido de impure

zas pues el estudio estaba de bajo que el generalmente considerado perjudicial en el estirado del alambre. La menor concentración de las impurezas consideradas fue 2.5 p p m para el antimonio, 2.0 p p m de plomo, alrededor de 1.0 p p m de selenio y telurio, y 0.3 p p m de bismuto . (28)

Los efectos de las impurezas fueron perceptibles en pruebas en varillas de 1.63, 0.511 y 0.99 mm de diámetro, alambres los cuales habfan sido recocidos bajo condiciones específicas de tiempo y temperatura. Después de un recocido a 900°C, los efectos individuales de las impurezas en la temperatura de reblandecimiento incrementó en este orden: plomo, antimonio, bismuto, selenio y telurio. Cuando se realizó el recocido a 1400°F, previo al trabajo en frío, el efecto del plomo fue invertido. Cada elemento muestra algunas particularidades.

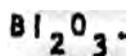
El efecto del plomo fue sorprendente en que en mayores instantes actuó como elemento perjudicial, pero en una hora de recocido a 760°C se convirtió el plomo en una impureza benéfica. El efecto notado podría haber sido debido a una reacción con el azufre, o con selenio o de alguna otra reacción.

En cuanto a la plata, el cátodo impuro varió en contenido de plata para proveer concentraciones de plata sobre un significativo rango. Desde que la plata es adicionado al cobre para ciertas aplicaciones el cual demanda una alta temperatura de recristalización, sería esperado que la plata incrementaría la temperatura de reblandecimiento. Sin embargo, para pequeñas cantidades de

plata consideradas, el efecto de la plata fué para decrecer la temperatura de reblandecimiento. Este decrecimiento sería explicado por una reacción entre la plata y algún otro elemento perjudicial. Este efecto sería similar al causado por el plomo, debido posiblemente a la reacción entre el plomo y el azufre. En el caso de la plata, podría haber ocurrido una reacción entre el selenio o el telurio desde que la plata forma compuestos estables con ambos elementos.

Aunque ha sido mostrado que de todas las impurezas normalmente en el cobre comercial, el telurio exhibía el más grande efecto individual en la temperatura de recristalización, poco ha sido reportado en el efecto de este elemento en el rango de 0 a 7 p p m. Con respecto al antimonio, el efecto individual en la dureza no fue cambiada por el recorrido a 760°C; así parecería que el antimonio estaba en el mismo estado para condiciones de recorrido entre 760°C y 900°C.

El bismuto ha sido reconocido por su fuerte facultad para incrementar la temperatura de reblandecimiento del cobre. El resultado de la prueba de dureza indica una apreciable disminución en la magnitud de el efecto individual debido a el recocido a 760°C. La disminución fue atribuido a la formación de óxido de bismuto



Para el estudio de recristalización se necesita llevar a cabo investigaciones con alta pureza de cobre. Todavía no es comprensible

ble la teoría de la recristalización de metales y aleaciones. La recristalización puede ser definida como la formación y movimiento de los bordes de grano; el cual es fuertemente afectada por la presencia de átomos extraños en muy pequeñas concentraciones. (29).

Hace poco se ha efectuado un estudio sobre el efecto del hierro y la plata como impurezas en la recristalización de un cobre de alta pureza. Las concentraciones de ambos metales eran menores al rango de 0.1 a 1.5 p p m. Como resultado del estudio se tiene que la nucleación, como la primera etapa de recristalización, puede ser cambiada en el cobre por adición de elementos extraños y por la temperatura de recocido. El comienzo y también el final de la recristalización son desplazados por la adición de plata. La diferencia entre estos dos es alrededor de 50°C para cobre puro y 90°C para el cobre con aproximadamente 120 p p m por peso de plata. Con adición de fierro, también la diferencia entre la temperatura de inicio y terminación de recristalización son incrementados.

Por otro lado, el antimonio es algunas veces adicionado al cobre para elevar la temperatura de recristalización. En cantidades arriba de 0.5%, endurece el cobre ligeramente y disminuye la ductilidad; pero no puede ser considerado como una impureza dañina a menos que se desee una alta conductividad (30). La plata, en cantidades variables, es una de las impurezas más comunes en el cobre; y tiene un efecto pronunciado en la temperatura de recristalización. El hierro está normalmente presente en pequeñas cantidades y no afecta las propiedades mecánicas del metal, sin embargo, hace

más baja la conductividad eléctrica.

Cuando el bismuto está presente en cantidades sobre 0.001%, provoca fragilidad del metal y es muy indeseable; y debe ser eliminado por afino electrolítico que no puede ser separado por refinación al fuego. El plomo no debe estar presente en cantidades sobre 0.005% si el cobre va a ser laminado en caliente. El azufre, selenio y telurio son comunmente observados como perjudicial en el cobre, pero ellos son peligrosos solo en el cobre tenaz a menos que sus concentraciones excedan un contenido de 0.1%. El arsénico puede estar permitido en cantidades sobre 0.3%, tiene un pequeño efecto de endurecimiento y eleva la temperatura de recristalización del metal; además decrece la conductividad eléctrica considerablemente.

C A P I T U L O IV

MERCADO DEL COBRE

3.- ANALISIS DEL MERCADO NACIONAL Y MUNDIAL DEL COBRE

En este capítulo se analiza el mercado del cobre dividiéndolo en 3 partes principales: 1.1) Mercado del alambre de cobre 1.2) Mercado de laminados y extruídos o semiterminados como tuberías de cobre y de aleaciones de cobre, láminas y flejes de cobre y de aleaciones de cobre, y barras y varillas de cobre y de aleaciones de cobre, y 1.3) Mercado de polvos de cobre y aleaciones. El estudio se ha hecho en 3 partes, considerando la importancia que tiene el alambre de cobre, ya que se estima que casi el 50 % del cobre refinado producido en el mundo es convertido en alambre de cobre.

1.1.- MERCADO DEL ALAMBRO DE COBRE

Antes de comenzar este punto, es conveniente hacer algunas referencias. El alambre de cobre es un producto semiterminado de cobre, de forma de varilla con sección circular y de gran longitud. Según la norma ASTM, este producto tiene una pureza de 99.987 % de Cu. El diámetro es variable, siendo el más común de 8 mm. La longitud también es variable, pudiendo ser de 270 m. (en el proceso convencional) y 9.000 (en el proceso de colada continua). El alambre de cobre que produce CENTROMIN (la única empresa productora en el Pe

rú). Tiene una pureza de 99.953% de Cu, un diámetro 8 mm y un largo de 274 m.

A.- MERCADO NACIONAL

a) CONSUMO NACIONAL DE ALAMBRON.

El total de alambón que se consume en nuestro país proviene de Centromín Perú, que en 1966 terminó la instalación de una planta para la elaboración de alambón con una capacidad de 42,240 Ton./año. Actualmente, de esta capacidad sólo se aprovecha aproximadamente el 30%. En 1,974 se logró la mayor producción con 14,587 Ton., llegándose a utilizar el 35% de la capacidad (ver cuadro N° IV-1). Uno de los principales motivos por la cual no se amplía la producción es por problemas de calidad del producto (31).

Las principales empresas consumidoras son INDECO Y CERPER - (antes PIRELLI), que en conjunto absorben cerca de 92% de la producción de alambón. Existe además algunos pequeños demandantes como Alcosa, Candados Peruanos S.A., Metinsa, Sima, Sulfato de Cobre S.A., Metales Chavín, Industria Cánepa Tabini, Industrias Américas, etc.

CUADRO N° IV - 1
PLANTA DE ALAMBRON DE LA OROYA
PRODUCCION Y VENTAS EN TM.

	1971	1972	1973	1974	1975	(a) 1976
Producción	4200	7319	9573	14584	12939	12000
Ventas Internas:						
Indeco y Cerper	3933	4816	4064	5981	8369	7700
Otros	376	616	659	635	520	600
Ventas externas:						
Grupo Andino		1153	3325	3889	3061	3,000
ALALC		188	353	1644	1224	700
Resto mundo		546	1119	935		

FUENTE : Centromin Perú, 1975
Ministerio de Industria y Turismo, 1975.

a) VALORES ESTIMADOS

Se estima que en el Perú, aproximadamente el 95% del alambión consumido se destina a la producción de cables y conductores eléctricos, el resto se utiliza para la fabricación de barras, perfiles, tubos, chapas y flejes de cobre y aleaciones.

b) PRODUCCION DE CONDUCTORES ELECTRICOS

En nuestro país las empresas productoras de cables y conductores eléctricos son INDECO Y CERPER, las que trabajan utilizando cerca del 55% de su capacidad instalada. La producción de conductores eléctricos se ha incrementado cada año, llegándose a pro-

ducir 7,316 TM. en 1,974 (ver cuadro IV-2). La capacidad instalada de estas plantas, más otra tercera, que entró en funcionamiento en 1,976, sería de 14,000 TM/año (32)

CUADRO N° IV - 2
PRODUCCION NACIONAL DE CONDUCTORES ELECTRICOS
(TM DE PESO EN COBRE)

Producción	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Alambres desnudos	461	461	639	818	1396	1369
Alambres forrados	882	1597	1820	1759	2767	2676
Alambres esmaltados	74	230	301	311	420	463
Cables telefónicos	464	420	573	438	732	754
Cables energía	832	1189	1137	1330	2021	1796
Total	2666	3897	4470	4656	7316	7054

FUENTE: Estudio de mercado de laminados y extrudidos de cobre y aleaciones EICA-METRA, 1.973.

Ministerio de Industria y turismo- Of de Estadística Industrial, 1,976.

c) IMPORTACION Y EXPLOTACION DE CONDUCTORES ELECTRICOS

Uno de los motivos para el crecimiento de la demanda de alambres, es debido a que hay una tendencia a incrementarse las exportaciones de conductores eléctricos. Las exportaciones se iniciaron en 1,967 con la exportación de 12 TM de alambres desnudos, y en 1975 se llegó a exportar 664 TM. Los mercados más importantes son

Ecuador, Bolivia, Uruguay, Panamá y Colombia; habiéndose vendido algunas veces a Italia, Hungría y Estados Unidos. En el cuadro N° IV 3 se muestra la importación de conductores eléctricos.

Por otro lado, las importaciones tienen una tendencia a disminuir. En 1,967 se importó principalmente cables telefónicos, cables de energía y alambres forrados, haciendo un total de 1,298 TM; esta cantidad se redujo a 337 TM en 1,975. Las pequeñas importaciones consisten principalmente de productos muy especiales que no son fabricados en el país, y que son comprados principalmente a Alemania, Estados Unidos, Italia, Canadá, Suecia y otros países. Actualmente, es mayor la cantidad que se exporta que lo que se importa; esto se debe al incremento de la producción nacional que satisface el mercado interno casi en su totalidad.

CUADRO N° IV - 3
IMPORTACION Y EXPORTACION DE CONDUCTORES ELECTRICOS
(TM EN PESO DE COBRE)

Año		Alambres desnudos	Alambres forrados	Alambres esmaltad.	Cables telefón.	Cables Energía	Total
1967	Imp.	37	431	3	203	624	1298
	Exp.	12	-	-	-	-	12
1968	Imp.	52	124	56	603	207	1042
	Exp.	57	-	-	-	-	57
1969	Imp.	60	70	1	75	51	257
	Exp.	121	-	-	-	-	121
1970	Imp.	61	62	24	7	15	169
	Exp.	161	18	-	68	56	303

Año		Alambres desnudos	Alambres forrados	Alambres esmaltad.	Cables telefón.	Cables Energía	Total
1971	Imp.	60	46	5	10	21	142
	Exp.	349	57	-	44	17	467
1972	Imp.	80	64	2	16	185	347
	Exp.	144	-	-	4	3	111
1973	Imp.	96	17	45	17	73	248
	Exp.	237	158	-	32	11	438
1974	Imp.	516	22	62	38	94	732
	Exp.	765	2	-	12	208	987
1975	Imp.	107	145	6	65	14	337
	Exp.	577	7	5	18	57	664

FUENTE: MINCOM- Estadística de Comercio Exterior, 1,976

ADEX- Exportación e Importación de productos manufacturados , 1,976.

B.- PROYECCION DE LA DEMANDA INTERNA DE ALAMBRON DE COBRE

La demanda interna total de alambroón de cobre se ha determinado en base a un análisis de la serie histórica de la demanda de cobre para cables y conductores eléctricos, necesidades de cobre para cables telefónicos y en función de la cantidad a exportarse de estos productos. Las proyecciones en la demanda se obtienen sumando los contenidos de cobre en cables y conductores eléctricos , cables telefónicos y conductores exportados; luego a esta suma (subtotal), se le incrementa el 5%, correspondiente al consumo en o -

tros usos como tornillos y tuercas.

En el cuadro N°IV-4 se muestra la proyección de la demanda de alambión de cobre. Se observa que la tasa de crecimiento anual es de aproximadamente 8.5%.

CUADRO N°IV 4
PROYECCION DE LA DEMANDA DE ALAMBRON DE COBRE
(PESO DE COBRE EN TM)

Año	Cables teléfono.	Cables y conduct. eléctric.	Exportación de cables teléfono. y cond.eléctric.	Subtotal	Total
1977	639	7593	866	9098	9553
1978	664	8115	866	9645	10127
1979	622	8666	866	10154	10662
1980	1134	9249	866	11249	11811
1981	1395	9865	1419	12679	13313
1982	1199	10517	1561	13277	13940
1983	1372	11205	1717	14294	15009
1984	1272	11332	1889	14493	15218
1985	1313	12701	2078	16092	16897

FUENTE: Instituto de Planeamiento de Lima, Curso de Proyectos.
1976.

Según la tasa de crecimiento observada en la proyección de la demanda, en 1990 se requerirá de aproximadamente 23,000 TM de a lambrón de cobre. Esta demanda podrá ser cubierta sobradamente por

la única planta de alambión de cobre que existe en el país, cuya capacidad instalada es de 42,200 TM/año.

C.- MERCADO INTERNACIONAL

En el mundo occidental, el consumo de alambión ha crecido a una tasa de cerca de 4% anual; aunque desde 1974 ocurre una disminución en el consumo, ya que en ese año se empezó a sentir los efectos de la crisis económica mundial. Los principales consumidores en el mundo occidental, que absorben aproximadamente el 90% del consumo, son Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia, Inglaterra, Italia y Canadá (33).

En Sudamérica, las importaciones de alambión de cobre han aumentado en los últimos años, especialmente en Venezuela, Colombia, Ecuador y Bolivia. (ver cuadro N° IV - 5)

CUADRO N° IV - 5

IMPORTACION DE ALAMBRON DE COBRE EN SUDAMERICA

País	(TM)					(a)
	1969	1970	1971	1972	1973	1975
Venezuela	5664	4684	5786	8100	9000	10500
Colombia	2634	2500	2335	3000	3500	5000
Ecuador	173	216	270	84	600	1000
Bolivia	88	105	125	150	175	200
Brasil	213	178	148	76	212	
Argentina	225	159	112	12	64	
Otros	424	440	184	456	659	

FUENTE: MINERO PERU COMERCIAL, 1,975

Estudio de mercado de laminados y extruidos de cobre y coleaciones EICA-METRA, 1973.

a) Estudio de mercado de alambrión de cobre, Minero Perú Comercial. 1975.

El Perú ha incrementado considerablemente sus exportaciones de alambrión de cobre desde 1972 en que exportó 1,887 TM. a Colombia, Ecuador, Estados Unidos, Yugoslavia y Bolivia. En 1974 se Exportó 7,468 TM, destinados especialmente a Venezuela y países centroamericanos como El Salvador, Costa Rica y Panamá. En 1975 la exportaciones disminuyeron en 42%, debido a que el consumo mundial disminuyó por los motivos antes citados.

Colombia es abastecida principalmente por el Perú; y desde 1973 nuestro país se convirtió en importante abastecedor de Venezuela. Otros importantes exportadores a estos países y a otros son Chile y Bélgica.

Aunque la demanda en los países centroamericanos es menor que en el mercado de la ALALC, éste va incrementando anualmente. En el cuadro N°IV-6 se registra la importación de Centro América.

CUADRO N° IV - 6
IMPORTACION DE ALAMBRO DE COBRE EN CENTROAMERICA
(TM)

Pafs	1969	1970	1971	1972
Costa Rica	22.4	161.0	313.4	623.5
El Salvador	45.8	37.8	87.7	87.7
Guatemala	59.3	49.0	64.4	64.4
Honduras	51.5	75.2	52.6	52.6
Panamá	7.4	30.9	48.3	48.3
Nicaragua	18.9	40.2	10.6	15.1
Total	205.3	393.2	577.0	891.6

FUENTE: Estudio de mercado de alambro de cobre, Minero Perú Comercial. 1975.

1.2.- MERCADO DE LAMINADO Y EXTRUIDOS DE COBRE Y ALEACIONES

A.- MERCADO NACIONAL.

Actualmente el Perú tiene un consumo de semiterminados de cobre cercano a los 1,500 TM/año, entre tuberías de cobre y aleaciones, láminas y flejes de cobre y aleaciones, y barras y varillas de cobre y de aleaciones de cobre. En 1975, el consumo total de semiterminado de cobre fué de 10,500TM, de las cuales sólo el 15% fué de laminados y extruidos de cobre y de aleaciones de cobre, y el 85% restante fué de alambro de cobre. Se espera que en 1980, el consumo de semiterminados de cobre y aleaciones sea del orden -

de 3,000 TM; y para 1,985 se duplicará esa cantidad (34).

En el cuadro N° IV - 7, se observa la proyección de la demanda en el Perú, Se nota que en 1,982 la demanda total de semiterminados de cobre y aleaciones en el mercado nacional será aproximadamente de 3,450 TM. De esta cantidad, cerca de 75% serían de semiterminados de aleaciones de cobre y el resto sería de semiterminados de cobre.

CUADRO N° IV - 7

PROYECCION DE LA DEMANDA TOTAL DE SEMITERMINADOS DE COBRE EN EL PERU.
(TM/AÑO)

Año	Laminados	Otros extruidos	Total
1977	1339	672	2011
1980	1810	970	2780
1982	2210	1238	3448

FUENTE: Estudio de Mercado de Semiterminados de Cobre y Aleaciones, EICA-METRA. 1973.

En la actualidad el mercado nacional es abastecido parcialmente por las plantas CAPESA Y METINSA. Estas plantas tienen una producción conjunta de cerca de 600 TM/año de semiterminados de cobre. Se calcula que en 1,982, estas plantas abastecerán al mercado nacional con un total de 1300 TM de semiterminados, cantidad que representará el 38% de la demanda total para ese año.

B.- MERCADO INTERNACIONAL

Hay un estudio de mercado de semiterminados de cobre y aleaciones realizado por las consultoras EICA (peruana), que ha realizado el estudio del mercado nacional y el de los países de la ALALC; y METRA (británica), que se encargó del Estudio del Mercado Internacional. Es a base de este estudio que después se determinará las posibilidades de utilización del cobre peruano.

Entre los países del Mercado Común Europeo, COMECON, Yugoslavia es el mercado más importante. Este país ofrece una demanda a ser cubierta de unas 12,000 TM/año de semiterminados de cobre y aleaciones. En Rumanía se estima una demanda de 1,600 TM/año, siendo el 35% como tuberías de cobre y lo restante como flejes; y en Hungría existe un mercado potencial de 1,000 TM/año de láminas y flejes de latón. Luego en los países del COMECON hay una demanda potencial total a ser cubierta de 14,600 TM/año de semiterminados, de los cuales el 65% es de semiterminados de aleaciones de cobre.

En América Latina, Venezuela es el país con una mayor demanda, la cual es de unas 1,500 TM/año principalmente de productos planos. En Colombia se estima una demanda potencial de unas 550 TM/año; Siendo el 70% como tuberías de cobre y la restante como flejes de latón para la industria automotriz y para artefactos eléctricos. En Ecuador hay una demanda de aproximadamente 150 TM/año principalmente de productos planos. Por lo tanto, En América Latina hay una demanda total a ser cubierta de unas 2,000 TM/año de semiterminados de cobre y aleaciones, siendo cerca del 60% como laminados.

En Estados Unidos se importa alrededor de 75,000 TM/año de semiterminados, provenientes principalmente de Japón y algunos países Europeos. En este país, se estima una demanda posible de ser cubierta de 1,500 TM/año de tubos, láminas y flejes de cobre y aleaciones.

En los países del Sudeste de Asia, el consumo de semiterminados de cobre está creciendo rápidamente (No se considera Japón). La demanda total por cubrir se estima en 1,200TM/año; Hong Kong es el país con más demanda que Taiwan, Malasia, Tailandia y otros.

Los países de Europa Occidental prefieren no realizar sus compras a países fuera de Europa; por lo que algunos países de América Latina no pueden vender a este mercado. Otras dificultades que se presentan son los costos de transporte, así como los costos de seguro.

En el cuadro N°-8 se muestra la estructura de la demanda potencial de semiterminados de cobre y aleaciones para el año 1982. Como ya se dijo antes, el Perú tendrá en ese año una demanda de 2,140 TM (aparte de 1300 TM que será cubierta por CAPESA Y METINSA). De esta cantidad el 43 % será de flejes y platinas de cobre, el 10% de tubos de cobre y lo restante de barras de cobre, planchas de cobre, tubos de aleación y laminados de cobre y aleación.

CUADRO No. IV - 8

ESTRUCTURA DE LA DEMANDA POTENCIAL DE SEMITERMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES.

(AÑO 1982, TM)

País, o Región	Barras, Perf. Láminas, Plan. Secciones				Tubos		Total	
	Cobre		Aleación		Cu	Aleac.	Cobre	Aleac.
	Secciones	Flejes	Cu	Aleación	Cu	Aleac.	Cobre	Aleac.
Perú	20	420	280	1100	260	60	560	1580
Rumanía-Hungría	-	-	1000	1000	600	-	1600	1000
Yugoslavia	1000	2000	1000	4000	3000	1000	5000	7000
América Latina	200	200	600	400	380	100	1180	700
Norteamérica	-	-	1000	200	150	150	1150	350
Sud Este de Asia		400	--	400	-	400	-	1200
Europa	-	-	1000	-	500	-	1500	-
Subtotal	1220	3020	4800	7100	4890	1710	10990	11830
Total	4,240		11,980		6,600		22,820	

FUENTE: Estudio de Mercado de Semiterminados de Cobre y Aleaciones, EICA-METRA, 1973.

1.3.- MERCADO DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES

A.- Mercado Nacional

Los polvos de cobre y aleaciones son partículas finas que se emplean principalmente en la producción de partes y piezas sinterizadas de amplio uso en la industria automotriz y electrónica. También son utilizados como insumos para las industrias gráficas, de pintura, textil y de plásticos.

En el país en cuanto a piezas sinterizadas, la reciente planta Pulvimetal es la única que tiene programado producir bujes, bocinas y otras piezas sinterizadas que se usan especialmente en la industria automotriz y eléctrica. En la Industria Gráfica, la empresa Grafex es la principal insumidora y utiliza los polvos para la producción de pastas y tintes. En la Industria de Pintura, los polvos se utilizan como aditivos en las pinturas antioxidantes, así como para tonalidades específicas; siendo el principal consumidor Industrias Fast. En la industria textil los polvos se emplean para efectuar estampados en telas para dar tonalidades doradas; siendo la empresa Textiles Santa María la principal insumidora. En la Industria de Plásticos, el principal consumidor es Plásticos del Perú, y se le utiliza como pigmentos de coloración.

En el país la demanda en 1975 fue de unos 18.5 TM, cantidad que fue importado especialmente de Alemania Occidental y Reino Unido, tal como se observa en el siguiente cuadro. La demanda aparente para 1980 se estima en aproximadamente 30 TM.

IMPORTACION DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES

País de origen	Cantidad (Kg.)
Alemania Occidental	11,256
Reino Unido	6,738
USA	186
TOTAL	18,180

DEMANDA APARENTE DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES

Año	Cantidad (TM)	Año	Cantidad (TM)
1977	20	1982	36
1978	23	1983	40
1979	26	1984	45
1980	29	1985	50
1981	32		

FUENTE : Estudio de Mercado, Proyecto Planta de Polvos Metalúrgicos de Cobre y Aleaciones, INDUPERU, 1977.

B.- Mercado Internacional

Esta parte del estudio se refiere principalmente al mercado dentro del Grupo Andino (GRAN). Todos los países del GRAN son

importadores de polvos de cobre y aleaciones, los cuales importan también de Alemania Occidental, Reino Unido, así como de Bélgica, Japón y una pequeña cantidad de Brasil.

Los países del Grupo Andino no tienen alguna planta industrial que pueda cubrir la demanda de su propio país. Entre otros países, Brasil, México y Argentina tienen plantas productoras de polvos, pero sus demandas son cubiertas por importaciones. Dentro del GRAN, Venezuela y Colombia tienen casi la demanda total de polvos; y se estima que en 1981 la demanda de polvos en las ramas industriales tradicionales en el GRAN serán de unas 121 TM. Este se puede observar en el siguiente cuadro.

DEMANDA DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES EN EL GRUPO

ANDINO

(En las ramas industriales tradicionales)

Año	Demanda (T.M)	Año	Demanda (T.M)
1977	77	1982	136
1978	86	1983	152
1979	96	1984	170
1980	108	1985	191
1981	121		

FUENTE : Estudio de Mercado, Proyecto de Planta de Polvos Metalúrgicos de Cobre y Aleaciones, INDUPERU, 1977.

Además de la demanda de polvos para las ramas industriales tradicionales, se considera que la mayor demanda de polvos es para piezas sinterizadas. Así, para 1981 se estima que la demanda de polvos para piezas sinterizadas dentro del GRAN será de 460 TM; con lo que la demanda total de polvos para ese año será aproximadamente 610 TM.

2.- COTIZACIONES DEL COBRE

2.1.- Historia del precio de Cobre

Las cotizaciones del cobre se hacen según se trate de cobre electrolítico en forma de códodos, y según que el metal esté en forma de barras o wirebars. Se le ha dado gran importancia al wire bars para determinar los precios de referencia para la venta de co

bre refinado, debido a que tradicionalmente se ha producido el lambrón a partir de cobre refinado bajo la forma de wirebars. Generalmente el cátodo tiene un menor valor comercial que el wirebars. Las cotizaciones promedio tanto para el wirebars, como para el cobre electrolítico, han tenido una variación irregular; esto se debe a que las cotizaciones son altamente sensibles a diversos factores tales como: problemas laborales, acumulación de stocks, problemas bélicos, ritmo de la actividad económica, deterioro monetario-internacional, etc.

El cobre se cotiza en el London Metal Exchange (LME), que es la Bolsa de Metales de Londres, y en la Bolsa de Metales de New York (COMEX). Ambas cotizaciones difieren muy ligeramente en los cuadros IV - 9 y IV - 10, se puede notar la diferencia entre ambas. En el cuadro N° IV - 9 se observa las variaciones que ha tenido el precio del cobre desde 1,970.

En el mercado de Londres (LME), el precio del cobre ha tenido una tendencia fluctuante desde 1,970; ese año y en 1,971 los precios llegaron a niveles muy bajos, debido al exceso de producción, influenciada por la recesión americana, japonesa y europea, países que son los mayores consumidores de este metal, y que disminuyeron sus incrementos en el consumo de cobre. En 1,972, el precio promedio del cobre continuó en un nivel bajo; pero en el siguiente año se registró una considerable recuperación, incrementándose en más de 60% el precio promedio del cobre; a fines de ese año el precio promedio sobrepasaba el dólar por libra de cobre. Du-

rante el año 1,974, el precio se elevó en los primeros meses, pero empezó a decaer desde mediados de ese año, debido a una demanda floja y mayor oferta; y motivado principalmente por la crisis internacional que aún afecta a los países industrializados quiénes son los principales consumidores de cobre.

En el mercado de New York (COMEX), el comportamiento del precio del cobre ha sido semejante. Así, en 1,973, los precios se elevaron notablemente, debido a la reactivación americana y a la devaluación del dólar, lo cual hizo que los consumidores acumularan este metal por temor a una segunda devaluación. Al siguiente año se registró una gran baja en el precio del cobre, debido fundamentalmente a que el Japón colocó en el mercado una parte de sus reservas estratégicas. Es decir que en 1,974 la oferta supera a la demanda lo cual hace que la tendencia de precios sea decreciente. Los precios llegaron a valores tan bajos que los costos de producción superaban a los precios de venta del metal.

Debido a que había una mayor oferta de cobre, los países miembros del Consejo Intergubernamental de Países Exportadores de Cobre (CIPEC) acordaron reducir sus exportaciones de cobre en un 10 % a partir del 1° de diciembre de 1,974. A partir de Abril de 1,975 la reducción de los exportadores se aumentó a 15 %. Lamentablemente, para los países miembros de CIPEC, del cual el Perú es integrante, esta medida no dió resultados que se esperaba; decidiéndose por ello suspender la reducción de exportación de cobre. En el cuadro N°9 se observa los precios de cobre desde el año 1964

hasta 1975. Los precios más recientes se ven en el cuadro N° IV-10.

CUADRO N° IV-9

PRECIOS PROMEDIO DEL COBRE DESDE 1,964 a 1,975

Año	LME t/TM	Precio de pro ductores Usa. (cent. por lb; £/lb)	Año	LME t/TM	Precio de productos de Usa (cents. por lb; £/lb)
1964	352.8	31.9	1970	587.9	57.6
1965	469.8	35.0	1971	444.4	51.4
1966	554.5	36.1	1972	427.9	50.6
1967	417.3	38.2	1973	726.8	58.8
1968	523.9	41.8	1974	877.0	78.8
1969	621.2	47.5	1975	556.8	63.2

FUENTE: Metals Week. Diciembre 1,976.

2.2.- COTIZACION ACTUAL DEL COBRE.

A principios de 1977 se observa que se presenta características similares a las que se dieron a mediados de 1,976, en que la fuerte acción especulativa desarrollada en el mercado, elevó los precios del cobre, a pesar de que la demanda de cobre se redujo considerablemente como consecuencia del desaceleramiento en la recuperación económica de la mayoría de los países industrializados y que la libra esterlina se había estabilizado. La progresiva desvalorización de la libra esterlina con relación al dólar permitió a que muchos consumidores europeos aprovecharan para abastecerse

de cobre, lo cual se produjo un incremento del precio del cobre (35)

El precio registrado a fines de 1,975, se mantuvo hasta los primeros meses de 1,976. En el segundo trimestre de ese año comenzó nuevamente a subir hasta un máximo de 74 centavos de dólar por libra de cobre refinado (£/lb); pero durante el último trimestre de 1,976 sucede una rápida caída de precio hasta 59.4 en el mes de diciembre.

En el mes de Enero de 1,977, mejoró considerablemente el precio del cobre con respecto al último mes del año anterior. En el LME, el promedio mensual de las cotizaciones para el cobre Wire bars fué equivalente a 63.31 £/lb, al tipo de cambio promedio de 1.712 dólares por libra esterlina (ver cuadro N° VI-10). En el COMEX también se registró un aumento similar y próximo a 5 £/lb, como puede verse en el cuadro N° IV 10. Durante el mes de Febrero, continuó la tendencia alcista de los precios del cobre en el Mercado Internacional; notándose un incremento aproximado de 1.4 /lb con respecto al mes de Enero. La situación continuó mejorando en Marzo; y se espera que se mantenga la firmeza del precio del cobre en los siguientes meses. La firmeza del Mercado del cobre, se debe principalmente a que durante los primeros meses de 1,977 se realizaron fuertes compras de tipo especulativo, en previsión de un mejoramiento de la demanda y de precios más altos.

Una de las razones que incidirían en una mejora de la de -

manda de cobre es el hecho de que en Estados Unidos, los convenios laborales de la mayoría de las Refinerías de cobre terminarían a fines de Julio. Esto hace pensar en la posibilidad de una huelga que afectaría la oferta mundial de cobre refinado. Sin embargo, se considera que para que una huelga tenga algún afecto significativo sobre el mercado, ésta debe durar más de dos meses; debido a la existencia de un gran stock de cobre.

CUADRO N° IV-10
COTIZACIONES DEL COBRE REFINADO

(£ / lb)

Año/mes	(a) LME	(b) COMEX
1,974	93.21	90.16
1,975	56.09	55.50
1,976	63.94	64.07
Diciembre 1,976	58.43	59.44
Enero 1,977	63.31	64.13
Febrero 1,977	64.67	65.48

FUENTE: Informe Mensual del Mercado de Metales
Mínero Perú Comercial. Febrero 1,977.

a) Bolsa de Metales de Londres (LME)

b) New York Commodity Exchange (COMEX)

Otro de los factores que está influyendo en el alza del precio del cobre es la situación conflictiva que se está viviendo en el África, y especialmente en Rodhesia; que produciría consecuencias en el abastecimiento de cobre desde África Central. Se vería afectada las exportaciones de cobre de Zaire y Zambia, que entre ambas tienen una producción conjunta igual a 1,200 miles de toneladas métricas de cobre, y que es equivalente a la producción de cobre de mina de Rusia. Así, se podría interrumpir el transporte de cobre - en Zaire a través de Rodhesia; y además la producción de cobre de Zambia puede verse afectada por la suspensión de suministro de energía que proviene de una represa de Rodhesia y de la cual depende de un 50%.

A pesar de la aparente firmeza que actualmente muestra el precio del cobre, no se podría pronosticar cuál sería la cotización en el futuro, debido a que éstos serán influenciados por demasiados factores que imposibilitan precisar el comportamiento futuro del precio de este metal. Sólo se puede decir que los usuarios industriales en todos los países tienen la misma conducta frente a los precios del cobre. Cuando el precio de este metal está decayendo, los usuarios esperan que caiga lo más bajo posible antes de colocar una orden de compra; y cuando empieza a subir, apresuran a colocar órdenes de compra.

Uno de los factores que está influyendo decisivamente en las cotizaciones del cobre, es el stock mundial de este metal. Ya se ha comentado ligeramente sobre esto, pero por su importancia va

a ser tratado más ampliamente en el siguiente punto.

2.3.- STOCK MUNDIAL DE COBRE.

Una forma particular de la demanda, es la demanda de cobre para acumulación de reserva . Esto puede ser realizado tanto por el productor como por el consumidor.

Los productores de cobre realizan acumulaciones de reservas como parte de una estrategia para subir o mantener los precios. De esta manera los productores pueden en cualquier momento , cuando el precio lo justifica, poner a la venta parte de su stock.

Las mayores acumulaciones de reserva son hechas por los consumidores; y en especial por los países industrializados, como Estados Unidos, que son los mayores consumidores de cobre. Las acumulaciones . parte de éstos, son realizados para asegurar un abastecimiento futuro en caso que haya una baja en la oferta de cobre de los productores, como sucedió en 1,975 cuando los países miembros del CIPEC decidieron disminuir sus exportaciones tratando de provocar una baja artificial de la oferta con la intención de aumentar el precio del cobre.

Desde hace varios años, Estados Unidos realiza importantes acumulaciones de reserva de cobre y otros materiales, con la finalidad de utilizarlas posteriormente en momentos de emergencia. Esto mismo es realizado por otros países desarrollados; para los cuales no es difícil financiar esta operación. Lamentablemente, pa

ra los países subdesarrollados productores de cobre no es fácil crear grandes cantidades de stock, ya que deben vender casi toda la producción de cobre aunque no sea a precios justos; pues la economía de estos países depende de las exportaciones de sus materias primas.

En el cuadro N° IV - 11 se muestra el actual stock de cobre en el mundo. El stock mundial es cercano a 2,000 miles de T.M., y equivale a cerca del 30% del consumo mundial anual de cobre refinado. Este stock ha aumentado año a año. Así, durante el año 1976 se incrementó las existencias de cobre refinado tanto en la Bolsa de Metales de Londres como en la de New York. Como se observa en el mencionado cuadro; se nota que en 1976, las existencias mundiales de cobre refinado aumentaron en un 10.5% en relación a 1975.

Los mayores stock de cobre se encuentran en la Bolsa de Metales de Londres y en la Commodity Exchange (COMEX), que tiene aproximadamente el 40% del total mundial. Los productores de Estados Unidos y Japón, así como los consumidores de estos países y de Alemania, Inglaterra y Francia también tienen importantes reservas de cobre refinado.

El exceso de stock de cobre refinado en el Mercado Internacional, es uno de los factores que no permiten una rápida mejora de los precios de cobre en 1977. A principios de este año se registró un incremento de stock en el LME y en la COMEX, que a fines de enero tenían cerca de 800,000 T.M. de cobre en stock. En febrero se produjo un nuevo incremento en las Bolsas de Metales de Londres;

y a nivel mundial las existencias de cobre refinado continuaron creciendo hasta alcanzar un total de 1940 miles de T.M. de cobre refinado en stock.

CUADRO N°IV-11
STOCK MUNDIAL DE COBRE REFINADO
(MILES DE T.M.)

Descripción	1,975	1,976
LME Wire Bars	408	503
LME Cátados	89	100
COMEX	91	182
USA productores	236	247
Japón productores	188	129
Otros productores	243	265
Consumidores:		
USA	136	100
Japón	62	45
Alemania, Francia, Inglaterra	138	137
Otros	180	225
Total	1,771	1,932

FUENTE: Commodities Research Unit LTD (CRU)

2.4.- ESTRATEGIAS ADOPTADAS PARA MEJORAR EL PRECIO DE COBRE.

En la Décima Reunión del Concejo Intergubernamental de Paí-

ses Exportadores de Cobre (CIPEC), integrado por ocho países, realizada en diciembre de 1,976 el principal asunto tratado en esta cita fué la estabilización del precio del cobre en el mercado mundial, para evitar sus fluctuaciones bruscas. Se ha incidido en la necesidad de que los países miembros, que cubren más del 70 % de las exportaciones mundiales, logren una homogeneidad en sus procedimientos de comercialización, con lo cual se reducirá la capacidad de maniobra de los intermediarios y compradores.

El presente es bastante difícil, pero se espera mejoras para el futuro. La producción mundial supera la demanda, y ello a causa de que los países compradores poseen suficientes stocks de metal, que podrían hacer fracasar cualquier intento por parte de los exportadores para mejorar los precios.

Pero el futuro es bastante halagador, en razón de que el cobre es actualmente insustituible en la industria electrónica, y su demanda tiende a subir en forma inexorable.

Según los entendidos, ya no es conveniente fijar en dólares los precios de los metales en el mercado internacional. En la actualidad la mayor parte de las cotizaciones de los metales y minerales se hacen en el mercado internacional en dólares; pero ésta referencia sólo resulta satisfactoria cuando esa moneda queda estable. Antes de 1,975, el dólar perdió el 20 por ciento de su valor en el curso de dos años, ocasionando repercusiones desfavorables en el mercado de algunos metales.

El stock de reserva de cobre que poseen los países compradores, es utilizado como amenaza permanente para hacer bajar los precios. Como una demostración de poderío sobre el mercado, los países compradores de cobre, en momentos de la décima reunión del CIPEC, en diciembre de 1976, provocaron una baja en el precio de 57.14 centavos de dólar la libra a 55.46 centavos.

La repercusión de una baja de precios en los países exportadores, como Perú, es contundente para sus economías. Por cada centavo menos en el precio promedio anual, el Perú pierde 4 millones de dólares. En 1,977, como la producción casi se ha duplicado con respecto a 1976, el Perú dejará de ganar 8 millones de dólares por cada centavo que baje el precio internacional de cobre.

Los países integrantes del CIPEC son: Australia, Chile, Indonesia, Mauritania, Papua - Nueva Guinea, Perú, Zambia y Zaire (se espera que próximamente podrían integrarse otros países como Canadá, Bolivia y Yugoslavia). Estos países representan el 75 % de la exportación mundial de cobre. El 25% de la exportación, más 700,000 T.M. de cobre, está en manos de los intermediarios y los consumidores. En cuanto los exportadores suben o amenazan subir los precios, los intermediarios sacan cobre de su stocks y lo lanzan al mercado, haciéndolo bajar de nuevo.

Lamentablemente, los países productores no pueden paralizar su producción el tiempo suficiente para que los consumidores gasten sus reservas. Ninguno de los miembros del CIPEC podría resis -

tir unos cuatro meses de paralización absoluta; en que no entrarían a su balanza comercial los dólares que les reporta el cobre.

En una reunión de los Países No Alineados se planteó una solución que consiste en que alguien, como por ejemplo la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), ayude a financiar a los países productores la creación de su propio stock. Mientras forman su propio stock, los productores de cobre reducirían sus ventas al mercado mundial, obligando de este modo a los compradores consumir sus actuales reservas. Es decir que para que se tenga precios más justos de este metal, el stock mundial de cobre debe cambiar de manos hacia los productores.

3.- ANALISIS DE LA PRODUCCION Y CONSUMO DE COBRE

3.1.- PRODUCCION Y CONSUMO MUNDIAL

El consumo mundial de cobre refinado ha aumentado considerablemente en los últimos años. A principios del siglo pasado, el consumo de cobre era insignificante, en 1,950 el consumo era de unos 3'000,000 toneladas, y en las dos últimas décadas el consumo a aumentado en más de 50% (36).

El balance de la oferta y la demanda en el mundo occidental durante 1976, muestra que la producción excedió al consumo en aproximadamente 195,000 toneladas (37). En ese año el consumo de cobre refinado fué superior en aproximadamente 18 % en relación a 1,975 (ver cuadro No. V-1). Los niveles de consumo alcanzados son inferiores al consumo registrado en 1,973, que fue de 6,142 miles de toneladas métricas. Para 1,977 se estima un aumento de 7 % con respecto al consumo de 1,976. El consumo mundial en 1,976 fue cercano a los 8,000 miles de toneladas métricas. En ese año, los mayores consumidores de este metal fueron Estados Unidos de Norte América, Rusia y Japón, cuyos consumos sumaron una cantidad equivalente al 55 % del consumo total mundial. Estos tres países fueron los mayores productores de cobre blister y cobre refinado; totalizando en estos rubros un equivalente al 50 %, aproximadamente, del total producido en el mundo.

CUADRO N° V - 1
CONSUMO DE COBRE REFINADO
(MILES DE TM)

País	1,973	1,974	1,975	1,976
Estados Unidos	2221.1	1995.0	1396.0	1802.0
Canadá	248.2	270.1	196.1	235.2
Japón	1201.8	880.9	821.8	1101.3
Bélgica	164.4	178.2	177.4	200.7
Francia	407.8	414.2	364.5	373.1
Alemania, Rep. Federal	727.2	731.2	634.6	739.5
Italia	295.0	308.0	290.0	331.0
Reino Unido	541.2	496.9	450.5	456.0
Otros	1135.3	1225.1	1147.4	1273.0
Tot. Mundo Occidental	6942.0	6500.0	5480.0	6483.0
Total mundial	8780.0	8400.0	7480.0	8100.0

FUENTE: World Metal Statistics, Enero de 1,977.

Del total de cobre refinado consumido en el mundo en 1,976, los países occidentales consumieron el 75 %; Rusia y Europa Oriental consumieron el 20 %.

Estados Unidos es el mayor consumidor de cobre en el mundo, habiendo consumido el 20% del total mundial en 1,976. Este país es también el mayor productor (ver cuadro N°-V - 2). Desde los últimos 25 años, el Japón casi ha duplicado su consumo cada 5 años; hasta llegar a ser ahora el tercer consumidor con 1,101 miles de TM ,

que representa el 12.5% del total mundial. Alemania e Inglaterra, que en el siglo pasado eran los primeros productores y consumidores, ocupan ahora el cuarto y quinto lugar en consumo de cobre.

CUADRO N°V-2
PRODUCCION DE COBRE REFINADO
(MILES DE TM)

Pafs	1,973	1,974	1,975	1,976
Estados Unidos	2098.0	1940.1	1609.4	1688.5
Canadá	497.6	559.1	529.2	500.0
Japón	950.8	996.0	818.9	864.3
Bélgica	367.5	378.7	331.6	385.0
Francia	30.1	43.9	39.6	37.0
Alemania, Rep. Federal	406.7	423.6	422.2	421.0
Chile	414.8	538.1	535.2	610.0
Reino Unido	170.8	160.1	151.5	152.0
U.R.S.S.	1300.0	1350.0	1420.0	1440.0
otros	2271.4	2517.8	2504.3	2402.2
Total mundial	8507.7	8907.3	8361.9	8500.0

FUENTE: World Metal Statistics, Enero 1,977

En la última década a partir de 1,965, el consumo total de cobre en el mundo (incluyendo la utilización directa de chatarra) ha aumentado en un 40 %. El consumo por habitante ha subido en un 17 %. Norteamérica es la región con mayor índice con aproximadamente 10 Kg. por habitante; seguida por Japón con 8.5, Europa Oc-

cidental con 7.5, Aseania con 6.0 y finalmente Rusia y Europa Oriental con 4.5 Kg. por habitante. La América Latina tiene un índice de consumo de cobre refinado cercano a 1 Kg. por habitante.

De las tres principales regiones industriales del mundo Occidental, Europa Occidental, Norteamérica y Japón; Europa Occidental es el mayor consumidor con 32 % del total mundial y cerca del 40 % del mundo Occidental. En 1,976, la producción de cobre refinado de Europa Occidental fue de unos 1,400 miles de toneladas métricas; y el consumo fué prácticamente el doble y cercano a 2,750 miles de toneladas. Las importaciones de Europa Occidental proceden principalmente de Zambia, Zaire, Chile, Canadá, Estados Unidos, Australia, Perú y Sudáfrica. En realidad, el consumo total de cobre en Europa Occidental es de unos 3,700 miles de toneladas, considerando cerca de 1,100 miles de toneladas, osea el 30%, que proceden de la chatarra de cobre.

En 1,973 el consumo aparente de Europa Occidental fue de 2'086,000 toneladas de semis de cobre, 1'424,000 toneladas de semis de aleaciones (con 906,000 Ton. de cobre) y 486,000 Ton. de productos fundidos y sales (con 310,000 Ton. de cobre).

Los alambres y cables de cobre consumieron el 45% del total, las barras de aleación el 15% y los tubos de cobre consumieron cerca de 10% del total de cobre.

En los Estados Unidos, la oferta de cobre refinado proviene tanto de la producción interna como de los grandes volúme -

nes importados en 1,976, fue superior al nivel de consumo alcanzado en dicho año (ocasionando un incremento de los stocks de cobre). Es probable que la producción y consumo de cobre de este país, se vea afectado como consecuencia de la paralización parcial de la actividad productiva que atravesó el país a principios de 1,977, y motivado por el exceso de frío y nieve que cubrió prácticamente todo el territorio norteamericano.

Más de un 40 % del consumo de cobre en los países industrializados proviene de chatarra de cobre relativamente pura, chatarra de latón y bronce, chatarra de aleaciones de cobre y residuos (38). Respecto al mercado de chatarra, ésta no ejerce ningún efecto sobre el precio, y no entra en el libre juego de oferta y demanda.

En cuanto a la producción mundial de mina de cobre, en 1975 se registró una producción de 7,343 miles T.m; siendo los principales productores, en orden de importancia, Estados Unidos, Rusia, Chile, Canadá, Zambia y Zaire; que en conjunto produjeron 5,150-miles de TM, es decir el 70 % del total mundial. En el cuadro N°-V - 3 se muestra la producción y consumo mundial de cobre en 1,976, especificándose la producción de minas, producción de blister, producción de cobre refinado y el consumo de cobre refinado. Cabe anotar que a partir de 1,978, Irán se constituirá en uno de los principales productores mundiales de cobre, ya que este país está multiplicando las prospecciones mineras en su territorio aprovechando las importantes divisas que le ingresan por sus exportaciones de petróleo, y que son del orden de 20,000 millones de dólares anua -

les. En 1,977, con la puesta en operación de un yacimiento que producirá más de 100,000 toneladas anuales de concentrados de cobre, Irán se convertirá en uno de los 10 grandes productores del mundo.

CUADRO N°v-3
 PRODUCCION Y CONSUMO MUNDIAL DE COBRE
 AÑO 1976

País	Producción de mina(a)		Producción de Blister		Producción de Refinado		Consumo de Cobre Ref.	
	(Miles TM)	(%)	(Miles TM)	(%)	(Miles TM)	(%)	(Mil.TM)	(%)
1.Estados Unidos	1521	23.3	1400	17.9	1862	22.2	1987	24.5
2.Rusia	1200	18.4	1150	14.7	1430	17.0	1230	15.2
3.Chile	1114	17.1	800	10.2	689	8.2	50	0.6
4.Perú	789	12.1	196	2.5	134	1.6	10	0.1
5.Canadá	728	11.1	490	6.3	579	6.9	259	3.2
6.Zambia	673	10.3	690	8.8	766	9.1	2	-
7.Zaire	496	7.6	340	4.3	80	0.9	2	-
8.Filipinas	237	3.6	-	-	-	-	-	-
9.Australia	226	3.6	170	2.2	195	2.3	120	1.5
10.Africa del Sur	180	2.8	150	1.9	85	1.0	60	0.7
11.Japón	80	1.2	900	11.5	942	11.2	1214	15.0
12.Alemania,Rep.Fed.	2	-	220	2.8	491	5.8	815	10.0
13.Bélgica	-	-	48	0.6	435	5.2	210	2.6
14.Inglaterra	-	-	-	-	150	1.8	503	6.2
Total mundial	6520	100.0	7800	100.0	8400	111.0	8100	100.0

FUENTE: El MJ Engineering and Mining Journal. Marzo 1,977

World Metal Statistic. Enero 1,977.

(a) - La tabla muestra el contenido de cobre recuperable de minerales y concentrados producidos.

3.2.- CONSUMO DE COBRE SEGUN USOS.

El consumo de cobre varía según el sector en que se le utilice. El cobre se consume principalmente en el Sector Electricidad; siendo el consumo aparente cerca del 50 % en este Sector. En construcción y en Ingeniería Industrial el consumo de cobre es casi igual y de orden de 18 %; en transporte el índice es cercano a 10 %, y en el artículo de consumo se consume aproximadamente el 5 %. Estas cifras varían ligeramente según de qué país se trate, como se muestra en el cuadro N°V-4.

CUADRO N°V - 4

CONSUMO DE COBRE POR SECTORES (%)

País	Electricidad	Construc.	Ingeniería Industrial	Transporte	Artículos de consu.
EE UU	31.1	19.0	14.2	12.6	16.1
Japón	51.1	19.2	11.0	5.1	9.6
Alemania	50.0	23.6	12.1	10.2	2.7
Inglaterra	38.3	32.0	12.5	11.9	3.8
Francia	39.2	26.9	17.6	8.1	4.3
España	55.0	5.0	17.0	14.0	5.0

FUENTE: CIDEA, CEDIC, 1,975.

En el cuadro anterior se observa que el consumo de cobre en artículos de consumo es mayor en Estados Unidos que en Japón y Europa. Esto se debe a que el aluminio se utiliza mucho más en construcción y trabajos eléctricos en los Estados Unidos que en otros países; además, este país ha promovido mucho la utilización del cobre en artículos de consumo.(39). A continuación se verá cómo es el consumo de cobre en los diferentes sectores.

A.- INDUSTRIA ELECTRICA.

En este sector el cobre se usa principalmente en alambres y cables. A nivel internacional, en los últimos años se ha venido presentando cierta tendencia a sustituir el cobre por el aluminio, principalmente en conductores de alta tensión. Actualmente, pocas líneas aéreas de transmisión son hechas de cobre, y en cables de potencia subterráneas, el cobre está siendo reemplazado por el aluminio en las escalas de bajo voltaje (hasta 10 k v), y en cables de alta tensión se sigue utilizando el cobre, pero los cables de bajo voltaje son cuantitativamente más importantes que los cables de grandes tensiones.

El sodio es otro competidor importante del cobre por su bajo precio. Haciendo una comparación se encuentra que, para una capacidad equivalente en cuanto a transmisión de corriente, el aluminio tiene cerca de 2.5 veces y el cobre aproximadamente 7 veces el precio del sodio. Aunque el cobre es el metal criógeno por excelencia, existen otros metales que pueden reemplazar el cobre como el plomo,

codmio y niobio que son superconductores a temperaturas criógenas- (temperaturas inferiores a 0°C).

La industria electrónica es un campo que está creciendo rá- pídamente. Esto hace que el cobre sea utilizado considerablemente- en sistemas de computadores de control de proceso, los que están siendo instalados en petroquímica, servicios públicos, textiles y en diversos sectores de la industria en en las que la producción - en gran escala exige la utilización de sistemas de computadores.

Se considera que la demanda de energía eléctrica aumenta a un ritmo de aproximadamente 8 % al año; y se espera que en los próximos años el consumo de cobre para la industria eléctrica au- mentará a un ritmo aproximado de 4 % anual

B.- SECTOR CONSTRUCCION.

También en este sector el cobre tiene competencias con o- tros materiales como el aluminio y plásticos. En países como Esta- dos Unidos, Japón, Inglaterra, Francia y otros, se está incremen- tando el uso de aluminio en construcción. Sin embargo, se espera que para el futuro se incremente el consumo de cobre, cuando se co- nozca mejor las propiedades de este metal. Así por ejemplo, se es- tá generalizando la utilización de tubos de cobre para los servi- cios de agua caliente y fría, calefacción y gas.

Se calcula que el índice de crecimiento de nuevas edifica- ciones es de aproximadamente 4 % al año; y se provee que el consu-

mo anual de cobre en este sector será también del mismo orden.

C.- INGENIERIA INDUSTRIAL.

Este sector comprende equipos de ingeniería mecánica, tuberías hidráulicas, equipos para centrales eléctricas, máquinas herramientas, intercambiadores de calor; destilerías, cervecerías, fábricas de papel y otros. En la fabricación de los diversos equipos, el cobre y sus aleaciones se enfrentan a la competencia de otros materiales como el acero inoxidable, el aluminio, y titanio (el que tiene una vida más larga que el cobre).

La fabricación de equipos industriales está en plena expansión; y se estima que el consumo de cobre aumentará a un ritmo aproximado de 4 % anual.

D.- TRANSPORTE.

En los Estados Unidos, el consumo de cobre en transporte, tuvo altibajos hasta antes de 1,970; y a partir de este año el consumo se ha incrementado en un valor cercano a 8 % anual. Se prevé que el consumo de cobre en los automóviles va a aumentar en muchos países desarrollados; y a largo plazo se espera un aumento considerable de la demanda ya que además se fabricarán vehículos eléctricos que podrían solucionar los problemas de contaminación ambiental. También, es importante considerar el consumo de cobre en la construcción de navíos (que está en etapa de crecimiento), así como para ferrocarriles.

En general, el consumo de cobre para la industria de transporte aumentará en forma paralela al aumento de la producción de vehículos y de la construcción de barcos (a un ritmo inferior); con el cual se provee un incremento de consumo de cobre del orden de 3.5 a 4 % al año.

D.- ARTICULOS DE CONSUMO Y OTROS USOS.

Este sector comprende los usos del cable y sus aleaciones - fundamentalmente para refrigeradoras máquinas lavadoras, radios, grabadoras y cuchillería.

Aunque en los últimos años ha bajado el consumo de artículos de cobre, Así como por ejemplo ha disminuído el mercado de alpaca platada con la aparición de artículos de acero inoxidable; sin embargo, como la demanda crece constantemente, se considera que el consumo de piezas de cobre y aleaciones en este sector aumentará a razón de aproximadamente 4 % al año.

Entre otros usos se considera que los mercados, en plena expansión, de sales de cobre y en especial los polvos de cobre y aleaciones usadas para piezas sintetizadas, serán importantes consumidores de este metal.

3.3.- PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DE COBRE.

A.- PRODUCCION NACIONAL

La producción nacional de cobre como concentrado, como blister y como cobre refinado, se ha mantenido casi en forma constante

desde 1,965 hasta 1,970. La producción de concentrado disminuyó desde 220,000 TM en 1,973 a 175,800 TM en 1,975 (ver cuadro N°V-5). Esto sucedió entre otras razones, como consecuencia del reflejo de la crisis económica mundial y debido a huelgas que se produjeron, así como la huelga de 28 días en la mina Toquepala (que produce más del 50 % de concentrado de cobre), y además, entre 1,973 y 1,975, la ley de cabeza de esta mina ha disminuído.

La producción de cobre blister en nuestro país se inició en 1,906 con la Cerro de Pasco Cortporation (ahora CENTROMIN PERU); y posteriormente con la puesta en marcha del yacimiento de Toquepala en 1,960, se incrementó la producción a unos 160,000 TM anuales. Esta producción se ha mantenido hasta 1,975. La producción de cobre refinado (cobre electrolítico), se inició en 1,948 con la instalación de una planta de refinación en la ciudad de La Oroya; con la cual el Perú empezó a producir 39,000 TM anuales. Esta producción se mantuvo hasta 1,976, año en que CENTROMIN PERU concluyó la expansión de su refinería de cobre en La Oroya, lo que le permitió aumentar su producción a 57,600 TM anuales. Así fué que el total de cobre refinado en el Perú llegó a 53,000 Tm en 1,975,

En 1,976, con el inicio de las operaciones en el yacimiento de Cuajone, el Perú incrementó su producción de concentrado y de cobre blister. Esto, sumado al aumento de la producción de la mina Toquepala, hizo que la producción de concentrado de cobre del Perú sea 789,500 TM en 1,976; producción con la cual el país vuelve a ser uno de los grandes productores de cobre. También, en ese

año, gracias al comienzo de la producción de la mina de Cuajone, el Perú llegó a producir 196,000 TM de cobre blister. Asimismo, en 1,976 el país aumentó su producción de cobre refinado, debido al comienzo de la producción de la Refinería de cobre en Ilo, alcanzándose una producción total de 134,000 TM de cobre refinado que constituye más del doble del total producido en 1,975.

En 1,977 se incrementará la producción de concentrados de cobre, de cobre blister y de cobre refinado (ver cuadro N°V-6). Estos incrementos se debe al aporte de la nueva mina Cuajone con el 47 % de la producción de cobre blister; y además la Refinería de Ilo aumentará su producción de cobre refinado hasta 120,000 TM. (que representa el 64% del total). Asimismo, se considera que a mediados de 1,977 entrará en producción la mina Cerro Verde Con una producción de 33,000 TM. de cobre electrolítico.

CUADRO N°V-5

PRODUCCION Y CONSUMO DEL COBRE EN EL PERU

(MILES TM)

Año	1972	1973	1974	1975	1976 ^(a)	1977 ^(a)
Concentrado	291.1	220.0	213.2	173.8	789.5	1127.5
Blister	175.2	173.0	179.8	156.2	196.0	327.2
Refinado	39.2	39.0	39.0	53.0	134.4	187.5
Consumo	6.0	6.0	8.1	11.0	9.5	

FUENTE: a) Ministerio de Energía y Minas, 1,977

Metal Statistics, Enero 1,977.

En el cuadro N°V-5 se observa que en 1,976 se registró las mayores producciones de concentrado, blister y refinado hasta ese año. En 1,977 la producción será aún mayor; y con las cifras indicadas el Perú pasará a ser el cuarto productor mundial de concentrado de cobre, Después de Estados Unidos, Rusia y Chile,; y será también un importante productor de cobre blister.

CUADRO N°V-6
PRODUCCION DE COBRE EN EL PERU
(AÑOS 1976 y 1977, EN MILES TM)

Descripción	Concentrado		Blister		Refinado	
	1976	1977	1976	1977	1976	1977
Centromín	104.9 (13.3%)	108.4 (9.6%)	55.2 (28.2%)	57.2 (17.5%)	45.6 (33.9%)	55.5 (29.6%)
Toquepala	428.0 (54.2%)	455.0 (40.3%)	103.0 (52.5%)	116.0 (35.4%)	88.8 (66.1%)	120.0 (64.0%)
Cuajone	128.4 (16.3%)	386.3 (34.3%)	37.8 (19.3%)	154.0 (47.1%)	-	-
Cerro Verde	-	-	-	-	-	12.0 (6.4%)
Otros	128.2 (16.2%)	177.8 (16.0%)	-	-	-	-
Total	789.5 (100%)	1127.5 (100%)	196.0 (100%)	372.2 (100%)	134.4 (100%)	187.5 (100%)

FUENTE: Minero Perú Comercial, 1,977.

Del cuadro anterior se deduce que los principales productos de concentrado de cobre son las minas Toquepala, Cuacone y Centromin Perú, que en conjuntos producen el 84% del total. Además, estas compañías son las únicas productoras de cobre blister. Las refinerías Ilo (Toquepala) y de La Oroya (Centromin) son las únicas productoras de cobre electrolítico.

Es conveniente anotar que hay un Proyecto de Expansión de la planta de Fundición y Refinería de Cobre de La Oroya, para aumentar su producción de cobre refinado de 58,000 TM/año a 73,000 TM/año; cantidad que se producirá a partir de 1,981 (40).

En cuanto a los que será la producción de cobre en el futuro, se estima que la producción global de cobre en el año 2,000 será de 1'500,000 TM finas (41). Esta cifra ha sido calculada en base a nuevos proyectos mineros que entrarán a producir a partir de 1,977, y que se muestra en el cuadro N° V-7.

CUADRO N° V-7

NUEVOS PROYECTOS MINERO-METALURGICOS EN EL PERU

Proyecto	Produc. Año		Proyecto	Produc. Año	
	(a)	(b)		(a)	(b)
Cuacone	140.0	1976	Cobriza	13.0	1980
Cerro Verde Oxidos	33.0	1977	Machiquillay	80.0	1980
Cerro Vde.Sta.Rsa.	135.0	1978	Berenguela	20.0	1981
Tintaya	70.0	1978	El Agulla	15.0	1982
Quellaveco	100.0	1979	Quechua	30.0	1982
Bambas	35.0	1980	Cañariacu	80.0	1984
Toromocho	83.6	1980	Pashpap	60.0	1984
Antamina	24.0	1980			

(a) Producción anual en miles de T.M.F.

(b) Año de entrada en producción.

FUENTE: Los Proyectos Míneros en el Perú hasta el año 2,000
L. Briceño, 1974.

Considerando la producción minera de cobre en el año 2000, la refinación de cobre tendrá un gran incremento. Una de las plantas más importantes será la refinería de cobre de Ilo, con una capacidad superior a los 300,000 TM por año. Se espera que en el futuro más próximo (a principios de 1,980), la producción de cobre refinado será aproximadamente 350,000 TM anuales; cuando se haga realidad la segunda etapa del Proyecto Cerro Verde, y se concluya la ampliación de la refinería de cobre de La Oroya.

B.- CONSUMO NACIONAL

El consumo nacional de cobre es aún ínfimo no obstante de que hay un ligero incremento anual desde que se incrementó la producción de alambón de cobre en 1,972 (ver cuadro N°V-8). En 1,970 el consumo de cobre era 3,100 TM; esta cifra se triplicó en 1,976, año en que se llegó a consumir aproximadamente 9,500 TM.

CUADRO N°V-8

CONSUMO ANUAL DE COBRE EN EL PERU			
Año	Consumo TM	Año	Consumo TM
1,965	2,000	1,971	4,700
1,966	3,600	1,972	6,000
1,967	3,100	1,973	6,000
1,968	3,300	1,974	8,100
1,969	3,300	1,975	11,000
1,970	3,100	1,976	9,500

FUENTE: World Metal Statistics, Enero de 1,977.

Como se observa en el cuadro anterior, a partir de 1,972 se aumentó el consumo de cobre; lo que sucedió debido a que en ese año Centromín Perú aumentó su producción de alambre de cobre hasta 7,319 TM. Actualmente cerca del 60% del alambre se consume en el país. Los principales consumidores de alambre de cobre son INDECO PERUANA Y CERPER (antes PIRELLI PERUANA), los que absorben aproximadamente el 92 % del consumo nacional de alambre. Estas empresas utilizan este producto para la fabricación de alambres y cables de alto voltaje, cables telefónicos y de alambres desnudos forrados magnéticos.

En el cuadro N°V-9, se especifica el consumo local del cobre. En este cuadro se observa que aproximadamente el 80% del consumo interno es como alambre de cobre.

CUADRO N°V- 9

CONSUMO APARENTE DE COBRE EN EL PERU

Productos	1,972		1,973		1,974		1,975	
	TM	%	TM	%	TM	%	TM	%
En alambre	4911	82.0	4724	78.1	6614	77.5	8889	80.8
Electrolítico	1071	17.9	1320	21.8	1909	22.4	2100	19.1
En láminas	5	-	2	0.1	3	-	6	-
En sulfatos	4	-	-	-	3	-	5	-
Total	3,991	100.0	6,046	100.0	8,529	100.0	11,000	100.0

FUENTE: Centromín Perú , 1,976.

Del total de cobre que se consume en el país, aproximadamente el 72% se usa en la fábrica de conductores eléctricos, el 11% se destina para la preparación de productos químicos y reactivos mineros, el 9% en aleaciones, el 6% en manufactura de cerrajería y el 2% restante en orfebrería y usos navales (42).

En cuanto al consumo per cápita, ésta aumentó muy poco desde 0.16 Kg. de cobre por persona en 1,965, hasta 1,970 en que se registró 0.26 Kg. Cu/persona. Esta cifra ha ido aumentando ligeramente hasta llegar a aproximadamente 0.68 Kg. de cobre por persona en 1,976.

El consumo de productos semielaborados de cobre y aleaciones, Así como de productos obtenidos por fundición se especifica más adelante.

4.- PRODUCCION Y CONSUMO EN PRODUCTOS SEMIELABORADOS DE COBRE Y ALEACIONES.

A.- PRODUCCION DE SEMITERMINADOS EN EL PERU.

En la actualidad, las únicas empresas productoras de semiterminados de cobre y aleaciones son: CENTOMIN PERU, que produce principalmente alambro de cobre, y muy pequeña cantidad de láminas de cobre; Candados Peruanos Sociedad Anónima (CAPESA), la cual produce barras de cobre y aleaciones, láminas planas y flejes de cobre y aleaciones, tubos sin costura de cobre y aleaciones, y perfiles de aleaciones de cobre; Metales Industriales Sociedad A-

nónima (METINSA), empresa que produce láminas y platinas de cobre, tubos sin costura de cobre, barras de aleaciones de cobre y alambión de aleaciones de cobre, METALES BERA que produce aleaciones especiales de cobre, y METALES CHAVIN que es la última empresa que ha entrado en producción de barras de aleaciones de cobre.

En el cuadro N°V-10 se muestra la producción semiterminados por empresas durante el año 1,975. En este cuadro se observa que la mayor producción es de alambión de cobre que representa el 95% de la producción total de semiterminados. Además se observa que entre CAPESA Y METINSA cubren la producción de láminas, platinas y flejes de cobre; y éstos son también las únicas productoras de perfiles de aleaciones de cobre y tubos sin costura respectivamente. Por otro lado, la nueva empresa Metales Chavín produjo cerca del 70 % de barras de aleaciones de cobre durante el año 1,975.

CUADRO N°V-10
PRODUCCION DE SEMITERMINADOS DE COBRE POR EMPRESAS
(AÑO 1975)

Empresa	Productos	Producción T.M.	Porcentaje de produc.
Centomín Perú	Alambión de cobre.	12940	100.0
	Láminas de cobre.	4	1.4
Capesa	- Perfiles de aleac de Cu.	48	100.0
	Láminas,platinas,flejes.	215	86.0
	Láminas ,platinas de Cu.	31	12.6
Metinsa	- Tubos sin costura.	70	100.0
	Barras de aleaciones de Cu.	44	29.1

Metales Bera	Aleaciones especiales de Cu.	130	100.0
Metales Chavín	Barras de Aleaciones Cu.	106	70.9
Total		13,588	

FUENTE: Oficina de Estadísticas del Ministerio de Industria y Turismo. 1,976.

Es conveniente anotar que algunas de las empresas mencionadas, producen, además aleaciones de otros metales. Así por ejemplo, Metales Bera tiene el 92% (4,035 TM) de la producción de Zamac (aleación de Zn-Al), y el 100% de la producción de aleaciones de plomo antimonial (92 pb-8sb) y láminas de plomo. En general, esta empresa junto con Centromín producen más del 90% del total de aleaciones no ferrosas producidas en el país.

Del total de la producción de semiterminados no ferrosas (23,370 TM), el cobre y sus aleaciones representan el 58%, durante el año 1,975. El año anterior representaba el 38% del volumen total y esto se debió a que en 1,975 se registró un descenso casi igual a la mitad de la producción de Zamac con respecto al año 1974. Esto se puede observar en el cuadro N°V-11, que da la producción de semiterminados de cobre y aleaciones.

CUADRO N°V-11

PRODUCCION DE SEMITERMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES EN EL PERU
(EN T.M.)

Productos	1966	1968	1970	1973	1974	1975
Alambrón		3000	2750	9573	14587	12940
Aleaciones de cobre	113	38	31	93	209	130
Barras	30	37	86	220	162	150
Perf.de cobre, bronce			2	114	40	48
Láminas, plat.y flejes	122	66	49	274	435	250
Tubos sin costura		45	32	10	14	70
Total de cobre y aleac.	265	3257	2950	10284	15447	13588
Total de Aleaciones no Ferrosas				44950	35754	23377

FUENTE: Oficina de Estadística Industrial del Ministerio de Industria y Turismo, 1,976.

Como se observa en el cuadro N°V-11, la producción de semiterminados de cobre y aleaciones se ha incrementado de 265 T.M. en 1,966 hasta 13,588 T.M. en 1,975. Esto se debe fundamentalmente que en 1,968 se inició la producción de alambrón de cobre, cuya producción como ya se vió antes, representa más del 90% del volumen total.

Sin considerar el alambrón de cobre, se deduce que la producción de semiterminados no ha aumentado considerablemente desde

1,966, año en que se produjo 265 T.M., esta cantidad aumentó hasta 860 T.M. en 1,974 y 648 T.M. en 1,975. De estos volúmenes producidos, aproximadamente el 40% es de láminas, platinas y flejes de cobre y aleaciones.

Del cuadro de producción de semiterminados se ve que en los últimos años ha habido una tasa de crecimiento variable de 45 a 55% hasta el año 1,974, año en que se registró la mayor producción con 15,447 T.M.; cantidad que decreció en los siguientes años. Se espera que el descenso de la producción continúe en 1,977; ya que los principales productores de semiterminados de cobre y aleaciones como metales Bera, Capesa y Centromfn han registrado evidentes bajas en su producción, especialmente las dos primeras empresas. Esta disminución se ha sentido aún más en el segundo semestre de 1,976- y a principios de 1,977; ya que parte de las instalaciones de algunas empresas han tenido que parar momentáneamente.

Como se dijo antes, es evidente que esta baja en la producción se deba, entre otros casos, al efecto de la crisis económica-mundial que se comenzó a sentir en 1,974 y que se ha hecho más notable en los siguientes años. Además, no puede dejarse de lado el efecto causado por la devaluación de la moneda peruana en aproximadamente 60 %, ocurrida a mediados de 1,976.

B.- IMPORTACION DE SEMITERMINADOS.

La importación de semiterminados de cobre y aleaciones ha tenido una tendencia decreciente desde el año 1,965 en que se impor

tó unas 1,200 T.M., cantidad que disminuyó hasta 500 T.M. en 1,970. Esta tendencia cambió en los años 1,971 y 1,972, años en que aumentó las importaciones con respecto a los años anteriores (ver cuadro N°V-12).

En el año 1,972, aproximadamente el 65% del volúmen total importado, estuvo constituido fundamentalmente por productos planos como chapas, hojas y tiras (42). Observado el cuadro mencionado antes, se puede ver también que los tubos y barras huecas representan entre el 15 y 20 % del total de las importaciones. Asimismo, se ha importado regular cantidad de productos no planos como barras, perfiles y alambres de cobre; estos productos han sido sustituidos gradualmente por la producción nacional, y en especial barras de aleaciones cobre que desde 1,975 son cubiertas por la producción de Metales Chavín.

CUADRO N°V-12

IMPORTACION DE SEMITERMINADOS DE COBRE.

(T.M.)

Productos	1966	1968	1970	1971	1972	1974	1975
Barras y Perfiles	72	158	29	15	14	322	200
Alambre de cobre	130	52	62	60	80	510	142
Chapas	200	159	152	262	252	468	350
Hojas y Tiras	222	65	152	275	298	170	282
Tubos y Barras huec.	201	122	105	117	151	50	253
Total	283	556	500	729	795	1520	1227

FUENTE: Estadísticas Industriales-Seccción Estadística del Ministerio de Comercio, 1,976.

Las planchas y chapas de cobre, de las que se fabrica los radiadores, se han importado debido a que estos productos laminados en el país no cumplían con las especificaciones del mercado. En el cuadro N°V-11 se ve que los tubos de cobre, y en especial los tubos de bronce, se han empezado a producir en el año 1,968 ; pero se continúa con la importación principalmente de tubos de cobre.

El Perú importa semiterminados de cobre, especialmente como productos planos de Europa, Japón y algunos países del ALALC. Los principales proveedores en Latinoamérica son Chile y México. El país importa semiterminados de estos países en una cantidad que varía de 25 a 35% del volumen total importado (vercuadro N°V-13).

CUADRO N°V-13

IMPORTACIONES DE SEMITERMINADOS DE COBRE

(T.M.)

País de origen	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
Chile	52	83	130	140	152	245	610
México	70	30	68	75	82	240	82
Otros países	463	429	302	514	561	430	840
Total	585	552	500	729	795	915	1532

FUENTE: Diagnóstico del programa de metales no férricos. Oficina de Planeamiento y Promoción del Ministerio de Industria y Turismo. 1,975.

C.- CONSUMO DE SEMITERMINADOS.

La tasa promedio de consumo anual de semiterminados es aproximadamente de 4% anual. Se estima que esta tasa de consumo es considerablemente inferior a la tasa de consumo de otros países latinoamericanos. En el capítulo IV se hizo referencia al consumo de alambre de cobre. En cuanto al consumo de los otros semiterminados, se puede decir que es ínfimo debido a la poca producción (variable de 600 a 900 T.M.), y también a la pequeña importación de éstos (cantidad variable entre 500 y 800 T.M.). Además, casi no se importa semiterminados (sin considerar el alambre de cobre), a excepción de pequeñas cantidades a países vecinos como Bolivia. Una de las razones por la que los productores peruanos de semiterminados no puedan competir en el mercado internacional es debido a que la materia prima fundamental, el cobre, es comprado de CENTROMIN - según la cotización internacional, esto hace que el semiterminado producto tenga un precio relativamente mayor que otros del mercado exterior.

La demanda interna de semiterminados es principalmente como cables y conductores eléctricos, para la fabricación de radiadores en la industria automotriz, como motores eléctricos, reductores, conductores de fluidos, etc. Se calcula que el 80 a 85 % de la demanda interna es cubierta por la producción nacional. Es conveniente anotar que hay una tendencia a cubrir la demanda total interna, lo cual se va consiguiendo gradualmente; así hace 10 años no se alcanzaba el 70% de la demanda interna.

Dentro del Grupo Andino (GRAN), el Perú tiene una producción y consumo insignificante. El GRAN consume más del 90 % del total de semiterminados en forma de cables y alambres, y lo restante como producto plano. Todos los países del GRAN se autoabastecen de cables y alambres de cobre. Chile, que dejó de integrar el Pacto Andino en 1,976, es el único país que se autoabastece de productos planos. El mayor importador de semiterminados, en el GRAN, es Colombia; país que importa unas 40,000 T.M. anuales de semiterminados; Perú, Ecuador y Bolivia importan en una cantidad muy inferior.

La industria del cobre dentro de la ALALC se concentra principalmente en Brasil, México, Chile y Argentina; cuyas producciones de semiterminados representa cerca del 90 % del total de Latinoamérica. Estos países, a excepción de Chile y México, consumen internamente sus producciones. Dentro del GRAN, Colombia, con una producción aproximada de 20,000 T.M. anuales de semiterminados, tiene cerca del 80% del total producido; es además el mayor consumidor.

En el Perú, las plantas productoras de semiterminados de cobre y aleaciones tienen suficiente capacidad como para abastecer la demanda interna; pero debido a factores de orden técnico y económico no se puede cubrir la demanda nacional. Sin considerar la producción de alambres de cobre (el que ya se analizó en el capítulo N° IV), las empresas productoras de semiterminados trabajan utilizando menos del 30% de sus capacidades instaladas. Así por ejemplo, Capesa y Metinsa, que poseen casi toda la producción-

de semiterminados de cobre y aleaciones, tienen una capacidad ociosa de unos 70%.

5 - PRODUCCION Y CONSUMO EN PRODUCTOS OBTENIDOS POR FUNDICION.

En nuestro país la fundición de piezas fundidas de aleaciones de cobre es de unas 500 toneladas al año. La mayor producción es fundamentalmente de piezas de bronce, de diferente composición, que representa casi el 90% de la producción total de piezas de aleaciones de cobre.

Entre las principales fundiciones se tiene a Fundición Centrífuga S.A. Fundición Bronce Fosforoso, Mar de Cobre S.A., y Fundición Bronce H. Sidolne; cuyas producciones equivalen a aproximadamente el 55% de la producción nacional. Otras fundiciones son: Fundiciones Metalúrgicas S.A., Factoría Cárdenas, Fundición Salvador Valdivia S.A., Fundición Hernán Caballero, Fundición Hidrostat, etc. Además existen otras, cuya producción es de fundición ferrosa; y que producen también pequeñas cantidades de piezas de aleaciones de cobre que son destinados fundamentalmente para el consumo interno de la misma planta.

Las importaciones en productos fundidos de cobre y aleaciones fueron en 1,972 alrededor de 200 T.M. La cantidad de piezas que se importa como repuestos o integrados en máquinas y equipos se estima que es del orden de 300 toneladas (43). Se ha exportado muy pequeñas cantidades a Bolivia y Ecuador. En cuanto a la demanda interna de productos fundidos de cobre y aleaciones, se calcula

que es próxima a las 1,000 T.M. al año.

A continuación se muestra la producción de piezas de aleaciones de cobre, de algunas de las principales fundiciones que hay en el país. Se observa que la mayor producción es de las aleaciones SAE 40, SAE 42, SAE 64, y otros.

Fundición Bronce H. Sidolne.- Tiene una producción de 7 toneladas al mes. La producción es exclusivamente de bronce; se utiliza como materia prima catarra de bronce y cobre, plomo y estaño-refinado y cuprofósforo en polvo (15% P y 85% Cu). Las principales aleaciones producidas son:

Bronce fósforoso: 85% Cu, 5% Pb, 5% Sn, 5% Zn, 0.1% p. Esta aleación constituye el 80% del total producido . Se le utiliza básicamente para bocinas que soportan velocidades hasta de 1800-1900 rev/minuto.

- Aleación SAE 64: 80% Cu, 10% Sn, 10% Pb. También se le aplica como bocinas para alta fricción y fuertes presiones. Resiste velocidades mayores de 2,000 revoluciones por minuto.
- Bronce dulce: 60% Cu, 39% Zn, 1% Mn. se le emplea como pernos, tuercas, ejes pequeños, en grifería, etc.
- Aleación SAE 62: 88% Cu, 10% Sn, 2% Zn. Se utiliza en válvulas de aire de alta presión. accesorios navales, etc.

Fundición Centrífuga S.A.- La producción que llega a 5 Ton/mes, es fundamentalmente de barras y bocinas de bronce. El diámetro y longitud de las barras varía de 1 a 12 pulgadas. Las bocinas

tienen diámetros interiores variables. Como materia prima emplean chatarra de bronce. Algunas de las principales aleaciones producidas en esta fundición son las siguientes:

Aleación. Composición (%). Aplicaciones.

SAE 40	Cu: 84 - 86 Sn: 4 - 6 Zn: 4 - 6 Pb: 4 - 6	Se usa ampliamente en aplicaciones hidráulicas, y en general donde se requiere un bronce de características medias
SAE 62	Cu: 86 - 87 Sn: 9 - 11 Zn: 1 - 3	Tiene resistencia al desgaste y al ataque químico ácido. Se usa en engranaje, elementos de máquinas, etc.
SAE 64	Cu: 78 - 82 Sn: 9 - 11 Pb: 8 - 11	Para bombas de pozo profundo, en equipo pesado para construcción, en poleas mecánicas, etc.
SAE 67	Cu: 75 - 79 Sn: 63 - 75 Pb: 13 - 16	Tiene excelentes propiedades antifricción, apropiado para altas velocidades del eje y cargas medias, etc.

Fundición Bronce Fosforoso.- La producción es de aproximadamente 5 Ton/mes. Las principales aleaciones producidas son: bronce SAE 40 (3 Ton/mes), bronce SAE 62 (1 Ton/mes) y bronce SAE 64 (1 Ton/mes). Emplean como materia prima chatarra de bronce, y además a las aleaciones se le adiciona menos de 1% de fósforo. La producción de bocinas de bronce es de unas 20 Ton/año, igual cantidad se produce de barras de bronce, así como de piezas de bronce especial

Salvador Valdivia S.A.-Tiene una producción promedio de 12 Ton/año; su producción es básicamente de bronce SAE 64, SAE 660 , SAE 62, y otros.

Producción (Kg).	1,972	1,973	1,974
Piezas en bronce	6,567	10,725	8,272
Piezas en bronce SAE 64	3,981	2,973	2,096
Piezas en bronce SAE 62	75	685	152
Piezas en bronce SAE 660	3,019		1,827

FUENTE: Declaración Jurada de la Empresa. 1,975.

Fundición Metalúrgica.- La producción anual es de aproximadamente 25 Ton/año. El cuadro de producción es el siguiente.

Producción (Kg)	1,973	1,974	1,975
Barras de bronce	10,800	15,000	10,000
Boinas de bronce	3,100	8,800	14,000
Chumaceras de bronce	200	400	800
Tuercas, pernos de bronce	265	450	1,810
Total	14,365	24,600	26,600

FUENTE: Declaración Jurada de la Empresa. 1,976.

C A P I T U L O V

PROYECTOS DE INDUSTRIALIZACION DEL COBRE

En este capítulo se tratarán tres aspectos importantes, los que en definitiva constituyen la culminación de este trabajo. Primero se tratará sobre las aleaciones de cobre de uso industrial en el que se hará referencia a las generalidades, propiedades, elaboración y aplicaciones de los diferentes tipos de aleaciones de cobre. Otro aspecto que se tocará es sobre las aleaciones de cobre producidos en el Perú. Finalmente se expondrá las posibilidades de utilización del cobre en el Perú.

1.- ALEACIONES DE COBRE DE USO INDUSTRIAL.

En el capítulo III se expuso las propiedades y aplicaciones principales del cobre refinado. La propiedad más importante del cobre es su conductividad eléctrica, siendo este metal el mejor conductor de la electricidad, después de la plata. Otra propiedad importante del cobre consiste en su capacidad de formar aleaciones con otros metales. Esta propiedad le confiere gran aplicación para diversos usos, y en especial para los que requieran gran resistencia mecánica, buena maquinabilidad, resistencia a las elevadas temperaturas, etc.

El cobre aleado con el zinc, estaño, aluminio, níquel, etc; forma varias aleaciones importantes (44). El Consejo Internacional

para el Desarrollo del Cobre (CIDECA), ha publicado las Hojas de Datos del Cobre; en las que se encuentra una gama completa de las aleaciones de cobre, agrupados en once diferentes grupos. A continuación se describirá las principales aleaciones.

1.1.- LOS LATONES.

Las aleaciones cobre-zinc se clasifican por orden creciente del contenido de zinc, de la siguiente manera:

Aleación	Composición (% en peso)
Cu Zn 5 (similar 95)	Cu: 94.0 - 96.0 ; Zn: resto
Cu Zn 10 (similar 90)	Cu: 89.0 - 91.0 ; Zn: resto
Cu Zn 15 (similar 85)	Cu: 84.0 - 86.0 ; Zn: resto
Cu Zn 20 (similar 80)	Cu: 78.5 - 81.5 ; Zn: resto
Cu Zn 28	Cu: 71.0 - 73.0 ; Zn: resto
Cu Zn 30	Cu: 68.5 - 71.5 ; Zn: resto
Cu Zn 33 (latón 67)	Cu: 65.5 - 68.5 ; Zn: resto
Cu Zn 37 (latón 63)	Cu: 62.0 - 65.5 ; Zn: resto
Cu Zn 40 (metal muntz)	Cu: 59.0 - 62.0 ; Zn: resto

Para entender bien el comportamiento de las aleaciones cobre-zinc, se presenta el diagrama de equilibrio correspondiente en la figura VI-1. En esta figura se observa que la temperatura de fusión disminuye regularmente al aumentar el contenido de zinc.

A temperatura ambiente, los latones comerciales están constituidos por la fase α hasta unos 36% de zinc y por la mezcla de

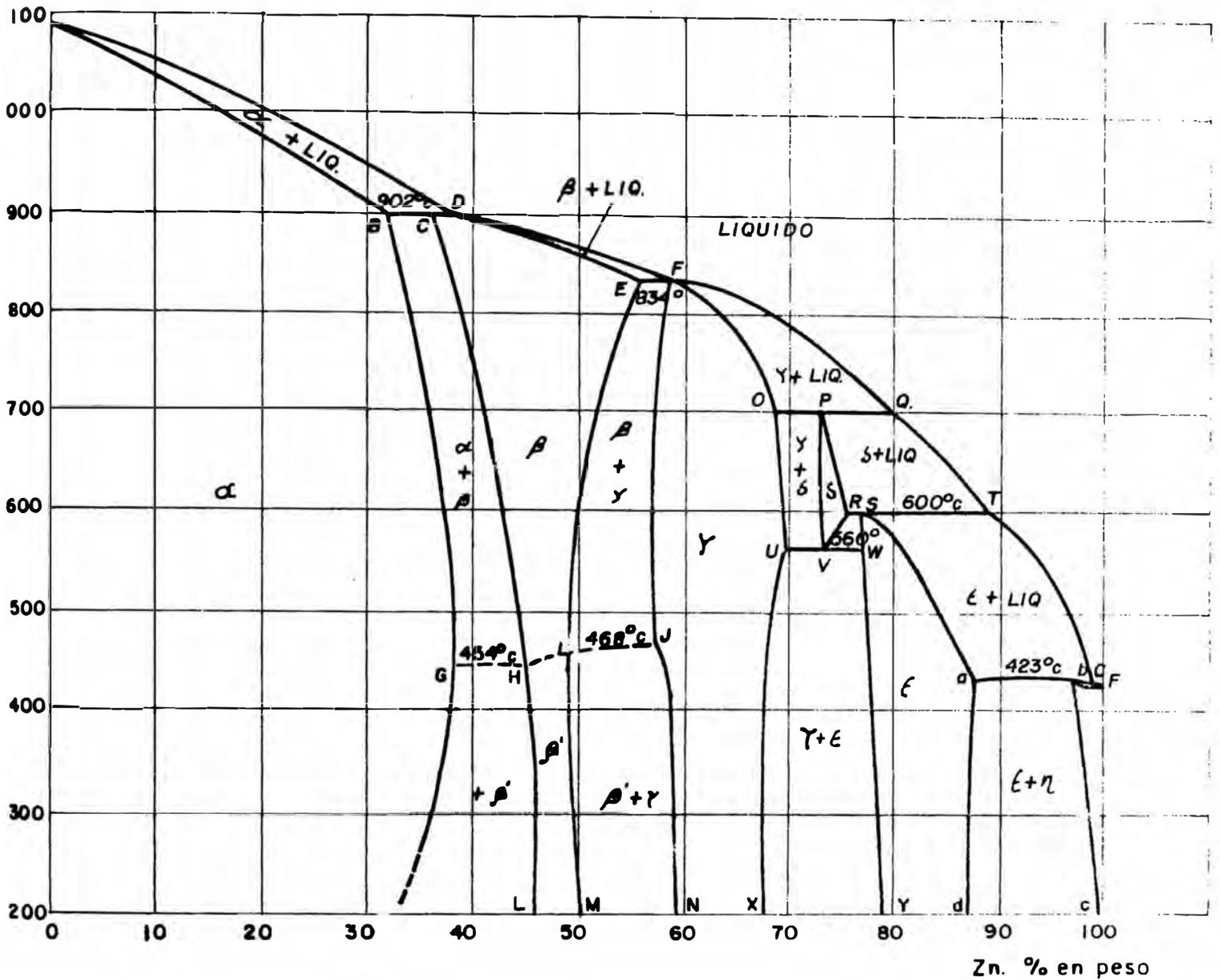


Fig. VI-1 Diagrama de equilibrio cobre - zinc

Tabla VI-1 Propiedades mecánicas de los latones a temperatura ambiente (productos planos).

Designación			CuZn5	CuZn10	CuZn15	CuZn20	CuZn28-30	CuZn33	CuZn37	CuZn40
Magnitud	Unidad	Es-tado								
Resistencia a la tracción	kg/mm ²	R	27	28	31	32	35	36	36	38
		F	34-43	32-48	34-48	42-57	38-60	39-63	39-63	45-52
Límite elástico	kg/mm ²	R	10	10	13	13	14	14	14	16
		F	24-38	20-42	25-42	30-48	23-55	25-57	25-57	32-45
Alargamiento	%	R	45	48	40	51	57	55	53	40
		F	20-4	30-5	30-10	50-5	40-5	38-2	35-2	25-8
Dureza Brinell		R	65	60	80	80	80	80	80	85
		F	85-120	75-125	85-135	115-155	95-160	100-165	100-165	125-145
Resistencia a la cizalladura	kg/mm ²	R	20	21	23	24	26	27	27	29
		F	24-26	22-29	24-31	29-32	27-33	28-34	28-34	32-34

R = estado recocido
F = estado de forja

las fases α + B' para contenidos mayores de 36% de zinc. La fase α es una solución sólida de zinc en cobre. Es maleable en frío ; si está exenta de plomo es maleable en caliente. Las conductividades eléctrica y térmica disminuyen rápidamente con las primeras adiciones de zinc, luego más lentamente. En el campo de la fase α , la resistencia a la tracción, el límite elástico, el alargamiento y la dureza aumentan con el contenido de zinc, la maleabilidad en frío aumenta progresivamente cuando el contenido de zinc pasa de 0 a 30%.

La fase B', estable a temperatura ambiente, proviene de la fase B, estable a temperatura elevada, por una transformación que se produce hacia los 460°C. La fase B es maleable, y la fase B' es dura y frágil.

Los latones monofásicos, con menos de 36% de zinc, pueden ser trabajados en frío y en caliente. Los latones bifásicos, con más de 36% de zinc deben ser trabajados por encima de 600°C. Los latones con más de 40% de zinc son excesivamente frágiles y difíciles de trabajar en frío.

A.- PROPIEDADES.

El color de los latones varía del rosa, para los similares, hasta el amarillo dorado, para los latones Cu Zn 28-30. Para mayores contenidos de zinc el cobre vuelve a ser rojizo. Las principales propiedades físicas de los latones, a 20°C, se indican en la tabla VI-2.

Tabla VI- 2 Propiedades físicas de los latones.

Designación			CuZn5	CuZn10	CuZn15	CuZn20	CuZn28-30	CuZn33	CuZn37	CuZn40
Magnitud	Unidad	Estado								
Densidad	g/cm ³		8,85	8,80	8,75	8,65	8,55	8,50	8,45	8,40
Intervalo de fusión	°C		1055-1070	1025-1045	1000-1025	970-1010	910-965	902-940	902-940	895-900
Coefficiente de dilatación térmica (25-100 °C)	°C ⁻¹		0,000017	0,000018	0,000018	0,000018	0,000019	0,000019	0,000019	0,000020
Calor específico (a 20 °C)	cal/g °C		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Conductibilidad térmica (a 20 °C)	cal cm/cm ² s °C		0,56	0,45	0,38	0,33	0,29	0,29	0,30	0,30
Conductibilidad eléctrica volumen (a 20 °C)	m/Ω mm ²	R	32	26	21	19	16	16	15	16
	% IACS	R	56	44	37	32	28	28	26	28
Resistividad eléctrica volumen (a 20 °C)	μΩ cm	R	3,1	3,9	4,7	5,4	6,2	6,6	6,6	6,2
Coefficiente térmico de la resistencia eléctrica (0 a 100 °C)	°C ⁻¹	R	0,0023	0,0019	0,0016	0,0015	0,0015	0,0016	0,0017	0,0020
Módulo de elasticidad (20 °C)	kg/mm ²	R	13 000	12 700	12 400	12 100	11 700	11 400	11 100	10 400
		F	12 300-13 000	12 000-12 700	11 400-12.400	10 600-12.100	9 900-11 700	9 700-11 400	9 700-11 100	9 600-10 400
Módulo de rigidez (20 °C)	kg	R	4 750	4 650	4 550	4.400	4 150	4 050	4 000	3 900
		F	4 500-4 750	4 400-4 650	4 300-4 550	4 150-4 400	3 100-4 150	3 600-4 050	3 550-4 000	3 500-3 900

R = estado recocido. F = estado de forja.

Sobre las propiedades mecánicas a temperatura ambiente, éstas están indicadas en la tabla VI-1, para productos planos. Se observa que las características mecánicas son bastante bajas en el estado recocido, y mejoran considerablemente con la forja. Se nota también que las características mecánicas aumentan con el contenido de zinc.

A bajas temperaturas sucede una elevación de las propiedades mecánicas. Por ejemplo, la resistencia a la tracción en estado recocido a -195°C aumenta en 40% aproximadamente. Por otro lado, a temperatura elevada, los latones sufren una disminución de sus propiedades mecánicas. A temperaturas superiores a 200°C , los latones ordinarios no deben ser utilizados.

Las propiedades químicas de los latones Cu Zn 5, Cu Zn 10 y Cu Zn 15 difieren poco de las del cobre puro. Su pequeño contenido de zinc los hace poco sensibles a la tensocorrosión, que es un fenómeno que consiste en una fisuración de las piezas con tensiones internas o externas y expuestas a ciertos agentes corrosivos (como las atmósferas urbanas y el amoníaco). El fenómeno se evita con un recocido de eliminación de tensiones entre 200 y 300°C . La resistencia a la corrosión de los latones es muy variable según el agente corrosivo.

B.- ELABORACION.

a) -MAQUINADO.- Se fija un índice de maquinabilidad 100 para el latón de corte; estos cobres tienen un índice que va de 20

para el Cu Zn 5 hasta 40 para el Cu Zn 40. La mejor maquinabilidad del Cu Zn 40 se debe a la existencia de la fase B^{II}, que es dura y muy frágil a temperatura ambiente, lo que facilita la fragmentación de las virutas.

b)-UNION.- Todos los latones son fáciles de soldar por soldadura blanda y soldadura fuerte. La soldadura oxiacetilénica también es buena en estos latones. No son recomendables para soldadura al arco con electrodo de carbón y con electrodo revestido. Los latones hasta con 20% de Zn, no presenta dificultades a la soldadura autógena.

c)-CONFORMACION.- Los latones Cu Zn 5, Cu Zn 10 y Cu Zn 15 se trabajan bien en frío por cualquier procedimiento de deformación plástica. Sus temperaturas de recocido están comprendidos entre 425 y 700°C. Se les trabaja con bastante facilidad en caliente entre 750 y 850 °C. El latón Cu Zn 20 posee un comportamiento semejante a los anteriores; pero se trabaja peor en caliente que el Cu Zn 15; y la forja en caliente se puede efectuar entre 800 y 900°C.

Los latones Cu Zn 28 y Cu Zn 30 tienen propiedades muy semejantes. Presentan una excelente maleabilidad, propiedad que es útil para las municiones, en la fabricación de los casquillos. La temperatura de recocido está entre 425 y 750°C; y la temperatura de forja en caliente está entre 750 y 900°C. Se puede utilizar latón Cu Zn 33 en vez de Cu Zn 30; aunque su maleabilidad en caliente es un poco peor que la del Cu Zn 30.

Los latones Cu Zn 37 y Cu Zn 40, en cambio, son difícilmente deformados en frío, pero tienen buena plasticidad en caliente. En el latón Cu Zn 40, los recocidos después de la deformación en frío se efectúan entre 425 y 600 °C.

C.- APLICACIONES.

El latón Cu Zn 5 se trabaja fácilmente en frío y caliente. Se le emplea mucho en bisutería de fantasía. También se le utiliza para la fabricación de discos para moneda e insignias, y en cartuchería para fabricar fulminantes y fundas de balas. El latón Cu Zn 10 tiene aplicaciones semejantes, con la diferencia que sus propiedades mecánicas son algo superiores.

El latón Cu Zn 15, denominado similar 85 por su color muy parecido al del oro, se le utiliza para bisutería de fantasía y de decoración. Por ser maleable y tener excelente resistencia a la corrosión por el agua, se le utiliza en casquilla de lámparas, aparatos eléctricos, tubos flexibles, tubos de cambiadores de calor, etc.

El latón Cu Zn 20 se utiliza en artículos de decoración, instrumentos musicales, telas metálicas, etc. Los latones Cu Zn 28 Cu Zn 30, Cu Zn 33 y Cu Zn 37 tienen aplicaciones análogas; siendo las dos primeras utilizadas para la fabricación de estuches y de casquillas para artillería e infantería, para instrumentos de música, tornillería, accesorios de fontanería sanitaria, radiadores de automóvil, etc.

1.2.- BRONCES.

Los bronce son aleaciones de cobre y de estaño principal -

mente; pudiendo contener otros elementos como el zinc y plomo que mejoran ciertas propiedades.

Las propiedades de los bronce se comprenden mejor observando el diagrama de fases correspondiente mostrado en la fig. VI-2. La fase α , que se presenta hasta un contenido de 16% de estaño, es maleable en frío y en caliente. A mayor contenido de estaño aparece una fase δ que es dura y frágil. En la práctica, los bronce para forja no tienen más de 10% de estaño. Por encima de 540°C, la fase δ se transforma en una fase γ que, a su vez, se transforma en fase β por encima de 586°C. El compuesto $\alpha + \delta$ se llama "compuesto δ ".

Los principales bronce son: Cu Sn 2, Cu Sn 4, Cu Sn 5, Cu Sn 6, Cu Sn 8, Cu Sn 10, Cu Sn 12, Cu Sn 14 y Cu Sn 20. Los primeros seis son bronce para forja, los otros son bronce para moldeo.

En los bronce con zinc, Cu Sn 4 Zn 4 y Cu Sn 10 Zn 2, el zinc es más barato que el estaño y disminuye el costo de los bronce. En el metal líquido el Zinc actúa como desoxidante y facilita el desgaseado del baño. En la aleación *solidificada* el zinc disminuye la proporción del "compuesto δ " y aumenta la maleabilidad del bronce.

Los principales bronce con plomo son: Cu Sn 10 pb 5, Cu Sn 8 pb 15 y Cu Sn 5 pb 20. El plomo es insoluble en los bronce y se aísla en forma de glóbulos finos y homogéneamente repartidos en la aleación. Con contenidos inferiores a 7% de plomo se me-

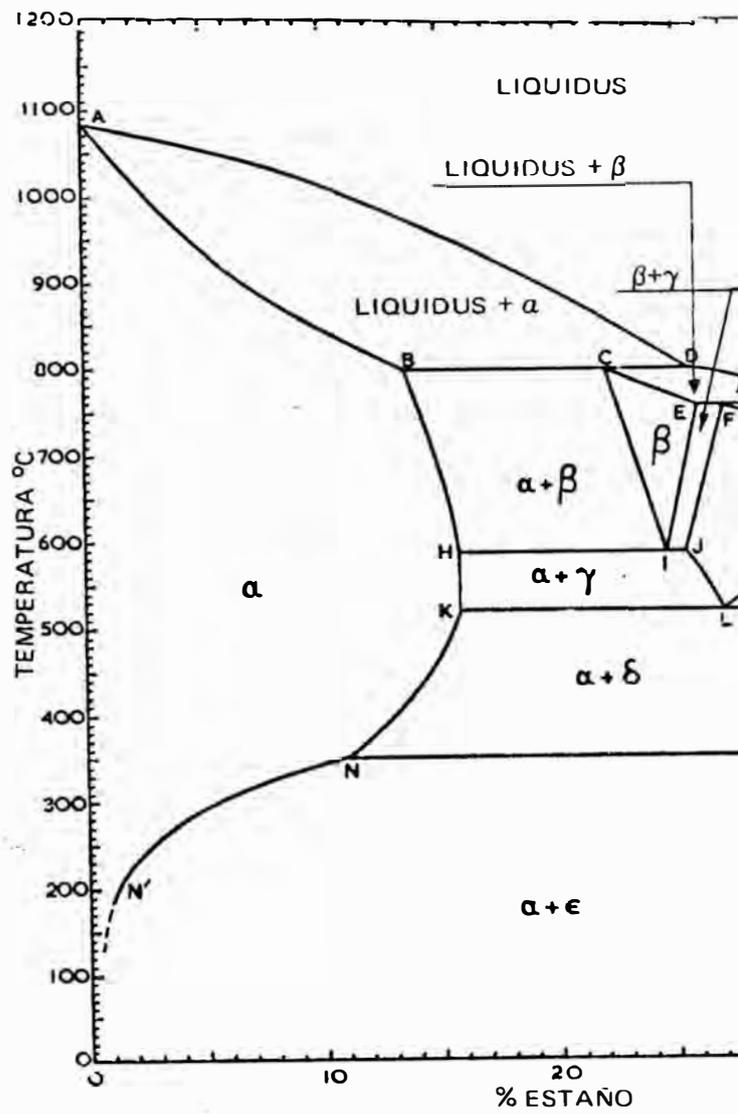


Fig. VI-2 Diagrama de equilibrio cobre-estaño.

jora la maquinabilidad de las piezas coladas; y con 7 a 30% de plomo se consigue buena resistencia a la fricción.

A.- PROPIEDADES.

Las principales propiedades físicas de los bronce se muestra en la tabla VI-3. Con contenidos de hasta 5 % de estaño los bronce son rosados y a mayores contenidos toman un tono dorado cada vez más oscuro, hasta empalidecer.

Las características mecánicas de los bronce monofásicos aumentan con el contenido de estaño; y pueden adquirir por forja (laminaación, trefilado, estirado en frío) características relativamente elevadas. Los bronce más frecuentes en fundición son los bronce bifásicos, cuyas características dependen del contenido de "compuesto", el que aumenta según el contenido de estaño y también mediante el tratamiento térmico de temple. Las propiedades mecánicas se observan en la tabla VI- 4.

Los bronce de estaño son las aleaciones de cobre más resistentes a la corrosión; pero son sensibles a la corrosión por los ácidos oxidantes, las soluciones amoniacales, por el azufre, por los cianuros y por las bases fuertes.

B.- ELABORACION.

a)-MAQUINADO.-El índice de maquinabilidad de los bronce ordinarios es 20 para la mayoría, a excepción del Cu Sn 12 y Cu Sn 14

Tabla VI-3 . Propiedades físicas de los bronce binarios (bronce fosforosos)

Material		CuSn2	CuSn4	CuSn5	CuSn6	CuSn8	CuSn10	CuSn12	CuSn14
Magnitud	Unidad								
Densidad	g/cm ³	8,9	8,85	8,85	8,80	8,80	8,80	8,9	8,9
Intervalo de fusión	°C	1000-1080	950-1070	930-1060	900-1050	860-1040	830-1020	820-990	800-970
Coeficiente de dilatación lineal (20-100 °C)	°C ⁻¹	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,000017	0,0000185	0,0000185
Calor específico (20 °C)	cal/g °C	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Conductividad térmica (20 °C)	cal cm/cm ² s °C	0,35-0,55	0,15-0,28	0,15-0,23	0,11-0,16	0,11-0,15	0,10-0,12	0,14	0,21
Conductividad eléctrica (volumen) (20 °)	m/Ω mm ²	15-29 (a)	8,7-15	7,5-10	6,4-8,7	5,8-8,1	5,8-7	6,5	5
	% IACS	25-50 (a)	15-25	13-18	11-15	10-14	10-12	11,5	8,8
Coeficiente térmico de la resistencia eléctrica (0 a 20 °C)	°C ⁻¹	0,0013-0,0029 (a)	0,0007-0,0013	0,0007-0,0009	0,0006-0,0007	0,0006-0,0007	0,0006	0,0006	0,0005
Módulo de elasticidad (20 °C)	kg/mm ²	12.500	11.200-12.200	10.800-12.400	9.000-12.000	9.000-11.400	8.400-11.000	9.500	9.200
Módulo de rigidez (20 °C)	kg/mm ²	4.600	4.150-4.500	4.000-4.600	3.300-4.500	3.300-4.200	3.100-4.100	—	—

(a) Dentro del intervalo de composición indicado, el contenido de estaño influye notablemente sobre la conductividad y la resistividad eléctricas.

Tabla VI- 4 Propiedades mecánicas de los bronce binarios a temperatura ambiente (chapa y banda).

Material			CuSn2	CuSn4	CuSn5	CuSn6	CuSn8	CuSn10	CuSn12	CuSn14
Magnitud	Unidad	Estado								
Resistencia a la tracción	kg/mm ²	R	28	33	35	37	42	44	28	25
		F	34-53	40-66	43-72	45-80	50-85	70-88	—	—
Límite elástico	kg/mm ²	R	11	13	13	15	17	19	16	17
		F	23-50	25-58	28-62	32-76	40-82	64-85	—	—
Alargamiento	%	R	45	50	55	60	65	65	15	5
		F	25-3	35-2	38-2	35-2	32-1	17-1	—	—
Dureza Brinell		R	60	70	75	80	85	95	95	115
		F	90-150	115-195	120-205	130-225	150-240	195-245	—	—
Resistencia a la cizalladura	kg/mm ²	R	21	25	26	26	31	33	—	—

R = estado recocido

F = estado de forja

que tienen un valor de 50. Los bronce con plomo tienen un índice que llega a 90.

b)-UNION.- Los bronce se pueden soldar fácilmente por soldadura blanda y fuerte; sólo hay dificultad en el caso de bronce con alto contenido de plomo. Las aleaciones para soldadura puedan ser cobres con fósforo o soldadura con plata.

c)-CONFORMACION.- Los bronce que tienen menos del 8% de estaño son fáciles de deformar en frío. La temperatura de trabajo en caliente para el Cu Sn 2 es de 750-875°C; y para el Cu Sn 5 es de 650-750°C. Para cantidades de estaño superiores a 5%, la maleabilidad en caliente es casi nula. Los bronce con plomo son poco maleables en frío y en caliente.

d)-MOLDEO- La temperatura de colado varía según la composición, siendo de 1,120-1,200°C para el Cu Sn 2 y de 1,060 - 1,130°C para el Cu Sn 10. La fusión se efectúa en un medio ligeramente oxidante y se termina con la desoxidación con fósforo.

Durante la solidificación si existe tendencia a segregación, formándose fases con contenidos variables de estaño. Este fenómeno se evita aumentando la velocidad de enfriamiento; por lo que se recomienda la colada en coquilla en vez que en arena. La colada continua da también buen resultado.

C.- APLICACIONES.

Los bronce forjados se utilizan como alambres, bandas, barras y a veces como tubos, para la fabricación de alambres para telas metálicas, tubos flexibles, piezas embutidas, tornillos y remaches formados en frío, muelles, etc.

Los bronce para moldes se venden a las fundiciones en forma de lingotes. Tienen buena aptitud para el moldeo y buena resistencia a la corrosión, por lo que se le utiliza para fabricar accesorios para líquidos, vapores y gases, hasta unos 225°C. También se utilizan en diversas piezas para fricción, cuerpos y radores de bombas para servicio con aguas de mar, cadenas, elementos de fijación y conexión, etc. Los bronce con 18 a 24 % de Sn se utilizan para la fabricación de campanas.

Los bronce con zinc tienen casi las mismas aplicaciones que los bronce ordinarios, y son especiales para aplicaciones navales y para la fabricación de accesorios en contacto con vapores o productos químicos. Los bronce con plomo son excelentes metales anti-fricción en forma de cojines macizos.

1.3.- LOS CUPROALUMINIOS.

Los cuproaluminios son aleaciones binarias Cu-Al, con contenidos variables de aluminio. En muchos casos se adiciona otros elementos como el hierro, níquel, o manganeso, para obtener cuproaluminios complejos.

La aleación Cu-Al, tiene un diagrama de fases como se muestra en la figura VI-3. En el diagrama de equilibrio la fase α , que es solución sólida de aluminio en el cobre, llega hasta el 9.4% Al. A mayor contenido de Al, aparece otra fase γ_2 . Por encima del campo $\alpha + \gamma_2$ se tiene la fase β , a la temperatura de transformación de 565°C; esta fase se puede mantener a temperatura ordinaria mediante un temple.

El efecto de la adición de hierro es para frenar la velocidad de transformación y obtener una estructura $\alpha + \gamma_2$ fina y resistente. Además, mejora la resistencia al desgaste y a ciertos tipos de corrosión.

El níquel tiene un efecto semejante al del hierro. El manganeso afina la estructura, lo que mejora las características mecánicas.

Los cuproaluminios más comunes tienen la siguiente composición:

Aleación	Composición (% en peso)
Cu Al 5	Al: 4.0-6.5%; Ni: 0-0.8%; Mn: 0-0.5%
Cu Al 8	Al: 8.0-9.0%; Ni: 0-0.8%; Mn: 0-0.5%
Cu Al 8 Fe3	Al: 6.0-8.0%; Fe: 2.0-3.5%; Mn: 0-0.8%
Cu Al 9 Mn2	Al: 8.0-10.0%; Mn: 1.5-3.0%; Fe: 0-0.5%
Cu Al 10 Fe3	Al: 8.5-10.0%; Fe: 2.0-4.0%; Mn: 0-2.0%
Cu Al 10 Fe5 Ni5	Al: 9.0-11.0%; Fe: 4.0-6.0%; Ni: 4.0-6.0%
Cu Al 9 Ni6 Fe3	Al: 8.0-11.0%; Ni: 4.0-7.0%; Fe: 1.5-3.5%

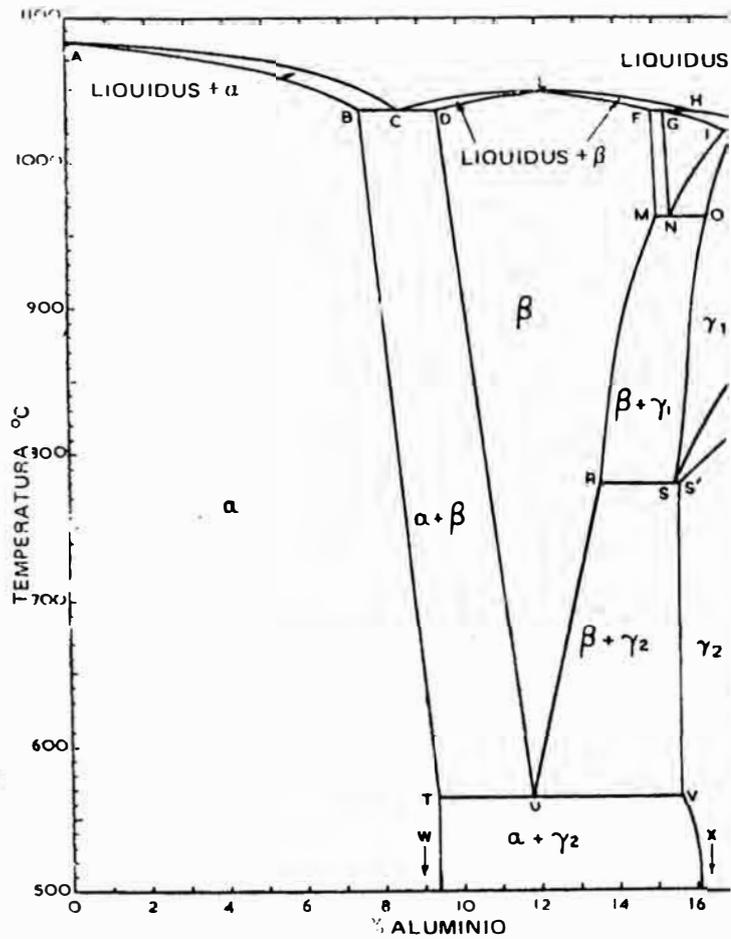


Fig. VI-3- Diagrama de equilibrio cobre-aluminio.

Tabla VI- 5 Propiedades mecánicas de los cuproaluminios binarios a temperatura ambiente.

Materiales			CuAl5	CuAl8
Magnitud	Unidad	Estado		
Resistencia a la tracción	kg/mm ²	R	38	42
		F	45-53	50-57
Límite elástico	kg/mm ²	R	15	17
		F	30-45	35-43
Alargamiento	%	R	55	45
		F	25-15	20-15
Dureza Brinell		R	85	90
		F	115-140	130-150

R = estado recocido

F = estado de forja

Cu Al 11 Ni 5.5 Fe6

Cu Al 8 Mn 5.5 Ni 1.5

A.- PROPIEDADES.

Las propiedades físicas de los cuproaluminios se muestran en la Tablas VI-6

La resistencia a la tracción y a la dureza aumenta con el contenido de aluminio. El alargamiento aumenta regularmente y alcanza el máximo hacia el 7.5 % Al, después disminuye. Las propiedades mecánicas se resumen en la Tabla VI-5.

Los cuproaluminios tienen buena resistencia a la corrosión, debido a la tendencia del aluminio a formar una capa protectora de agua de mar, aguas contaminadas, ácido fosfórico, ácido sulfúrico alreado; ácido acético, sales, etc.

B.- ELABORACION.

a)-MAQUINADO.-Las aleaciones Cu Al 5 y Cu Al 8 son de maquinado difícil; los demás cuproaluminios tienen buena maquinabilidad y es comparable con la de un acero de resistencia mecánica equivalente.

b)-UNION.- Las aleaciones monofásicas son difíciles de soldar; pero las aleaciones bifásicas se sueldan muy fácilmente, tanto entre sí, como con otras aleaciones, especialmente el acero. Por otro lado, la soldadura blanda y fuerte es difícil, a causa de la película de alúmina, que impide la adherencia del estaño.

Tabla VI-6 Propiedades físicas de los cuproaluminios binarios.

Material		CuAl5	CuAl8
Magnitud	Unidad		
Densidad	g/cm ³	8,2	7,8
Intervalo de fusión	°C	1050-1080	1035-1045
Coefficiente de dilatación lineal (0-100 °C)	°C ⁻¹	0,000017	0,000016
Calor específico (20 °C)	cal/g °C	0,10	0,10
Conductividad térmica (20 °C)	cal cm/ cm ² s °C	0,18-0,20	0,15-0,17
Conductividad eléctrica, volumen (20 °C)	m/Ω mm ²	8,7-10	7,5-8,7
	% IACS	15-18	13-15
Resistividad eléctrica volumen (20 °C)	μ Ω cm	17-70	13-11
Coefficiente térmico de la resistividad (0-100 °C)	°C ⁻¹	0,0008-0,0009	0,0008
Módulo de elasticidad (20 °C)	kg/mm ²	11.800-12.850	11.300-11.600
Módulo de rigidez (20 °C)	kg/mm ²	4350-4750	4200-4600

c)-CONFORMACION.- Las aleaciones monofásicas pueden ser forjadas en caliente, a temperaturas entre 850 y 950°C. La maleabilidad en frío es muy buena, lo que permite mejorar las propiedades mecánicas por forja. La temperatura de recocido entre fases de forja es de 650 y 850°C; y el recocido de eliminación de tensiones se efectúa a unos 300°C.

Las aleaciones de estructura $\alpha + \beta_2$, tienen una excelente aptitud a la deformación en caliente entre 800 y 950°C, temperaturas a las cuales existe la fase β_2 , que es muy maleable. Es necesario realizar frecuentes recocidos entre 650 y 850°C debido a que la deformación en frío es muy difícil.

d)-MOLDEO.- Debido a la gran oxidabilidad del aluminio, en el curso de la fusión y de la colada, se utiliza materias primas limpias y exentas de óxido, aceite o humedad, y se desoxida el baño de cobre fundido antes de añadir el aluminio. La colada se efectúa generalmente entre 1130 y 1180°C. Se puede colar en coquilla, o en arena recurriendo a enfriados para aumentar la velocidad de enfriamiento.

C APLICACIONES.

Debido a la excelente resistencia a la corrosión que tienen los cuproaluminios, se les aplica como tubos para cambiadores de calor en la industria química principalmente. Las aleaciones bifásicas se utilizan para las placas tubulares de condensadores de calor; en construcción naval para cuerpos de bombas, ejes de bombas

hélices y piezas para compuertas de es esclusas. Por la resisten -
cia a los ácidos sulfúrico y clorhídrico, se aplica en la industria
química y en talleres de decapado.

Por su buena resistencia mecánica en caliente (hasta 300 -
400°C) y su buena resistencia a la oxidación, se utilizan en asien
tos de válvulas, tuberías de gases de escape, conexiones para hor
nos eléctricos, como moldes para envases de vidrio, etc. Los cupro
aluminios tienen buenas características de fricción y se les apli
ca como engranajes y tornillos sin fin. Además, por su aspecto a
tractivo se le emplea como medallas y monedas, placas, estatuas, re
jas, pasamanos de escaleras, ceniceros, etc.

Las aleaciones forjadas se hallan disponibles en forma de
barras, piezas forjadas, chapas, bandas, tubos o alambres. Las a
leaciones de fundición son todas bifásicas y se prestan a la fabri
cación de piezas moldeadas de diversas formas y dimensiones.

1.4.- CUPRONIQUELES.

Los cuproníqueles son aleaciones de cobre y níquel, con con
tenidos de níquel variables entre 5 y 44%. Ambos metales son solu
bles en todas proporciones. Las aleaciones más importantes son el
Cu Ni 10, Cu Ni 20, Cu Ni 25 y el Cu Ni 30.

Hay aleaciones que tienen otros elementos como el fierro y
manganeso, que se añaden para mejorar la resistencia a los distin
tos tipos de corrosión, y mejorar también la resistencia mecánica.
Entre estas aleaciones se tienen: Cu Ni 5 Fe 1 Mn, Cu Ni 10 Fe 1Mn,

Cu Ni 20 Mn 2 Fe, Cu Ni 30 Mn 1 Fe, Cu Ni 44 Mn 1, y Cu Ni 30 Fe 2 Mn 2.

A.~ PROPIEDADES.

Los cuproníqueles con menos de 40% de níquel son paramagnéticos a todas las temperaturas. Para mayores contenidos de níquel se presenta un ferromagnetismo que desaparece gradualmente con el calentamiento, hasta desaparecer totalmente sobre 300°C. El color de la aleación tiene un tinte rosado con bajo contenido de níquel, aumentando el porcentaje de níquel de aleación se torna blanca, pudiendo tomar el aspecto de la plata con contenidos de 40% Ni. Al aumentar el contenido de níquel aumenta también el intervalo de fusión y disminuyen las conductividades eléctrica y térmica, y el coeficiente de dilatación. Las propiedades físicas se muestran en la Tabla VI-7

Las propiedades mecánicas se indican en la Tabla VI-8. Estas propiedades son superiores a las del cobre puro. La resistencia a la tracción, el límite elástico y la dureza aumentan con el contenido de níquel; estas propiedades aumentan con la condición de un tercer o cuarto elemento. Las propiedades mecánicas mejoran con la disminución de la temperatura; y a temperatura elevada los cuproníqueles son las aleaciones de cobre con mejores características.

Estas aleaciones tienen buena resistencia a la corrosión por diversas aguas; la resistencia aumenta con el contenido de ní-

Tabla VI-7 Propiedades físicas de los cuproníqueles.

Magnitud	Unidad	CuNi5Fe1Mn	CuNi10Fe1Mn	CuNi20Mn1Fe	CuNi25	CuNi30Mn1Fe	CuNi44Mn1
Densidad	g/cm ³	8,90	8,90	8,95	8,95	8,95	8,90
Intervalo de fusión	°C	1090-1125	1100-1145	1130-1190	1150-1220	1170-1240	1225-1300
Coefficiente de dilatación lineal (20-300 °C)	°C ⁻¹	0,00017	0,00017	0,00016	0,00016	0,00016	0,00015
Calor específico (20 °C)	cal/g °C	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10
Conductividad térmica (20 °C)	cal cm/ cm ² s °C	0,15	0,12	0,09	0,08	0,07	0,05
Conductividad eléctrica, volumen (20 °C)	m/Ω mm ²	8,7	5	3,5	3	3	2,0
	% IACS	14	9	6	5	5	3,5
Resistividad eléctrica, volumen (20 °C)	μΩ cm	12	19	29	34	34	49
Coefficiente térmico de la resistividad (0-100 °C)	°C ⁻¹	0,012	0,0007	0,0004	0,0002	0,00005	0,00004
Módulo de elasticidad (20 °C)	kg/mm ²	12400-13500	13000-13800	13600-14800	14100-14900	14600-15500	16000-16800
Módulo de rigidez (20 °C)	kg/mm ²	4600-5000	4800-5100	5050-5500	5200-5500	5400-5750	5900-6200

Tabla VI-8. Propiedades mecánicas de los cuproníqueles a temperatura ambiente.

Magnitud	Unidad	Estado	CuNi5Fe1Mn	CuNi10Fe1Mn	CuNi20Mn1Fe	CuNi25	CuNi30Mn1Fe	CuNi44Mn1
Resistencia a la tracción	kg/mm ²	R	28	32	34	37	36	48
		F	38	42	47	—	50	68
Límite elástico	kg/mm ²	R	9	12	15	16	15	20
		F	35	38	42	—	43	55
Alargamiento	%	R	40	38	38	42	42	45
		F	10	12	14	—	16	5
Dureza Brinell		R	60	65	80	85	85	95
		F	100	120	130	—	140	165

R = estado recocido

F = estado de forja.

quel. Con la adición de hierro se impide la formación de picaduras. Asimismo, es satisfactoria la resistencia a productos orgánicos como los carburantes, aceites lubricantes, desolventes, etc. Los cuproníqueles conservan su color plateado en aire seco; y se oxida rápidamente con el aire húmedo.

B.- ELABORACION.

a)-MAQUINADO.- Por su gran tenacidad, los cuproníqueles presentan baja maquinabilidad. Las aleaciones con alto contenido de níquel y los que han sufrido forja se maquinan más fácilmente.

b)-UNION.- La soldadura blanda se efectúa fácilmente utilizando un fundente. La soldadura fuerte se efectúa preferentemente con soldadura con plata, desoxidante y llama neutra. No son recomendables las soldaduras con fósforo. Son aplicables todos los sistemas de soldadura, y se prefiere la soldadura con atmósfera inerte. Para la soldadura oxiacetilénica la llama debe ser ligeramente reductora a neutra.

c)-CONFORMACION.- Los cuproníqueles se trabajan fácilmente en caliente y en frío. Los límites de trabajo en caliente varían con el contenido de níquel entre 850 y 1025°C. Estas aleaciones no tienen tendencia al agrietamiento bajo tensión.

d)-MOLDEO.- Las principales composiciones para moldeado son: Cu Ni 10 Fe, Cu Ni 30 y Cu Ni 30 Fe. La fusión se debe efectuar en condiciones ligeramente oxidantes, para evitar la absorción de hidrógeno o de óxidos, y se desulfan seguidamente añadiendo Mn, Mg ,

Si o Li. La temperatura de colada debe ser de 100 a 200°C por encima del punto de fusión de la aleación; y se puede colar en coquillita o en arena.

C.- APLICACIONES.

La forma comercial más corriente es como tubos; se encuentran también como placas gruesas, bandas barras y alambres. El Cu Ni 10 Fe 1 Mn se emplea para conducir agua al mar, para los conductores de los barcos, etc. esta aleación también se elabora en forma de piezas moldeadas, tales como cuerpos de válvulas y de bombas; además se utiliza para enfundar maderas y cables expuestos a corrosión.

El Cu Ni 20 Mn 1 Fe se utiliza en forma de tubos para condensadores; por su composición a grandes deformaciones se emplea en construcción de instrumentos de música y vainas de proyectiles. El Cu Ni 25 se utiliza principalmente para la acuñación de monedas y de medallas. Los cuproníqueles Cu Ni 30 Mn 1 Fe y Cu Ni 30 Mn 2-Fe₂, son las que mejor resisten a las aguas muy contaminadas.

1.5. LAS ALPACAS.

Las alpacas son aleaciones de cobre, níquel y zinc. El porcentaje de níquel en estas aleaciones varía de 10 a 25%, y el de zinc es de 15 a 28%. Las principales composiciones son las siguientes:

Aleaciones de forja

Cu Ni 10 Zn 27

Cu Ni 12 Zn 24

Aleaciones de moldeo

Cu Ni 13 Zn 28

Cu Ni 18 Zn 22

Cu Ni 15 Zn 21

Cu Ni 22 Zn 22

Cu Ni 18 Zn 29

Cu Ni 20 Zn 18

Cu Ni 25 Zn 15

A.- PROPIEDADES.

Las principales propiedades físicas y mecánicas se indican en las Tablas VI-9 y VI-10. Las propiedades mecánicas de las alpacas mejoran con las bajas temperaturas; y por otro lado, conservan sus propiedades mecánicas hasta unos 300°C.

Las alpacas no sufren desinfección en medios acuosos. presentan buena resistencia a la acción de diversos ácidos orgánicos, y se les puede poner en contacto con los alimentos y las bebidas, en especial las aleaciones con 20 a 25% Ni. Las alpacas sufren débil acción corrosiva debido a los alcoholes, cetonas, aldehídos y otros productos orgánicos.

B.- ELABORACION.

a)-MAQUINADO.- El índice de maquinabilidad es bajo (2 a 25), por lo que son difíciles de maquinar. Las alpacas se maquinan preferiblemente después de la eliminación de tensiones. El maquinado es más fácil con piezas moldeadas.

b)-UNION.- La soldadura blanda se efectúa fácilmente con soldadura estaño-plomo 50/50. La soldadura fuerte se realiza preferibleme

Tabla VI-9 Propiedades físicas de las alpacas.

Material		CuNi10Zn27	CuNi12Zn24	CuNi15Zn21	CuNi18Zn20	CuNi18Zn27	CuNi20Zn18	CuNi25Zn15
Magnitud	Unidad							
Densidad	g/cm ³	8,60	8,65	8,70	8,75	8,70	8,75	8,75
Intervalo de fusión	°C	980-1035	1000-1060	1040-1090	1060-1110	1000-1070	1080-1150	
Coefficiente de dilatación lineal (20-100 °C)	°C ⁻¹	0,000015	0,000015	0,000015	0,000015	0,000016	0,000017	0,000017
Calor específico (20 °C)	cal/g °C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
Conductividad térmica (20 °C)	cal cm/cm ² s °C	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
Conductividad eléctrica volumen (20 °C)	m/Ω mm ²	4,9	4,6	4,1	3,5	3,2	2,9	2,8
	% IACS	8,5	8	7	6	5,5	6	5
Resistividad eléctrica, volumen (20 °C)	μΩ cm	20	22	25	29	31	31	34
Coefficiente térmico de la resistencia eléctrica	°C ⁻¹	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003		0,0003
Módulo de elasticidad (20 °C)	kg/mm ²	12 000	12 300	12 700	13 300	13 400		14 000

Tabla VI-IO Propiedades mecánicas de las alpacas a temperatura ambiente.

Material			CuNi10Zn27	CuNi12Zn24	CuNi15Zn21	CuNi18Zn20	CuNi18Zn27	CuNi20Zn18	CuNi25Zn15
Magnitud	Unidad	Estado							
Resistencia a la tracción	kg/mm ²	R	40	40	41	43	43	43	46
		F	45-65	45-70	47-70	48-70	53-80	70	70
Límite elástico	kg/mm ²	R	15-20	14-20	15-20	17-23	19-21	17	19
		F	31-54	32-60	36-60	36-67	37-75	58	62
Alargamiento	%	R	47-52	45-50	38-45	35-45	45-48	38	35
		F	20-3	20-3	25-2	25-2	25-2	3	2
Dureza		R	75-90	80-95	85-100	90-100	95-100	85	95
		F	120-180	120-190	125-190	125-200	145-230	200	205

R = estado recocido.

F = estado de forja.

mente con soldadura con plata. La soldadura autógena se puede realizar con soplete oxiacetilénico. Para la soldadura con llama hay que operar con llama ligeramente oxidante.

c)-CONFORMACION.- Las alpacas monofásicas se deforman fácilmente en frío; pero difícilmente en caliente. La temperatura de recocido está comprendida entre 600 y 800 °C.

d)-MOLDEO.- La fusión se efectúa en horno eléctrico o en horno de llama. Antes de la colada, se desoxida con manganeso, con cupróforo o con magnesio. La temperatura de colada varía según la composición de la aleación; siendo de 1260 a 1300°C para una aleación con 20% Ni. Las alpacas se cuejan principalmente en arena. Las piezas coladas en coquilla presentan una superficie excelente.

C.- APLICACIONES.

Las aleaciones Cu Ni 15 Zn 21 y Cu Ni 18 Zn 27 son empleadas para equipos de telecomunicaciones, por su resistencia a la corrosión y su aptitud para la deformación en frío. Las alpacas, plateadas o no, se utiliza en cubiertos. Además, por su brillo atractivo, se emplean para la fabricación de puertas, picaportes, lámparas, etc. Otras aplicaciones son como instrumentos de precisión de relojería, cajas de relojes, bisagra de gafas, medallas, encendedores, etc.

Las alpacas se encuentran disponibles en forma de barras, perfiles, tubos, alambres, bandas, chapas y también en forma de piezas moldeadas.

Las alpacas mejoran considerablemente su maquinabilidad con la adición de pequeños porcentajes de plomo (hasta 2% pb). Las propiedades físicas, mecánicas, químicas de éstas aleaciones son casi las mismas que las alpacas sin plomo. Las alpacas con plomo se emplean especialmente para la fabricación de elementos que requieran mucha maquinado, tales como llaves y pernos.

1.8.- OTRAS ALEACIONES DE COBRE.

Aparte de las aleaciones vistas antes, existen muchas otras aleaciones de cobre. Hay cobres débilmente aleados, que contienen menos de 1% de elemento de adición. Así, se tiene cobre desoxidado con fósforo y con 0.15 a 0.50% de arsénico, el que se utiliza por su buena resistencia mecánica a temperatura relativamente alta, buena resistencia a la corrosión y buena soldabilidad. La aleación de cobre con 0.02 a 0.12% Ag tiene la propiedad de aumentar el punto de reblandecimiento (que reduce considerablemente las características mecánicas) de 200 a 300°C. También existe una aleación de cobre con 0.20 a 0.50% S, o con 0.30 a 80% Te, que tiene un índice de maquinabilidad de unos 80, y que es mucho mayor que la del cobre.

La adición al cobre de 0.2 a 1.2% Cd, tiene el efecto de aumentar la temperatura de reblandecimiento y del límite de fluencia. Además, se consigue una buena resistencia mecánica después de forja por estirado, alcanzando una resistencia a la tracción de 65 Kg/mm². El cobre con cadmio y estaño (0.2 a 6% Sn), tiene mayor

resistencia a la tracción, propiedad que lo hace aplicable para las líneas telefónicas.

Los cobres con 0.5 a 1.2% Cr se utilizan en aplicaciones que requieran alta resistencia mecánica, buena conductividad eléctrica y buena resistencia al reblandecimiento.

Las aleaciones cobre-berilio (1.7-2% Be) y cobre-cobalto-berilio (2% Co, 0.4 a 0.8% Be) poseen características mecánicas muy elevadas, similares a los aceros de alta resistencia; la conductividad eléctrica y térmica es media para los cobres con berilio y bastante alta para los cobres con cobalto berilio; tienen además excelente resistencia a la corrosión, aptitud para el moldeo y propiedades antichispa.

La aleación Cu Ni 2 Si (2% Ni y 1% Si) es insensible a la corrosión bajo tensión y posee buena conductividad; y se le aplica en electrotecnia. Adicionando al cobre 3% Si y 1% Mn se obtiene una aleación que posee alta resistencia mecánica, excelente resistencia a la corrosión y buena soldabilidad.

Hay una aleación conocida con el nombre de Monel, que contiene 63-67% Ni, pequeñas cantidades de hierro, manganeso, aluminio, silicio, azufre y el resto de cobre. El hierro aumenta la resistencia a la corrosión, el manganeso mejora la ductilidad y el aluminio mejora las propiedades mecánicas. Estas aleaciones tienen excelente resistencia naval y en el campo químico.

Los cobres con plomo son aleaciones que pueden contener has

ta 30% pb, y a veces con adiciones de estaño, níquel y antimonio. Los principales tipos son: Cu pb 8, Cu pb 15, Cu pb 20 y Cu pb 30. Estas aleaciones tienen excelentes propiedades antifricción y son utilizados para la fabricación de cojinetes.

Además de las aleaciones de cobre mencionados, existen otras que no han sido consideradas por su poca utilización práctica.

2.- ALEACIONES DE COBRE PRODUCIDAS EN EL PERU.

En esta parte se hace referencia a las plantas más importantes que procesan el cobre refinado producido en nuestro país. Con esta información se tendrá idea de la necesidad de instalar nuevas plantas para procesar el cobre refinado.

A.- PLANTAS PRODUCTORAS DE SEMITERMINADOS DE COBRE.

En el capítulo V se mencionó que existen solamente dos plantas de regular capacidad y que satisfacen parcialmente el mercado nacional de laminados, flejes, extrudidos sólidos y tubos de cobre y aleaciones. Estas plantas son Metales Industriales del Perú S.A. y Candados Peruanos S.A., cuyas producciones suman alrededor de 600 TM/año. Se estima que a principios de la siguiente década estas plantas sólo cubrirán aproximadamente el 35% de la demanda total de semiterminados.

B.- PLANTA DE PRODUCTOS SINTERIZADOS.

Recientemente se ha constituido la empresa PULVIMETAL S. A.,

quien fabricará productos sintetizados de cobre y aleaciones. Esta planta tiene una capacidad del orden de 100 toneladas al año, y entrará en producción dentro de poco. Dicha planta requerirá como insumo polvos de cobre y aleaciones, los cuales por ahora son importados desde Europa. Con la puesta en producción de esta planta, se cubrirá las necesidades de productos sintetizados de cobre y aleaciones del país; además parte de la producción será para la venta al exterior.

C.- PLANTA DE ALAMBRON DE COBRE.

En nuestro país existe sólo una planta productora de alambón de cobre. La planta está ubicada en la Oroya y pertenece a la empresa CENTROMIN PERU. Su capacidad instalada es de 42,000 TM/año en dos turnos; y trabaja utilizando cerca del 30% de su capacidad.

En el cuadro N°IV-1 se muestra la distribución de la producción anual de alambón de cobre. Se aprecia que cerca del 60% de la producción se destina al mercado nacional; y que de esta cantidad más del 90% es consumido por las empresas INDECO y CERPER (ex PIRELLI) para la fabricación de alambres y cables para usos eléctricos.

Como se observa, el mercado interno es suficientemente abastecido con la producción de la planta de La Oroya; por lo que no se puede pensar en la necesidad de instalar una nueva planta de alambón de cobre. Por otro lado, se considera que el mercado externo es muy competitivo por razones de calidad y costo de transporte del producto.

3.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DEL COBRE EN EL PERU

En este punto, se trata de hacer un bosquejo sobre las principales posibilidades de utilización del cobre en nuestro país. Se ha considerado el empleo de este metal para una producción industrial de determinados productos. Es así que en base al mercado del cobre, expuesto en el capítulo IV, se considera el uso de este metal para la fabricación de: A) Semiterminados de cobre y aleaciones; y B) Polvos de cobre y aleaciones.

3.1.- FABRICACIÓN DE SEMITERMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES.

En el capítulo anterior se ha mencionado que el mercado nacional de semiterminados de cobre, es abastecido parcialmente por las plantas METINSA Y CAPESA, que producen conjuntamente menos de 1,000 TM/año; y se calcula que a principios de la siguiente década, estas plantas sólo cubrirán aproximadamente el 35% de la demanda total.

La posibilidad de instalar una planta de semiterminados de cobre y aleaciones, estaría orientada no sólo a cubrir la demanda nacional, sino fundamentalmente para la exportación, la que constituiría una parte considerable de las ventas totales. Esto se deduce del conocimiento de que después del año 1,980, la demanda potencial nacional será alrededor de 2,500 TM, sin contar unas 1,300 TM que serán abastecidos por las actuales plantas; y la demanda potencial en el exterior, será más de 20,000 TM. (ver cuadro N° IV-8).

En el cuadro N° IV-8 se observa los semiterminados que tienen mayor demanda. Los productos que se consideran para su fabricación en una Planta de Semiterminados, son las siguientes: a) láminas y flejes de cobre de pequeños espesores y de diferentes dimensiones de ancho; b) láminas y flejes de aleaciones de cobre, en tamaños similares al anterior; c) tuberías de cobre de diferentes diámetros y diversos espesores de pared; d) tuberías de aleaciones de cobre en tamaños parecidos al anterior; e) barras y varillas de cobre y de aleaciones de cobre, en diversos tamaños y formas.

A continuación se hace referencia a algunos aspectos importantes que hay que considerar para la instalación de una planta de semiterminados de cobre y aleaciones.

A.- CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA DE SEMITERMINADOS.

El tamaño de la planta, es decir la capacidad de producción anual, depende básicamente del mercado que se va a cubrir, así como de los recursos disponibles, y otros factores relacionados.

Como ya se vió en el capítulo sobre el mercado del cobre, a principios de la siguiente década habrá una demanda por cubrir entre laminados y extrudidos de cobre y aleaciones, que será alrededor de 23,000 TM/año; de las cuales aproximadamente el 15% será para la demanda nacional, y lo restante para mercados del exterior.

En cuanto a las materias primas como el cobre, plomo y zinc refinados, existe suficiente disponibilidad de estos metales. Otros recursos tales como agua, energía, combustible; no presentan

dificultad de abastecimiento. Así, se puede considerar que los recursos no constituyen un factor determinante para fijar el tamaño de la planta. Luego, teniendo en cuenta básicamente la demanda total de semiterminados, y considerando tres turnos de trabajo diario, se puede estimar que la capacidad de la Planta de Semiterminados podría ser del orden de 30,000 TM anuales.

Para la localización de la mencionada Planta, hay que considerar algunos factores. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la producción será destinada a la exportación, será necesario que la Planta de Semiterminados de Cobre y Aleaciones, se ubique en la costa próxima a un puerto. Otro factor importante que considerar es que la Planta debe estar localizada cerca a la fuente de suministro de materia prima, es decir cercana a una refinería electrolítica de cobre.

Hay dos posibles lugares para la ubicación de la Planta. Una de ellas es la refinería electrolítica en Cerro Verde (Arequipa) y la otra es la refinería de cobre de Ilo. Actualmente la mayor producción de cobre electrolítico está en Ilo, con una cantidad cercana a las 150,000 TM anuales; además este lugar dispone de un buen puerto. Existe otra refinería electrolítica de cobre ubicada en La Oroya; pero se encuentra distante de la costa, lo cual hace pensar en gastos para el transporte.

Por las consideraciones anteriores, convendría ubicar la

Planta de Semiterminados en un lugar cercano a la refinería electrolítica de Ilo en el Departamento de ~~Zona~~^{Moquegua}. De este modo se aprovecharía de la disponibilidad de materia prima, de la facilidad de transporte, y otras ventajas.

B.- PROCESO DE PRODUCCION DE SEMITERMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES.

PRODUCCION DE LAMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES

El proceso de producción se inicia con la fusión del cobre y zinc refinados en un horno. Generalmente se utiliza hornos de inducción. Luego el metal fundido es transportado en horno de contención hacia máquinas de colada semicontinua. En la máquina de colada semicontinua el metal fundido se cuela en la cavidad del molde, que es rectangular para las placas; el molde sin fondo previamente se cierra en su parte inferior por una placa deslizante. Cuando el metal se ha solidificado lo suficiente, se baja lentamente la placa para llevar hacia abajo la parte ya solidificada, y así más metal líquido puede ser colado en el espacio dejado. La pieza moldeada, de sección rectangular, se denomina slab de laminación.

El siguiente paso es la laminación en caliente, para lo cual la pieza es precalentada en un horno eléctrico; y después se le somete a sucesivas pasadas de laminación en un laminador dúo reversible. Durante el trabajo en caliente se forman óxidos; y las bandas que salen del laminador deben ser decapadas para eliminar los óxidos. El decapado se puede realizar en un baño de ácido sulfúrico diluido.

Luego, la banda es sometida a una laminación en frío en donde se consigue el espesor requerido. La operación de deformación en frío ocasiona un endurecimiento del metal que hace difícil una deformación posterior. El endurecimiento se suprime mediante un recocido. Si el recocido no se realiza en atmósfera no oxidante, será necesario un posterior decapado. Por ello, durante las etapas de laminación en frío se requiere de operaciones intermedias de recocido y decapado; así, el metal recobra su capacidad para sufrir nuevas deformaciones en frío.

La maquinaria y equipo necesario para los procesos de fundición y moldeo estaría constituido principalmente por: horno de fusión, horno de contención, hornos eléctricos de inducción y máquina de colada semicontinua; para el proceso de laminación se requeriría de: laminador en caliente dúo reversible, laminadores en frío cuarto reversible, máquinas de corte, hornos para recocido, máquinas de decapado y máquinas bobinadoras.

PRODUCCION DE EXTRUIDOS DE COBRE Y ALEACIONES.

La extrusión es otro proceso para obtener productos semielaborados como barras, varillas, perfiles y alambres. Para este proceso se parte de tochos obtenidos por colada semicontinua. Este tocho debe ser sometido a una prensa de extrusión, pero previamente son calentados generalmente en hornos de inducción a una temperatura en la que el metal se encuentra en estado plástico. El tocho se coloca en la matriz de la prensa; luego es empujado por el pistón de la prensa, obligando al metal a pasar a través del orificio de

una hilera, cuya forma ha sido elegida en función del semiterminado que se va a producir.

Las barras que requieren una mayor reducción son sometidas a un proceso de estirado. Las barras son cortadas en tiras, decapadas en ácido diluido y luego son apuntados, con lo que se permite introducirla en la hilera de estirado. Las mordazas del banco de estirado aprisionan las barras desde el otro lado de la hilera. El estirado se efectúa en frío

El proceso de producción de tubos es semejante al anterior hasta antes de ser procesados en la prensa de extrusión. En este caso, el billet se introduce en una prensa vertical y se mueve hacia la matriz que tiene una geometría que da el diámetro exterior del tubo. El diámetro interior está dado por la presencia de un mandril que perfora el billet precalentado y produce el buen estado superficial de la cavidad interior.

La dimensión final del tubo se obtiene mediante operaciones sucesivas de estirado. El diámetro exterior se regula por el diámetro de la hilera de estirado a través de la cual pasa por el tubo; y el espesor de la pared se regula por el mandril interior que determina el espacio anular que queda disponible para los tubos. Para reducir uno o varios tubos a diámetros sucesivamente decrecientes se emplea los bancos de estirado. En las fases intermedias del estirado, será necesario tratamientos de recocidos. Al final de la operación, el tubo pasa por una máquina de enderezado y luego son

cortados para el envío. Es decir que las operaciones básicas después de la fusión y moldeo son: el precalentamiento, extrusión, estirado, recocido, enderezado y corte.

La maquinaria y equipo necesario para la producción de barras, varillas, perfiles y alambres, estaría formando fundamentalmente por: prensa de extrusión horizontal, bancos de estirado para barras y perfiles, tanques de decapado y máquina de enderezado. Para la producción de tubos se necesitaría lo siguiente: prensa vertical, bancos de estirado, horno eléctrico de inducción, hornos de recocido y máquinas de enderezado.

C.- INSUMOS NECESARIOS PARA LA FABRICACION DE SEMITERMINADOS DE COBRE Y ALEACIONES.

Los principales insumos requeridos son: cobre refinado, cobre blister, zinc refinado y plomo refinado. Además son también necesarios el agua, energía eléctrica y ácido sulfúrico.

COBRE.

Este metal es el principal elemento necesario para la fabricación de los semiterminados. Del total de metales requeridos, el cobre representa cerca del 80%. Dicho metal se puede emplear como metal refinado para la producción de barras, perfiles y alambres. El cobre blister podría emplearse en lugar del refinado para la producción de algunos semiterminados que no requieran alta conductividad.

En el capítulo N°V se hace referencia a la producción de cobre en el Perú; y en el cuadro N°V-6 se observa que la producción del yacimiento de Toquepala permite obtener suficiente cobre refinado y cobre blister para abastecer a una posible planta de semi-terminados.

OTROS METALES.

Después del cobre, el zinc es otro metal que se utiliza en considerable cantidad para la fabricación de semiterminados de cobre y aleaciones. Se puede decir que ambos metales casi completan el total de la materia prima requerida. La producción nacional de zinc refinado proviene de la refinería electrolítica de La Oroya, en la sierra central del Perú. La producción de zinc refinado es alrededor de 70,000 TM/año. Por otro lado, actualmente está en marcha la construcción de una nueva refinería electrolítica de zinc con una capacidad de producción de 87,000 TM/año, en una zona cercana a Lima.

Otros metales que se pueden emplear, pero en menor cantidad que los dos anteriores, son: plomo refinado, que también produce la refinería de La Oroya y en una cantidad aproximada de 83,000TM/año; estaño aluminio y níquel. Estos últimos metales serían importados del exterior.

OTROS INSUMOS.

Es necesario disponer de suficiente agua potable. Este elemento será útil para el sistema de enfriamiento de los equipos;

también se le empleará en las máquinas de decapado, en el labado posterior al decapado, en los baños, comedor, servicios y otros usos. Como posibles fuentes de suministro del agua se consideraría a el río Locumba que desemboca en el departamento de Tacna, y el río Tambo en Arequipa También sería útil. De otro modo, para tener una planta segura del valioso líquido, sería recomendable instalar una planta desalinizadora.

Por otro lado, también será necesario suministrar energía eléctrica para la planta; y para ello se tendría que instalar una planta de generación de energía eléctrica.

3.2.- FABRICACION DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES.

La pulvimetalurgia es una técnica relativamente nueva para la obtención de piezas y materiales. Una de las principales ventajas económicas de la metalurgia de los polvos es la eliminación de las pérdidas de material por colada o virutas. Por otro lado esta técnica de producción ofrece medios para alear materiales que no pueden ser cambiados por otro sistema, dependiendo sólo de ciertas limitaciones económicas.

Una planta de polvos metalúrgicos suministra materia prima, en forma de polvo metálico, para obtención de productos sinterizados. En general, la metalurgia de los polvos comprende tres operaciones fundamentales. El primer paso es la fabricación de los polvos; luego sigue la compresión de los polvos; y finalmente se realiza el sinterizado de los mismos.

Actualmente, en nuestro país no existe producción de polvos de cobre y aleaciones. Pero, como se dijo antes, hay una planta para la fabricación de productos sinterizados; y que pronto entrará en producción utilizando materia prima que debe ser importada. Mientras tanto se sigue importando y en forma creciente productos sinterizados.

Si se instala una planta de polvos de cobre y aleaciones, se evitaría la importación de éstos, que se utiliza en forma indirecta en piezas sinterizadas como partes de máquinas. Además, es posible exportar parte de la producción de polvos a países miembros del Grupo Andino, y también a otros países latinoamericanos. Asimismo será necesario suministrar polvos de cobre y aleaciones a la planta de fabricación de productos sinterizados antes mencionada.

Entre los aspectos importantes que habría que tener en cuenta para instalar una planta de producción de polvos de cobre y aleaciones, se tiene: a) Capacidad y localización de la planta; b) - Proceso de producción de polvos, y c) Insumos necesarios para la producción de polvos.

A.- CAPACIDAD Y LOCALIZACION DE LA PLANTA DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES.

La planta pulvimetal, destinada a producir piezas sinterizadas de cobre y aleaciones, tiene una capacidad instalada de alrededor de 100 toneladas métricas al año. Para esta producción requerirá de polvos de cobre y aleaciones, en una cantidad aproximada

de 80% del total a producir; cantidad que debe ser cubierta por una planta de polvos.

Por otra parte, se estima que para los países integrantes - del Pacto Andino, la demanda de productos sintetizados es de alrededor de 400 TM/año; es decir que la cantidad similar de polvos será requerida por estos países. Considerando lo expuesto antes, se puede pensar en la necesidad de una planta productora de polvos de cobre y aleaciones, que podría tener una capacidad próxima a las 500 toneladas métricas al año.

En cuanto a la ubicación de dicha planta, hay dos lugares en el sur del país donde podría situarse. Si se tiene en cuenta la reciente entrada en producción del yacimiento de cobre de Cerro Verde que está localizado en una zona muy cercana a la ciudad de Arequipa, ésta puede ser un lugar apropiado para la instalación de la planta, pues se puede disponer de suficiente materia prima del mencionado yacimiento.

Por otro lado, la localidad de Ilo, en el departamento de Tacna, ofrece también condiciones para instalar una planta de polvos de cobre y aleaciones. Además tanto Arequipa como Ilo tienen la ventaja de estar en la costa peruana, lo que facilitaría la exportación de una parte de la producción de dicha planta. Ahora, si se considera la necesidad de descentralizar la industrialización del país, sería conveniente instalar la planta en Arequipa, ciudad que ya está empezando a crecer industrialmente.

B.- PROCESO DE PRODUCCION DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES.

El método empleado para la producción de los polvos sería por un procedimiento mecánico. En resumen, la pulverización mecánica se realiza dirigiendo un chorro fundido del metal sobre un disco que gira a gran velocidad, provisto en su periferia de cuchillas metálicas que fragmentan el chorro del metal.

El proceso se inicia fundiendo el cobre refinado y / o aleaciones en un horno eléctrico de inducción. El metal fundido se pasa, con una cuchara de colada, a un horno de calentamiento en donde se mantiene la temperatura del metal líquido. De aquí el chorro líquido desemboca a través de un agujero de aproximadamente 1/8 de pulgada de diámetro. El metal fundido regulado cae sobre un disco giratorio; provocando de este modo la desintegración del metal.

La velocidad de rotación del disco va a determinar la granulometría del polvo. Las partículas son esparcidas en un recipiente en donde las partículas son enfriadas con agua.

El equipo necesario para la producción de polvos de cobre y aleaciones estaría formado básicamente por: horno de inducción eléctrica, cucharas de colada, horno de calentamiento acoplado con un crisol que tenga un orificio perforado en su base, disco giratorio y un recipiente de acero.

C.- INSUMOS NECESARIOS PARA LA PRODUCCION DE POLVOS.

Los principales insumos necesarios para la producción de polvos de cobre y aleaciones son: cobre refinado, estaño refinado y plomo refinado.

En el cuadro N°V- 6, se observa que hay suficiente cantidad disponible de cobre refinado. A partir de 1,978 la producción de cobre refinado del yacimiento de Cerro Verde, cercano a la ciudad de Arequipa, será alrededor de 35,000 TM/año. Más al sur esta la Refinería de Ilo, cuya producción anual de cobre refinado es todavía mayor.

En cuanto al plomo refinado, se cuenta con la producción de plomo refinado de la Refinería de La Oroya en la Sierra central del Perú; cuya producción anual se ha mantenido en aproximadamente 83,000 T.M. Otro metal que también se utilizará en menor cantidad que el cobre, es el estaño refinado el cual debe importarse en pequeñas cantidades.

3.3.- ANÁLISIS ECONOMICO DE LOS PROYECTOS

A.- Análisis Económico del Proyecto de Semiterminados de Cobre y Aleaciones.

Este análisis se ha realizado en base al Estudio de Factibilidad del Proyecto Laminados y Extruídos de Cobre y Aleaciones que ha efectuado INDUPERU para una planta de 30,000 TM/Año.

a.- Inversión

Se considera como principales inversiones: Los rubros de Maquinaria y Equipo para la Planta, que representa cerca del 55 % del total de la inversión requerida; Edificios, Instalaciones y otras obras civiles, que representan el 12 % de la inversión; y otras inversiones que aproximadamente equivalen al 25 % del total. En el cuadro No. VI-1 se muestra la inversión requerida para la planta de semiterminados.

El total de la inversión en maquinaria y equipo asciende a unos 2,390 millones de soles. Para la determinación de este costo se ha considerado como base el precio FOB, precio en el puerto de embarque de Inglaterra, según las ofertas de fabricantes; a este precio se le ha agregado un 12 % por fletes, seguros, gastos de aduana y otros, así como un 10 % para la instalación del equipo.

Entre otras inversiones se tiene : Gastos Pre-operatorios, que representa el 6 % de la inversión total, y comprende los gastos ocasionados por estudios previos a la implementación y otros;

Inversión por Supervisión y Administración para la Implementación, que equivale al 5 % del total a invertirse; y además hay que considerar gastos por intereses durante la construcción y por la puesta en marcha de la planta.

CUADRO No. VI-1

INVERSION REQUERIDA PARA LA PLANTA DE SEMITERMINADOS

(Cuadro a precios de Julio de 1976)

Renglón	Inversión (Millones de soles)	Porcentaje (%)
Maquinaria y equipo de planta	2,390	54.5
Edificios, instalaciones y otros.	464	10.7
Imprevistos	250	5.4
Otras inversiones	1,096	25.0
Capital de operación	180	4.1
Inversión total	4,380	100.0

b.- Evaluación del proyecto

El análisis económico se ha centrado en el ahorro de Divisas y el Valor Agregado del Proyecto.

En cuanto al punto de equilibrio, el cual determina un valor de la producción igual a los gastos necesarios para efectuar -

la, se ha determinado que éste será de 10,020 TM; osea que la producción mínima de la planta debe ser casi la tercera parte de su capacidad. El punto de equilibrio sería afectado por una variación en el precio del semiterminado, el cual tiene mucha relación con el precio del cobre; pues se calcula que el precio del cobre es aproximadamente el 55% del precio del semiterminado. Si hay una disminución del 20% en el precio de los semiterminados, entonces la producción mínima de la planta debe aumentar a 15,500 TM. Asimismo, se ha calculado que la rentabilidad económica del accionista es aproximadamente 11.2%.

Por otra parte, la cantidad de divisas que generaría la planta cuando esté produciendo a plena capacidad (30,000 TM) sería de unos 980 millones de soles anuales. Los ingresos de divisas estarían dados por el financiamiento para la etapa de implementación y por la diferencia entre el valor del semiterminado y el valor que tenía el cobre como materia prima. Los egresos de divisas están dados principalmente por las inversiones en maquinaria y equipo para la planta.

El valor agregado, valor que por la producción de la planta se agrega al insumo, sería de unos 870 millones de soles anuales cuando la planta trabaje a plena capacidad. Este valor agregado representaría aproximadamente el 35% del valor bruto de la producción; es decir que cuando se llegue a la máxima producción, el valor del insumo sería alrededor del 62% del valor bruto de la producción.

B.- Análisis Económico del Proyecto de Polvos de Cobre y Aleaciones.

a.- Inversión

La inversión para una planta de polvos de cobre y aleaciones de 500 TM/Año, capacidad determinada en base al mercado de polvos metalúrgicos especificado en el capítulo No. IV (página 66), se realiza considerando como rubro principal al gasto en maquinaria y equipo para la planta, la cual representa más de la mitad del total de inversión requerida.

Para una planta de la capacidad mencionada, la inversión en maquinaria y equipo se estima en 500,000 dólares, que es un precio FOB (precio en el puerto de embarque de Francia). Este es el precio que especifica una compañía vendedora de equipos para plantas de polvos metalúrgicos en Francia (Badier Fils, Metarex-Pondre). A esta cantidad hay que agregar un 10% por gastos de fletes y seguros; por lo que el precio CIF, o sea el costo de la maquinaria y equipo puesto en el puerto peruano, asciende a 550,000 dólares, o el equivalente a unos 45 millones de soles (al tipo de cambio de 81.00 soles por dólar).

Entre otras inversiones de consideración se tiene en cuenta los gastos pre-operatorios, que son los gastos ocasionados por los estudios previos a la implementación como Estudio de Mercado, de Factibilidad Técnico-Económico, Ingeniería básica e Ingeniería de detalle. Se calcula que para una planta de la capacidad considera-

da, los gastos pre-operatorios serían del orden de 10 millones de soles.

También es importante considerar la inversión por supervisión y administración para la implementación, la cual se considera en aproximadamente un 10% del costo de la maquinaria y equipo principal, por lo que el monto en este rubro es de unos 5 millones de soles. En cuanto a gastos por instalaciones y otras obras civiles puede considerarse que éste representa aproximadamente el 10% de la inversión total. Para saber el total de la inversión habrá que considerar los gastos por la puesta en marcha, ya que para las pruebas de la maquinaria y equipo de la planta se requieren de materiales, de mano de obra e insumos; también se necesita un capital para la operación de la planta, y otras inversiones más. En el cuadro No. VI-2 se muestra la inversión aproximada para la planta de polvos.

CUADRO No. VI-2

INVERSION REQUERIDA PARA LA PLANTA DE POLVOS

Renglón	Inversión (a) (Millones de soles)	Porcentaje %
Maquinaria y equipo de planta	45.0	51.2
Edificios e instalaciones	8.0	9.1
Imprevistos	5.0	5.7
Otras inversiones	30.0	34.0
Inversión total	88.00	100.0

(a) Inversión aproximada requerida al tipo de cambio de 81.00 soles por dólar.

b.- Evaluación del Proyecto.

La evaluación se ha realizado teniendo en cuenta fundamentalmente el ahorro de divisas que se tendría si se producen polvos de cobre y aleaciones en el país.

Como se mencionó en el capítulo No. IV, sobre el mercado de polvos de cobre y aleaciones, en el país se importa polvos metalúrgicos en una cantidad cercana a 20,000 Kg. al año. Así, en 1975 se importó 18,300 Kg. de polvos a un monto de 118,880 dólares (como se observa en el cuadro No. VI-3). Es decir que actualmente se importa por un equivalente a unos once millones de soles.

CUADRO No. VI-3

COSTO DE IMPORTACION DE POLVOS DE COBRE Y ALEACIONES

Año	Cantidad (Kg.)	Monto (Miles de soles)
1970	11,200	1,153
1971	15,200	2,105
1972	12,500	1,938
1973	16,500	2,710
1974	13,200	2,868
1975	18,300	9,630 ^(a)

FUENTE : Estadísticas industriales, Ministerio de Comercio, 1976.

(a) : Costo FOB a la tasa de cambio de 1 US\$: 81 soles.

Ahora, si se tiene en cuenta la cantidad de polvos de cobre que importará Pulvimetal que será de 15 toneladas, cantidad necesaria para que esta nueva planta inicie su producción de piezas sinterizadas de cobre y aleaciones; entonces el total de polvos que se importará será de unos 35 TM, por los cuales se pagará un valor cercano a 20 millones de soles. El precio promedio CIF Callao (precio en el puerto peruano) oscila entre 5 y 7 dólares por kilogramo (en el año 1976), precio que está ligado a las variaciones del precio del cobre en el mercado internacional (London Metal Exchange , LME)

Una planta productora de polvos de cobre y aleaciones con una capacidad de 500 TM/Año, cubriría la demanda nacional, evitando de este modo los egresos de divisas por la importación de éstos; y además se generaría ingreso de divisas para el país por la exportación de polvos que se haría especialmente a los países miembros del Grupo Andino, todos los cuales, como se mostró en el capítulo anterior, importan este producto en una cantidad igual a unas 600 TM al año.

=====

C A P I T U L O VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A.- CONCLUSIONES.

- En nuestro país, aproximadamente el 85% del total de concentrados de cobre es producido por las minas de Toquepala (Tacna) , Cuacone (Moquegua) y CENTROMIN PERU (Junín). Además, toda la producción de cobre blister se debe a las minas antes mencionadas. Por otro lado, según la Ley General de Minería, decreto - ley N°18880, la refinería corresponde al estado; pero se respeta los derechos adquiridos por la Southern Perú Copper Corporation, compañía que produce cerca del 65% del total de cobre refinado.
- El Perú es uno de los primeros productores de concentrados de cobre en el mundo, y también es uno de los diez principales productores de cobre blister y de cobre refinado. Casi toda su producción de cobre es exportada; y solamente consume alrededor de 10,000 TM de cobre refinado, cantidad que representa menos del 2% de su producción total de cobre.
- En la actualidad, las necesidades de alambroón de cobre de nuestro país, es suficientemente abastecida por la producción de CENTROMIN PERU, la cual es alrededor de 14,000 TM/año y equival

le al 30% de su capacidad instalada. Aproximadamente el 95 % del alambroón de cobre que se consume en el país, se utiliza para la fabricación de cables y conductores eléctricos; cuya producción cubre la demanda nacional, exportándose el excedente de cerca de 700 TM/año.

- El consumo interno de laminados y extrufoos de cobre y aleaciones es de unas 1,500 TM/año, y se considera que el consumo para fines de esta década será el doble de la cantidad indicada. El mercado nacional de laminados y extrufoos es abastecido parcialmente por la producción de las plantas CAPESA Y METINSA; y se calcula que en 1,982, estas plantas abatercerán al mercado nacional en una cantidad equivalente al 35% de la demanda total para ese año.
- Los países integrantes del Grupo Andino consumen cerca del 90% del total de semiterminados en forma de cables y alambres y lo restante es consumido como producto plano. Todos los países miembros se autoabastecen de cables y alambres de cobre. Chile, que dejó de integrar el Pacto Andino en 1,976, es el único país que se autoabastece de productos planos de cobre y aleaciones. Colombia que imparte unas 40,000 TM/año de semiterminados, es el mayor importador, en comparación a Perú, Ecuador y Bolivia los cuales importan una cantidad muy inferior.
- La producción de piezas fundidas de aleaciones de cobre en nuestro país es alrededor de 500 TM/año. La mayor producción

es principalmente de piezas de bronce, que representan cerca del 90% de la producción total de piezas de aleaciones de cobre. La importación en productos fundidos de cobre y aleaciones es alrededor de 300 TM/año; y en cuanto a la demanda interna de estos productos, se calcula que ésta es una cantidad próxima a las 1,000 TM/año.

- El exceso de stock de cobre refinado en el mercado internacional, es uno de los factores que no permiten una rápida mejora de los precios del cobre; es decir que la producción mundial supera la demanda debido a que los países compradores poseen suficiente stock de este metal, tal que podrían hacer fracasar cualquier intento por parte de los exportadores para mejorar los precios. Convendría que los países productores creen su propio stock, con alguna ayuda financiera, de modo que reduzcan sus ventas al mercado mundial y obligarían a los compradores consumir sus actuales reservas.
- A principios de la presente década habrá una demanda por cubrir entre laminados y extrudidos de cobre y aleaciones, que será alrededor de 23,000 TM/año; de las cuales cerca del 15% será para la demanda interna, y lo restante para mercados del exterior. Por ello se plantea la conveniencia de instalar una planta de semiterminados de cobre y aleaciones para cubrir la demanda nacional y en especial para la exportación.
- En la actualidad, en el país no existe producción de polvos

de cobre y aleaciones; y recientemente se ha instalado una planta para satisfacer las necesidades de piezas sinterizadas del mercado nacional y para exportar a países latinoamericanos. El Perú realiza una importación cada vez creciente en piezas sinterizadas; y se estima que entre los países del Grupo Andino Hay una demanda de alrededor de 400 TM/año de piezas sinterizadas de cobre y aleaciones. Luego, hay la necesidad de instalar una planta para la fabricación de polvos, los que se suministrarían a la planta nacional de productos sinterizados; y además se abastecería especialmente a los países del Grupo Andino, en donde no hay producción considerable de polvos de cobre y aleaciones.

Perú tiene suficiente disponibilidad de las materias primas necesarias tanto para una planta de polvos de cobre y aleaciones, como para una planta de semiterminados de este metal. Así, para estas plantas sólo se requerirá aproximadamente de el 15 % de la producción de cobre refinado del país. Otros metales, útiles en una cantidad inferior al cobre, son el plomo y zinc refinados; los cuales son producidos en la refinería de La Oroya. La producción de plomo refinado es 83,000 TM/año, y la de zinc refinado es 70,000 TM/año.

B.- RECOMENDACIONES.

- Para el desarrollo de la industria del cobre en el país, se debe considerar prioritariamente el mercado nacional. Pero, tam-

bién hay que tener en cuenta que el mercado interno de semiterminados y de polvos de cobre y aleaciones es relativamente limitado como para absorber toda la producción de posibles plantas de semiterminados y de polvos de cobre y aleaciones; es decir que la mayor producción de estas posibles plantas estaría destinado al mercado externo. Por ello, para hacer más fácil la penetración de productos de cobre en el mercado internacional, sería conveniente encargar la comercialización de estos productos a una empresa de experiencia y conocedora del mercado externo.

- La empresa suministradora de materias primas para el consumo interno es MINERO PERU COMERCIAL, la cual realiza su cotización a base de los precios de los metales del mercado internacional. Esto no favorece a los productores peruanos de semiterminados de cobre, ya que se da el caso en que el semiterminado producido en el país tiene un precio relativamente mayor que el producido en países extranjeros, y por lo tanto el producto peruano no puede competir ventajosamente con el producido en el exterior; osea que no se podría competir con éxito en el mercado internacional. Por ello, es necesario que se tenga una consideración especial en el precio del cobre refinado para los compradores peruanos, con lo cual se ayudaría a impulsar la industria nacional.
- El consumo de cobre refinado en el Perú no sobrepasa el 2 % de su producción total de cobre. Una forma de aumentar el consumo

de este metal, puede ser promocionado el uso de cobre en la industria nacional; así como se ha hecho en los Estados Unidos que es el mayor consumidor de cobre en el mundo, en donde se ha realizado un gran esfuerzo para promover artículos de consumo de cobre con buenos resultados. De esta manera se incrementaría la demanda nacional de productos de cobre y aleaciones, con la consiguiente ventaja para la industria peruana del cobre.

- Conviene anotar sobre las facilidades con que se contaría si se decide instalar plantas productoras de semiterminados y de polvos de cobre y aleaciones. Mediante la Ley General de Industrias, Decreto-Ley N°18350, se han establecido prioridades en las industrias; considerándose como de Primera Prioridad a la Industria de Transformación del Cobre. De este modo las industrias, de acuerdo a sus prioridades, gozan de incentivos tributarios, crediticios y por descentralización. Así por ejemplo, para las empresas de Primera Prioridad, los incentivos tributarios de importación de Bienes de Capital y de Insumos son 10 y 20% del Arancel respectivamente; y así como éstos incentivos existen otros que favorecen la creación de nuevas Empresas Industriales.

B I B L I O G R A F I A

- 1)- RODRIGUEZ, D. Perú Mínero 1,974. Lima, Sociedad Nacional de Minería, 1,975.
- 2)- BETEJTIN, A. Curso de Mineralogía. Moscú, Mir, 1,965.
- 3)- KRAUS, E.H. y HUNT, W.F. Mineralogía. 1,955.
- 4)- PERU. INSTITUTO NACIONAL DE PLANIFICACION. Plan Nacional de Desarrollo (1,975-1,978). Lima 1,975.
- 5)- MINERO PERU. Serie Proyectos Míneros. Lima, 1,974.
- 6)- DAMIANI, O, Congreso Mundial de Minería, 8°. Potencial de Recursos Mínerales del Perú. Lima Nov., 3-8, 1,974.
- 7)- PERU. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. Plan Sectorial de Desarrollo 1,975-1,978. Lima, 1,975.
- 8)- MINERO PERU. Estudio de Factibilidad de la Ampliación de la Refinería de Cobre de Ilo. Lima, 1,975.
- 9)- WIMPFEN, S y KNOER, A, Congreso Mundial de Minería, 8°. Recursos Mundiales Versus Demanda de Cobre y Aluminio hasta el año 2,000. Lima, Nov., 3-8, 1,974.
- 10)- CALLOT, F, Congreso Mundial de Minería, 8°. El Problema de Abastecimiento Mundial de Mínerales para el año 2,000 se Reduce a una Cuestión de Precios Relativos. Lima Nov., 3-8, 1,974.
- 11)- KIHLESTEDT, P., Seminario sobre procesos Metalúrgicos. The Magic of Flotation. Lima, Ab., 5-6, 1,976.

- 12) - SUTULOV, A., Convención de Ingenieros de Minas del Perú, XI. Beneficio de los Minerales Sulfurados y Oxidados del Perú. Lima, Dic., 1,969.
- 13) - AGUILAR, J. Flotación. Lima 1,963.
- 14) - BRAY, J. Metalurgia Extractiva de los Metales no Ferreos. Trad. por José M. Bermudez de Castro y Mosquera. Madrid, 1,968
- 15) - HUGGINS, D; ANDERSON, L y GEFRI, F. Recovery of Copper From Copper Sulfide Ores Containing Copper and Iron. Bulletin, Copper Data Center. New York, 1,977.
- 16) - BEREGOVSKI, y KISTIAKOVSKI, B. Metalurgia del Cobre y del Níquel. Trad. por A. Samojválov. Moscú, Mir, 1,974.
- 17) - CULLOM, J. Smelting Copper. "S.N.T."
- 18) - TAVASTSHERNA, S KARASEV, Y. Afino de las Matas de Cobre-Níquel. Moscú, Mir, 1,975.
- 19) - HOFMAN, H. Metallurgy of. Copper. 1 a ed., 1,914.
- 20) - HERENGUEL, J. Metalurgia Especial. 1,970. 2V.
- 21) - BJORLING, G., Seminario sobre Procesos Metalúrgicos. Fundición de Concentrados de Cobre. Lima, Ab., 5-6, 1,976.
- 22) - WADIA, B.H. y OLIVARES, F.E, Congreso Latinoamericano de Mineralogía, II. Los Procesos Hidrometalúrgicos y sus Aplicaciones a la Realidad Nacional.
- 23) - SOTILLO, C. Algunas consideraciones sobre la Lixiviación Bacteriana de Minerales Marginales de Cobre. Lima, 1,974.

- 24) - NORANDA MINES LTD. Recovering Copper Values. Bulletin, Copper Data Center. New York, 1,974
- 25) - CONCEL INTERNACIONAL POUR LE DEVELOPPEMENT DU CUIVRE. Hojas de Datos del Cobre. Genève, 1,970.
- 26) - SY, A. DE. El cobre en las Fundiciones y en los Aceros. México, 1,968.
- 27) - KOREVAAR, I. Cobre en Aco de Alta Liga. Centro Brasflico para Fomento de Uso de Cobre. Boletfn N°61. 1,967.
- 28) - REESE, D.A. y CONORA, L. W. Impurities in Copper Wirebars. Wire Industry. 1,969.
- 29) - HAUSZLER, G. The Effect of Impurities on The Recrystallización of High- Purity Copper. 1,967.
- 30) - NEWTON, J y WILSON, C.L. Metallurgy of Copper. 1,942.
- 31) - MINERO PERU COMERCIAL. Estudio de Mercado de Alambrón de Cobre. Lima, 1,975.
- 32) - PERU. INSTITUTO NACIONAL DE PLANIFICACION. Perfil Industrial de la Planta de Conductores Eléctricos de Cobre y Aluminio. Lima, 1,975.
- 33) - INSTITUTO DE PLANEAMINETO DE LIMA. Curso de Proyectos. Lima, 1,976.
- 34) - EICA-METRA, Estudio de Mercado de Semiterminados de Cobre y Aleaciones. Lima 1,973.
- 35) - MINERO PERU COMERCIAL. Informe Mensual de Mercado de Metales. Lima, En. 1,977.

- 36)- CAMPINO, C., Simposio Internacional sobre el Cobre y sus aleaciones. Análisis del Consumo Mundial del Cobre. Caracas, 1,975.
- 37)- MINERO PERU COMERCIAL. Informe Mensual de Mercado de Metales . Lima, Feb. 1,977.
- 38)- PERU. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Plan de Desarrollo - de la Industria de los Metales no Ferreos. Lima, 1,974.
- 39)- COMMODITIES RESEARCH UNIT LIMITED. Estudio de Mercado Mundial de Cobre. 1,974.
- 40)- CENTROMIN PERU. Expansión de Fundición y Refinería de Cobre de La Oroya, Proyecto N°11. Lima, 1,976.
- 41)- BRICENO, L, Congreso Mundial de Minería. Los Proyectos Mineros en el Perú hasta el año 2,000. Lima, Nov., 3-8, 1,974.
- 42)- PERU. MINISTERIO DE INDUSTRIA Y TURISMO.OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PROMOCION. Diagnóstico del Programa de Metales no Ferreos.
- 43)- PERU.MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Perfil Industrial de la Planta de Piezas Industriales Fundidas de Aleaciones de Cobre. Lima, 1,973.
- 44)- CENTRO ESPAÑOL DE INFORMACION DEL COBRE. El Cobre y sus Aleaciones en la Tecnología. Madrid, 1,974.
