

# **Universidad Nacional de Ingeniería**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,  
MINERA Y METALURGICA**

**DESARROLLO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE  
PRODUCTOS PLANOS, DE COBRE Y SUS ALEACIONES,  
POR COLADA CONTINUA HORIZONTAL**

**INFORME DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO METALURGISTA**

**Eduviges Andrés Llatas Vásquez**

Lima - Perú

1999

*Dedicatoria*

**A MIS PADRES,  
POR SU EJEMPLO Y ABNEGACION**

## INDICE

INTRODUCCIÓN	03
I. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO	05
1.1 Fundición	05
1.2 Escalado	07
1.3 Laminación de desbaste	07
1.4 Tratamiento térmico (Recocido)	08
1.5 Tratamiento químico (Decapado)	09
1.6 Soldadura	10
1.7 Laminación intermedia	10
1.8 Laminación final	11
1.9 Corte y empaque	11
II. PRINCIPIOS DE LA COLADA CONTINUA HORIZONTAL	12
2.1 Características del horno de inducción	13
2.2 Sistema de enfriamiento	14
2.3 Moldes de grafito	16
2.4 Productos colados	17
2.5 Sistema de extracción	18
III. PARAMETROS DE OPERACIÓN Y SU IMPLICANCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO	20
3.1 Temperatura del horno de mantenimiento	20
3.2 Sistema de extracción	20
3.3 Agua de enfriamiento	22
IV. VENTAJAS DE LA COLADA CONTINUA HORIZONTAL	23
V. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	25
5.1 Cálculo de la capacidad de producción bruta	25
5.1.1 Capacidad de producción bruta en fundición	26
5.1.2 Capacidad de producción en escalado	26
5.1.3 Capacidad de producción en desbaste	26
5.1.3.1 Primer laminado de desbaste	26
5.1.3.2 Segundo laminado de desbaste	26
5.1.4 Capacidad de producción en soldadura	26
5.1.5 Capacidad de producción en tratamiento térmico	27
5.1.5.1 Recocido bajo atmósfera inerte	28
5.1.5.2 Recocido bajo atmósfera abierta	28
5.1.6 Capacidad de decapado grueso	29
5.1.7 Capacidad de laminado intermedio	29
5.1.8 Capacidad de decapado fino	29
5.1.9 Capacidad de laminado fino	29
5.1.10 Capacidad de corte y empaque grueso	29
5.1.11 Capacidad de corte y empaque fino	29
5.2 Capacidad de producción neta compuesto por sección	31

5.3	Balance de línea del proceso productivo	37
5.4	Incremento de la capacidad de producción	39
5.4.1	Incremento de la sección de circulación de agua	42
5.4.2	Modificación del diseño del intercambiador de calor	42
5.5	Capacidad de producción actual	45
VI.	PLANEAMIENTO ESTRATEGICO PARA LA COMPETITIVIDAD	54
6.1	Segmentación del mercado	54
6.1.1	Sector industrial automotriz	54
6.1.2	Sector industrial eléctrico	54
6.1.3	Sector industrial diverso	55
6.2	Análisis del entorno	55
6.2.1	Oportunidades y amenazas	55
6.2.2	Fortalezas y debilidades	57
6.3	Valores estratégicos	60
6.3.1	Promoción y publicidad	60
6.3.2	Estrategia de comunicación	61
6.3.3	Relaciones públicas	61
6.3.4	Servicio al cliente	61
6.4	Ventaja competitiva	61
6.4.1	Implicancias de la instalación del laminador sendzimir	61
6.4.1.1	Implicancias técnicas	61
6.4.1.2	Implicancias económicas	62
6.4.1.3	Implicancias comerciales	62
6.4.2	Implicancias de la instalación del horno de recocido sunbeam	62
6.4.2.1	Implicancias técnicas	62
6.4.2.2	Implicancias económicas	62
6.4.2.3	Implicancias comerciales	63
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
VIII.	ANEXOS	68
IX.	BIBLIOGRAFÍA	82

## **INTRODUCCION**

La fusión industrial del cobre y sus aleaciones en hornos de inducción eléctrica de baja frecuencia tipo canal tiene más de 70 años de desarrollo. Los avances tecnológicos que han evolucionado durante los últimos 40 años han permitido extender el alcance de este proceso a la colada continua horizontal, para la producción de productos semielaborados de diversa geometría como es el caso de planchas, barras y tubos; a partir de los cuales se desarrollan otros procesos complementarios hasta la obtención de productos finales de diversa aplicación industrial.

La primera aplicación industrial del proceso de colada continua horizontal para cobre data de 1,958 y fue el Ing. Alfred Wertli de Suiza quien puso en operación la primera planta industrial en el mundo; posteriormente muchas plantas han optado por la misma tecnología como es el caso de COBRES LAMINADOS S. A. que en 1,982 instaló su planta de colada continua horizontal para la producción de planchas de cobre y sus aleaciones en base a cobre.

Desde un inicio y hasta 1,990 la planta de fundición produjo planchas de 12 mm de espesor x 305 mm de ancho lo que le permitía obtener una producción de 260 Kg/Hr; posteriormente se incrementó a 320 Kg/Hr al aumentar el espesor de la plancha a 15 mm, en la actualidad la producción es de 400 – 500 Kg/Hr ya que el espesor de las planchas se incrementó hasta 19 mm y la producción se estandarizó en 17 mm de espesor por razones técnico económicas.

Este incremento fue posible por la mejora continua de los procesos que conforman el sistema de producción, en cada una de las secciones, principalmente en las etapas de laminación y tratamiento térmico así como también al desarrollo de un intercambiador de calor de mayor capacidad para la producción de planchas de mayor espesor en fundición.

El desarrollo de mayor capacidad de producción permitió el incremento de la eficiencia de 60% a 70%, a partir de fundición, el incremento de la productividad; por la disminución de los tiempos muertos, a consecuencia de la reducción significativa del número de etapas de laminación y a las mejoras en la secuencia del movimiento de materiales, así como también a la significativa disminución del punto de equilibrio operativo y financiero al disminuir los costos de producción.

## **I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO**

El proceso de obtención de planchas, láminas y flejes de cobre, latones  $\alpha$  (aleaciones de cobre y zinc) y alpaca (aleaciones de cobre, zinc y níquel) que se desarrolla en COBRELSA consta de las siguientes etapas:

1. Fundición
2. Escalpado
3. Laminación de desbaste
4. Tratamiento Térmico (Recocido)
5. Soldadura
6. Tratamiento Químico (Decapado)
7. Laminación intermedia
8. Laminación final
9. Corte y empaque

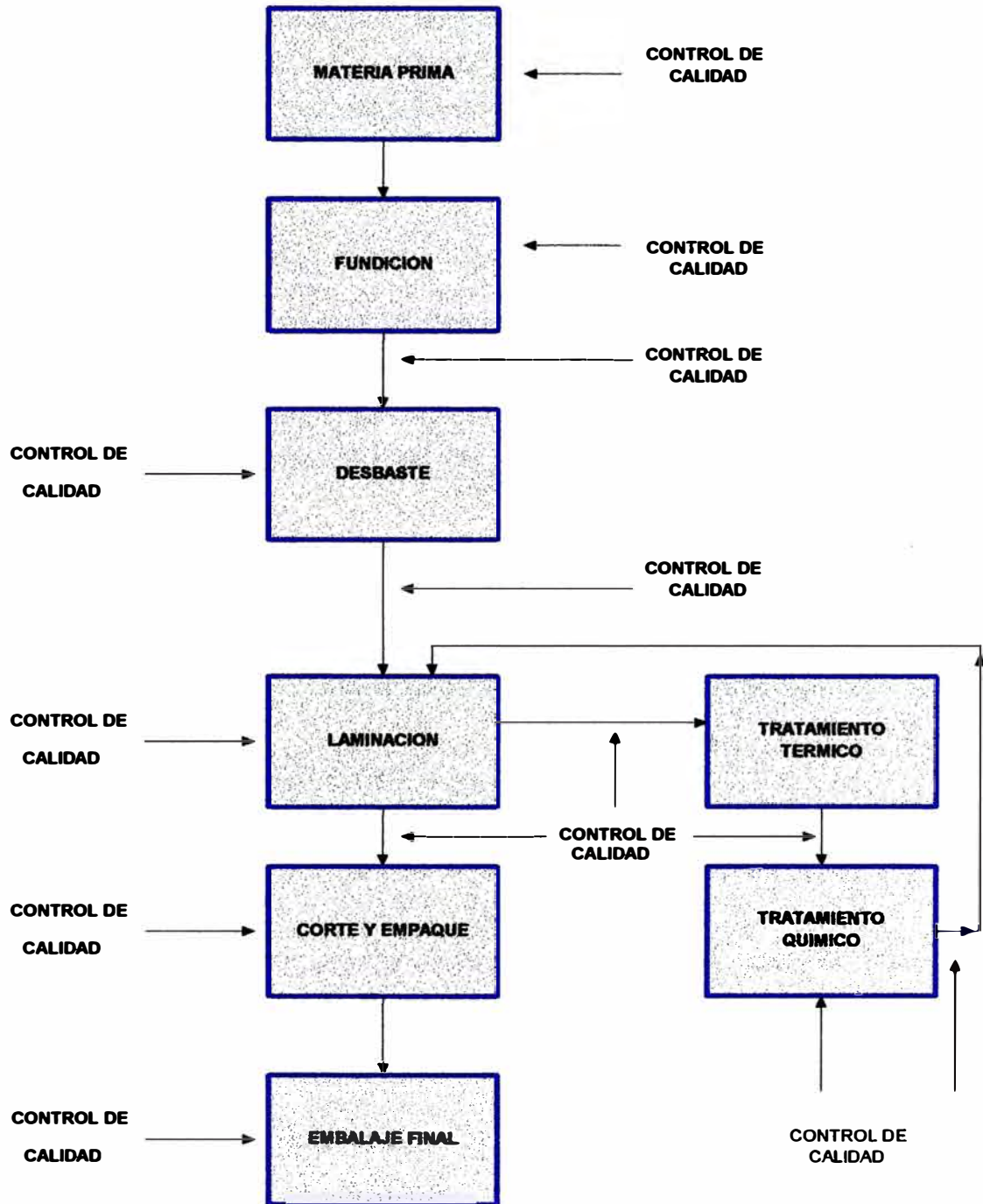
### **1.1 FUNDICION**

El proceso de fusión se lleva a cabo en Hornos eléctricos de inducción de baja frecuencia, tipo canal, y que mediante el proceso de extracción continua horizontal se obtiene planchas rectangulares entre 17 y 19 mm de espesor x 200 hasta 330 mm de ancho x 5.0 a 6.0 metros de longitud; lo que permite obtener el peso requerido, de las bobinas, a nivel de producto terminado.

Las operaciones de fundición son estrictamente planificadas, de tal manera que se considera la aleación a producir, la cantidad, la materia prima a utilizar, los parámetros de operación, el tiempo de inicio y de finalización.

Los procedimientos a seguir tienen el soporte técnico respectivo a través de la emisión de instrucciones escritas y claramente definidas, para cada etapa de operación, lo que permite tener todo el proceso bajo control.

**DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACION DE LAMINAS DE COBRE, LATON Y ALPACA**





Durante el proceso de fusión se lleva a cabo un estricto control sobre la materia prima, composición de cargas, tratamiento metalúrgico, nivel de aleantes, temperatura de hornos de fusión y de mantenimiento, dentro de rangos claramente establecidos, control automático de parámetros de extracción, (tiempos de espera, avance y retroceso), control químico, dimensional y metalográfico de las planchas obtenidas.

## **1.2 ESCALPADO**

Esta operación consiste en eliminar las diferencias de espesor con las que sale la plancha, de la colada continua horizontal, así como también eliminar otros defectos superficiales o sub-superficiales que estas contengan, tales como oquedades, nervaduras, fisuras, porosidades, óxidos, etc.

El objetivo principal del escaldado es obtener una plancha lo más plana y homogénea en su espesor ya que las planchas provenientes de fundición tienen una ligera variación de espesor, en la parte central superior, a consecuencia de la contracción durante la solidificación. El escaldado se realiza por ambas caras.

## **1.3 LAMINACION DE DESBASTE**

Esta operación de laminado de desbaste se realiza en frío y en dos etapas:

En la primera etapa se utiliza una laminadora dúo, que cuenta además, con una mesa de entrada y un sistema alimentador de planchas, una mesa de salida y un sistema volteador de planchas.

En esta máquina se alcanza una reducción promedio de 62.5 % en varias pasadas. El espesor de las planchas se reduce de 16.0 mm hasta 6.0 mm en forma de planchas de mayor longitud.

En la segunda etapa de laminación las planchas, de 6.0 mm de espesor, pasan a una segunda laminadora dúo para convertirse en bobinas; ya que ésta máquina

cuenta con una roladora y un sistema realimentador de bobinas lo que permite que en varias pasadas se obtenga 2.0 mm de espesor, alcanzando hasta aquí una reducción promedio acumulada de 87.5 %, motivo por el cual el material presenta una elevada dureza.

#### **1.4 TRATAMIENTO TERMICO (RECOCIDO)**

Los procesos de deformación plástica en frío ocasionan que el material registre una pérdida de ductilidad por lo cual es necesario recocerlo en hornos especiales, bajo determinados condiciones de temperatura y tiempo, para que el material recupere su ductilidad (se ablande) y permita nuevamente ser laminado, etc.

Al tratamiento térmico anterior se le conoce como recocido de ablandamiento y tiene lugar en tres etapas:

- Alivio de tensiones
- Recristalización
- Crecimiento de grano

En el recocido tiene gran importancia la correcta selección de temperatura y tiempo por que estos parámetros inciden en el grado de recuperación y crecimiento de grano.

La temperatura y tiempo en el proceso de recocido para una aleación de cobre varían considerablemente y dependen de factores tales como el grado inicial de trabajado en frío, las propiedades mecánicas requeridas y la composición de la aleación.

La precisión de control de temperatura es más estricta en un latón 70/30, ya que si se eleva la temperatura de recocido de 400 hasta 650 grados centígrados, el tamaño de grano crecerá de 8 a 10 veces; mientras que en el caso del cobre ligeramente aleado con plata o zinc, una elevación similar causaría un aumento tan sólo al doble del tamaño de grano.

El proceso de recocido se realiza bajo atmósfera inerte, en mayor proporción, para evitar la oxidación superficial del metal, por efecto del calentamiento a alta temperatura, por lo cual se denomina recocido brillante y también bajo atmósfera abierta pero en menor proporción.

La atmósfera inerte, utilizada durante el recocido, compuesta principalmente por Gases reductores tienen dos procedencias:

- La generada en planta por combustión directa de gas propano/butano mezclados con aire dentro de un reactor y que permite obtener como gases de combustión aproximadamente 87 % de N<sub>2</sub>, 12.5 % de CO<sub>2</sub> y 0.5 % de H<sub>2</sub> y que son inyectados directamente a los depósitos de cierre hermético denominados retortas en los cuales se efectúan las cargas de material.
- La de N<sub>2</sub> líquido químicamente puro, obtenida en el mercado de 2 proveedores de prestigio, y que es aplicada directamente por inyección a las retortas, que contienen el material, bajo determinada presión.

Los parámetros que se controlan son la temperatura (°C) y el tiempo (hrs.), los cuales son de marcada importancia para obtener las características finales que el producto requiere, por tal motivo nosotros llevamos un estricto control (electrónico) de los mismos.

## **1.5 TRATAMIENTO QUIMICO (DECAPADO)**

El decapado tiene por objeto eliminar los óxidos formados en la superficie del metal durante el tratamiento térmico.

Se realiza antes de pasar a otra etapa de laminación en depósitos llamados "tinajas de decapado" que contienen una solución de ácido sulfúrico diluido en agua con una concentración de 15 al 20 %.

Una vez que el cobre o latón ha pasado por la tina de decapado; estos son lavados con agua para eliminar el ácido sulfúrico remanente y también las posibles

impurezas adheridas. Posteriormente el agua es eliminada al pasar el metal por unos rodillos exprimidores y por sistema de secado.

En el decapado es importante el control de la concentración de ácido sulfúrico, ya que, cuando se tiene una solución muy diluida (deficiente en ácido) y se está decapando latón es necesario adicionar algunos aditivos abrillantadores como el caso de dicromato de potasio o peróxido de hidrógeno en bajas concentraciones, (entre el 0.5 al 2 %), para lograr un mejor acabado superficial.

## **1.6 SOLDADURA**

El objeto del soldeo es de obtener bobinas o rollos de mayor peso para obtener mayor rendimiento y una mayor productividad al disminuir la generación de retornos así como también los tiempos muertos. El tipo de soldadura utilizada es TIG, (Tungsteno-inerte-gas), sin aporte de material para lo cual se utiliza un gas inerte como el argón, nitrógeno, etc., lo que permite que durante el calentamiento y fusión del material no se oxide obteniendo una buena unión soldada ya que durante el proceso de laminación no se rompe y es imperceptible en la lámina.

El cobre se suelda en 1.5 mm de espesor, el latón y alpaca entre 1.5 mm y 3.0 mm. La limitación del espesor está en función de la capacidad de la máquina de soldar.

## **1.7 LAMINACION INTERMEDIA**

La denominamos así por que se utiliza una máquina dúo simple que permite reducir el cobre y latón desde 3.5 mm hasta 0.75 mm; pero normalmente se reduce de 2.0 mm hasta 0.75, obteniendo una reducción de 62.5 %.

La importancia de esta etapa de laminación es de corregir la variación de espesor, entre centro y extremos, de las láminas generada por la mayor flexión de rodillos durante el laminado de desbaste.

En menor proporción se efectúa laminado final o de acabado ya que la mayoría de nuestros productos son finos (menor a 1.0 mm de espesor).

## 1.8 LAMINACION FINAL

Este proceso se realiza en una máquina cuarto reversible, cuyos rodillos de trabajo y de apoyo están montados en una cajas de rodamientos, lo que permite reducir el material hasta 0.050 mm de espesor, en varias etapas o ciclos, según el espesor final que se desee obtener. Debe entenderse por etapa o ciclo:

A. COBRE : LAMINACION ----> RECOCIDO

B. LATON LAMINACION ----> RECOCIDO -----> DECAPADO

En esta laminadora el control de espesor de las láminas es mucho más estricto que en las laminadoras anteriores ya que la tolerancia para flejes delgados es de  $\pm 0.005$  mm, para lo cual dicha laminadora cuenta con un sistema electrónico de control de espesores de gran precisión.

## 1.9 CORTE Y EMPAQUE

Esta parte final del proceso de producción de flejes de cobre y latón consta básicamente de dos cizallas de corte circular y dos mesas de empaque para el enrollado y ajuste final de los flejes. El proceso de corte se aplica luego de que el material reúne todas las características especificadas por los clientes.

Se preparan los cortes de acuerdo a los anchos pedidos por el cliente; de tal manera que el desperdicio sea mínimo. El número de flejes que se puede obtener está en función de los anchos solicitados ya que la lámina, antes del corte, tiene hasta 325 mm. de ancho.

Luego de que el material ha sido cortado; los flejes pasan a la mesa de empaque, de superficie lisa (para que no se deterioren los filos de las láminas), y se procede a enrollarlos con el diámetro interior, según lo solicitado por el cliente.

## II. PRINCIPIOS DE LA COLADA CONTINUA HORIZONTAL

El diseño y disposición de la última generación de las plantas de colada continua horizontal han sido básicamente mantenidos como aquel usado en la primera planta (1,958) como se ilustra en la figura siguiente.

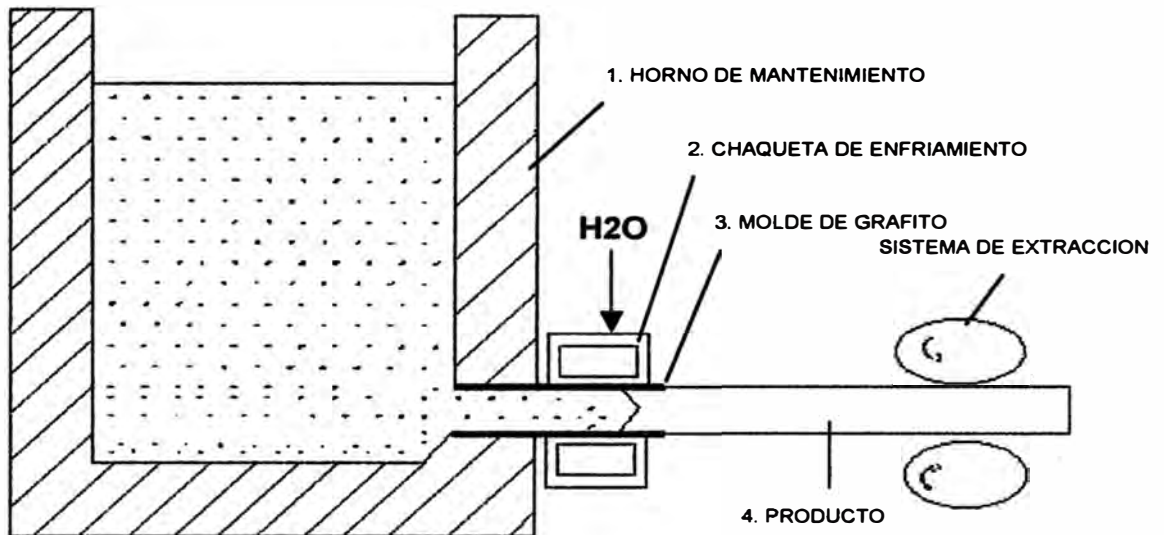


FIG. No. 1 SISTEMA DE COLADA CONTINUA HORIZONTAL

Durante la operación el material de carga es alimentado al interior de las cámaras de los hornos de fusión siendo rápidamente fundida por el flujo continuo del metal líquido alrededor de él.

El sistema consta de dos hornos de fusión; los que alimentan intermitentemente metal fundido a un tercer horno, llamado de mantenimiento, en el que se registra una aleación uniforme y a una temperatura apropiada para cada tipo de aleación.

La disposición esquemática del sistema se ilustra en la siguiente figura.

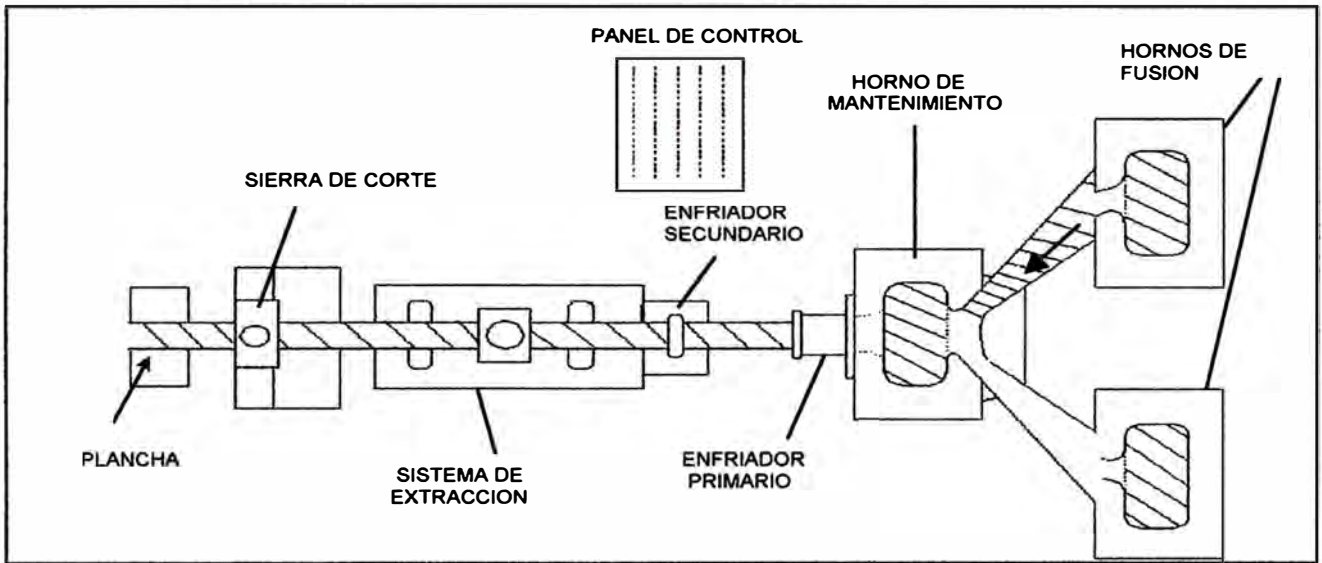


FIG. No. 02 VISTA DE PLANTA DEL SISTEMA DE COLADA CONTINUA

## 2.1 CARACTERISTICAS DEL HORNO DE INDUCCION

El horno de inducción de baja frecuencia tipo canal se puede considerar como un transformador de 60 hz., constituido por:

Un circuito primario, el que a su vez está formado por un núcleo de chapas superpuestas de acero al silicio de forma rectangular en el que va envuelto un espiral de cobre.

Un circuito secundario constituido por dos canales anulares llenos de metal fundido circundantes al núcleo primario.

Todo éste sistema llamado inductor está montado en la parte más baja de la cámara del horno como se ilustra en la siguiente figura.

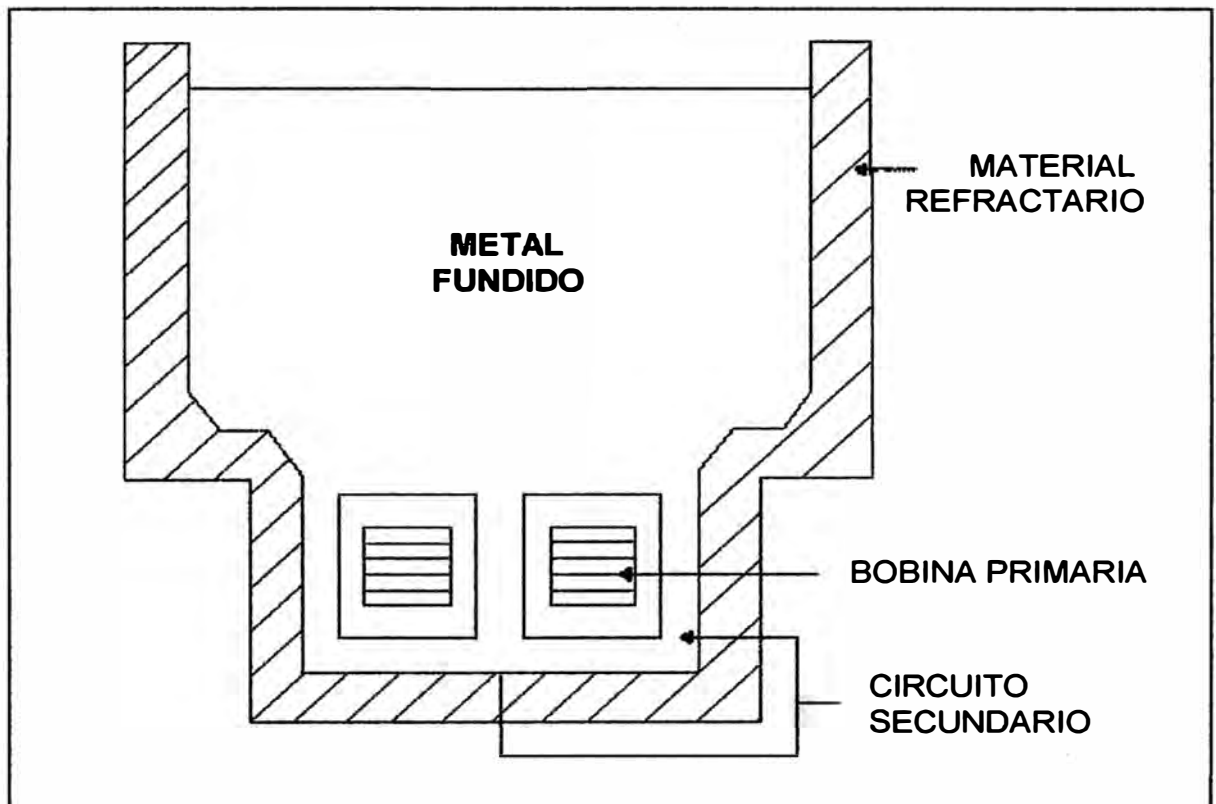


FIG. No. 03 CORTE DE UN HORNO DE INDUCCION

El poder de fusión del circuito primario es inducido en el circuito secundario con una alta eficiencia ( 95 %). La corriente secundaria de muchos miles de amperios crea fuerzas electromagnéticas que originan que el metal fundido dentro del canal sea homogenizado por convección. Esta convección se extiende y continua por todo el metal fundido en la cámara u hogar del horno dando lugar a la obtención de una aleación homogénea superior a aquella obtenida en hornos calentados exteriormente.

## 2.2 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

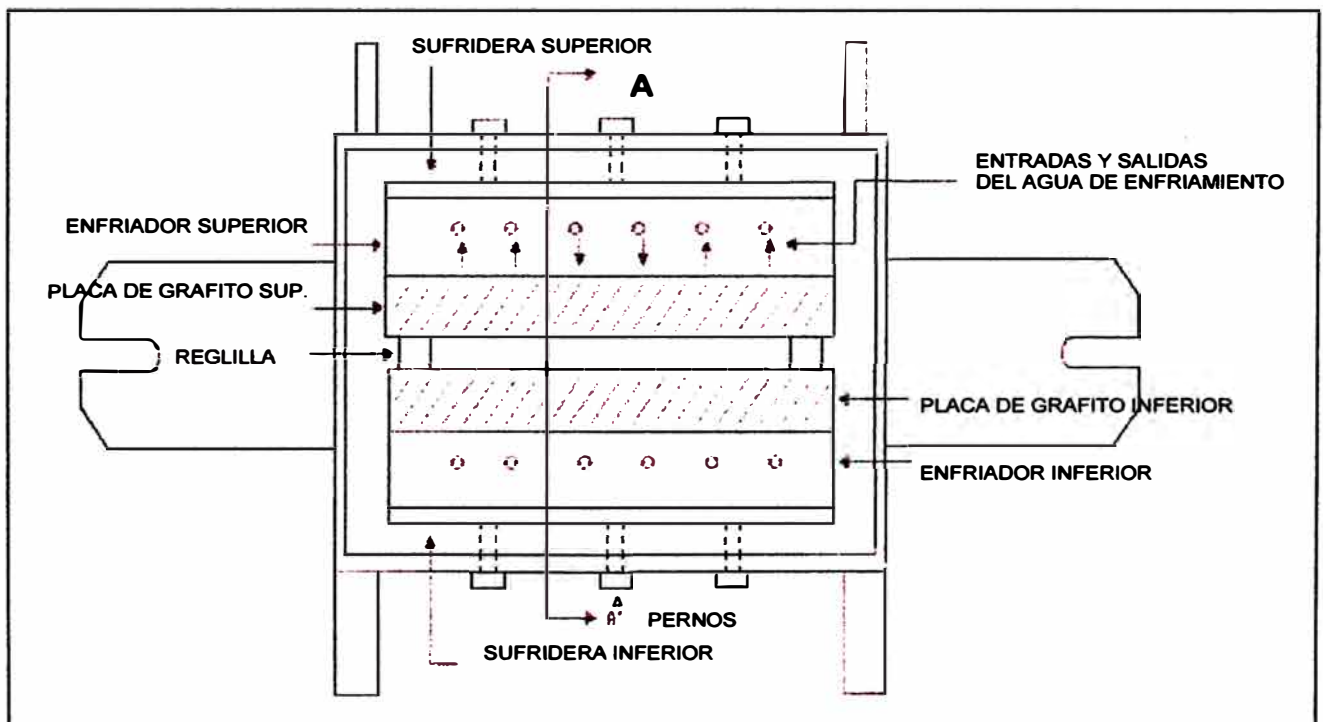
Está constituido por dos enfriadores de cobre; en los cuales se ha preparado ductos de entrada y salida de agua para la refrigeración correspondiente. Estos enfriadores son ensamblados en la parte superior e inferior del molde de grafito y sujetos a una carcasa de acero mediante pernos.



Este sistema debe reunir las siguientes características:

- Contacto perfecto entre grafito y enfriadores; lo que se logra con una superficie rectificada y pulida.
- Alineamiento perfecto entre placas durante el ensamble
- Alta capacidad de transferencia térmica y regulable en función de la aleación y geometría del producto.

En la siguiente figura se muestra el sistema de enfriamiento.



**FIG. No. 04 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

Es esencial que la velocidad de extracción de calor del metal, a través del molde, sea consistente con los requerimientos de la aleación y el efecto del enfriamiento debe ser aplicado uniformemente en toda la sección del producto.

## 2.3 MOLDES DE GRAFITO

El molde más recomendable es aquel de diseño más simple y de fácil montaje y que además permite obtener un producto de buena calidad física y metalográfica (textura de grano grande y uniforme) para poder aplicar altos porcentajes de reducción durante el conformado en frío y de ésta manera disminuir las etapas de laminación.

El esquema se muestra en la siguiente figura:

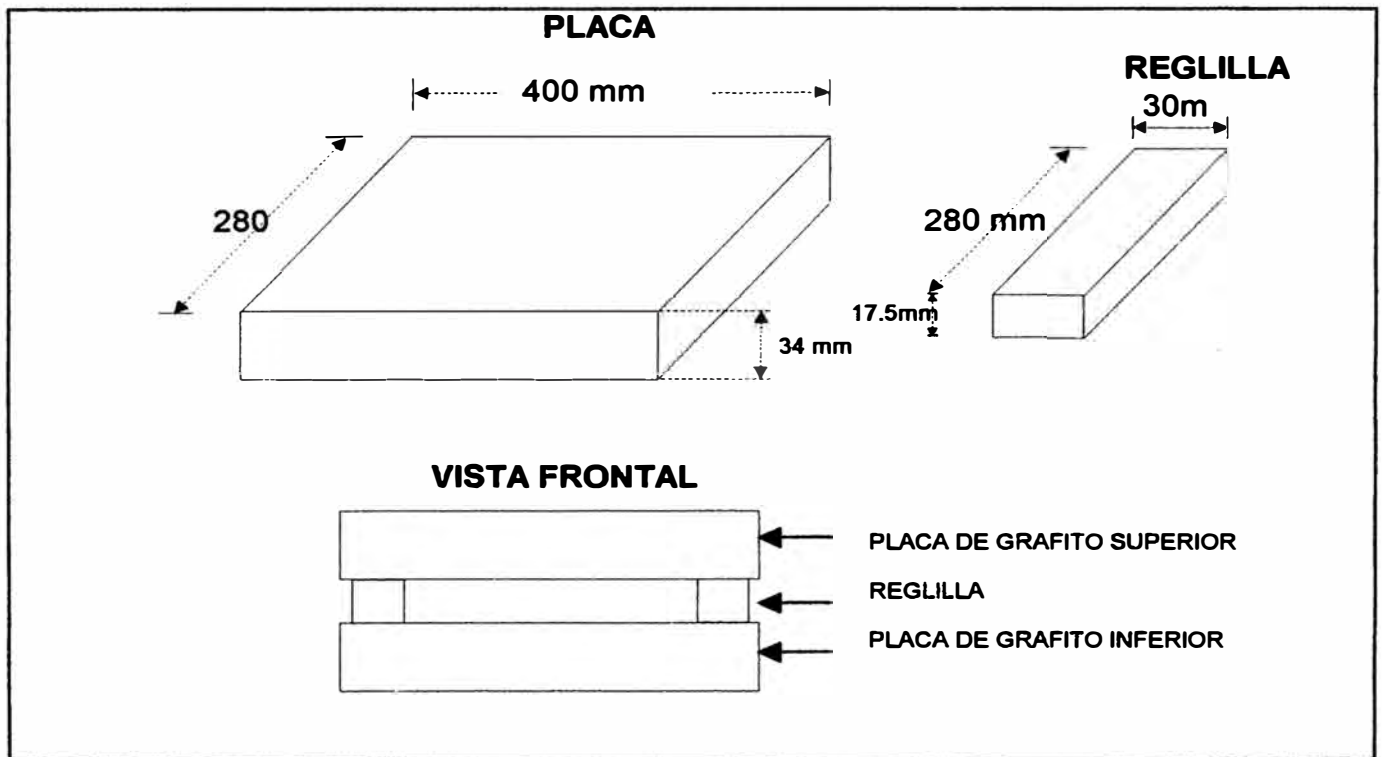


FIG. No. 05 DISPOSICION DE LAS PLACAS DE GRAFITO EN EL ENFRIADOR

El molde de grafito es utilizado por las siguientes razones de importancia:

- El metal líquido generalmente no moja el grafito.
- La transferencia de calor es excelente.
- La resistencia al choque térmico es alta.
- Su estructura hexagonal da buenas propiedades lubricantes.
- Fácil maquinabilidad.
- Baja dilatación.

## **2.4 PRODUCTOS COLADOS**

Una de las ventajas más importante de éste sistema es la obtención de productos con las siguientes características:

**CALIDAD QUIMICA:** La agitación natural del baño, por fuerzas electromagnéticas, permite la obtención de aleaciones químicamente homogéneas, es decir, en una aleación binaria la distribución del soluto a través del metal líquido es uniforme.

**CALIDAD FISICA:** Se obtiene planchas con buena uniformidad dimensional, libre de defectos e imperfecciones superficiales o de contornos, con un frente de solidificación uniforme y con alta ductilidad para ser deformados en frío.

**CALIDAD METALURGICA:** Los productos están libres de inclusiones, óxidos, micro porosidades y poseen una estructura macrográfica óptima para el proceso de laminación en frío, etc.

Macrográficamente la plancha presenta, por lo general, 2 zonas bien definidas. Una zona de granos equiaxiales en la región de contacto molde - plancha y una zona de granos columnares los cuales crecen en el mismo sentido de la extracción de las planchas y opuestamente al sentido de la extracción del calor.

- ii El tamaño de la zona equiaxial como de la zona columnar depende los parámetros de colada, tipo de aleación, velocidad de extracción de calor a través del molde, sistema de enfriamiento y el espesor de la plancha.
- iii Microscópicamente la plancha presenta una mínima densidad de inclusiones, de óxidos metálicos, por que el metal fluye hacia el molde por gravedad, por la parte frontal e intermedia del horno de sostenimiento, sin ninguna turbulencia permitiendo que la escoria y/o el material de cobertura quede en la parte superior del horno.

## 2.5 SISTEMA DE EXTRACCION

La disposición esquemática de perfil, de una planta de colada continua horizontal, se muestra en la figura siguiente; en donde puede observarse que los sistemas de extracción y de corte constituyen los pasos finales del proceso de colada continua.

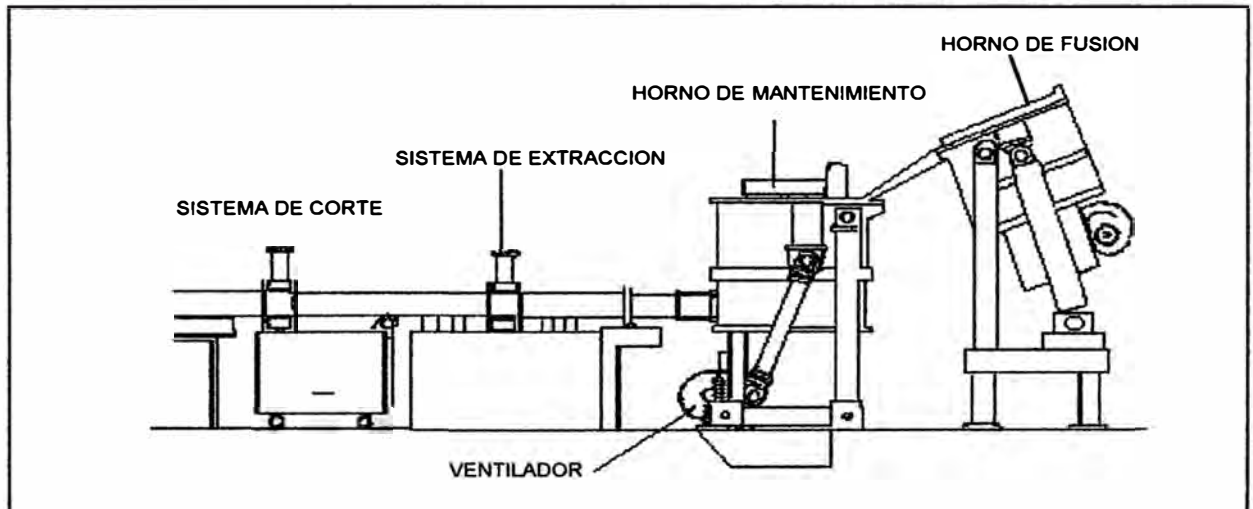


FIG. No. 06 VISTA DE PERFIL DEL SISTEMA DE COLADA CONTINUA

El metal líquido es alimentado desde el cuerpo interior del horno hacia el molde de grafito, por gravedad, en donde ocurre la solidificación bajo condiciones estrictamente controladas.

La plancha solidificada es extraída intermitentemente, desde el molde de grafito, por medio de un equipo de extracción hidráulica. Después de dejar el molde de grafito, llamado enfriador primario, la plancha pasa por una estación de enfriamiento secundario; el cual contribuye con la velocidad de solidificación; así como también termina con el enfriamiento del producto hasta una temperatura aproximadamente cercana a la del medio ambiente.

La estación de enfriamiento secundario es seguida por el equipo de extracción el cual transporta la plancha sólida a través de la línea de colada hasta alcanzar el punto de corte de acuerdo a la longitud y peso deseado.

Los parámetros de extracción y la secuencia de aplicación son específicos para cada aleación determinada.

Los parámetros previamente preseleccionados son controlados por medios electrónicos en forma automática y estos pueden ser reajustados cuando es conveniente.

### **III. PARAMETROS DE OPERACION Y SU IMPLICANCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO**

#### **3.1 TEMPERATURA DEL HORNO DE MANTENIMIENTO**

La temperatura del metal fundido en el horno de mantenimiento es de marcada importancia y ésta va a depender de la naturaleza de la aleación.

Cada aleación tiene una temperatura óptima de colada la cual debe mantenerse en un estrecho rango de variación ya que el sobrecalentamiento del metal fundido da lugar a los siguientes problemas:

- a Ocasiona la oxidación del metal y la absorción de gases; los que a su vez, durante la solidificación, dan lugar a la presencia de:

Inclusiones intergranulares

Microporosidades intergranulares

Fisuras intergranulares

Grietas que se inician en la superficie externa de los productos.

- b Producción de grietas, por acción mecánica, a partir de las fronteras interdendríticas ya que, durante la extracción del producto, se aplica una alta fuerza de tracción; lo cual se hace más crítico si el molde de grafito tiene depósitos de metal, en la superficie en contacto, dando lugar al anclaje del producto en la zona del frente de solidificación (zona pastosa del metal)

#### **3.2 SISTEMA DE EXTRACCION**

El sistema de extracción tiene los siguientes parámetros de control:

- Tiempo de espera      mide el tiempo de espera entre ciclos
- Tiempo de jalada      mide el tiempo de jalada entre cada ciclo
- Tiempo de retroceso    mide el tiempo de retroceso entre cada ciclo

La combinación de parámetros conforma los siguientes programas de extracción:

- Programa 1            avance - avance
- Programa 2            avance - espera
- Programa 3            avance - retroceso - espera
- Programa 4            espera - retroceso - avance.

En el cobre es recomendable empezar con baja velocidad de extracción, para ir aumentándola progresivamente, ya que en la zona que se produce la solidificación el grafito sufre deterioro por: Acción mecánica, térmica y por oxidación, las cuales disminuyen el tiempo de vida del enfriador.

Al aumentar progresivamente la velocidad de extracción la solidificación se producirá en una zona de grafito bueno y de éste modo se aumentará el tiempo de vida del enfriador.

La velocidad de extracción es controlada con el tiempo de espera entre ciclos así como también con el caudal de agua de entrada. El recomendable trabajar con el programa N° 3 por ser menos susceptible de interrumpir la extracción de planchas por un sobreenfriamiento.

En el caso del latón es a la inversa. Se comienza con mayor velocidad de extracción ya que luego va disminuyendo lentamente a consecuencia de la producción de depósitos de zinc, generados por segregación, y óxidos en la superficie del grafito en contacto con el metal. Estos depósitos ejercen una acción de anclaje sobre el metal pastoso, durante la extracción de la plancha.

Es más recomendable el programa N° 4 ya que éste rompe el anclaje antes del avance sin afectar la calidad física de la plancha obtenida.

<b>Para el caso del cobre</b>		<b><u>Capacidad de producción</u></b>
Programa	N° 3	
Avance	1.8 seg.	500 Kg / Hr
Retroceso	0.2 seg.	
Espera	3.7 seg.	

**Para el caso del Latón****Capacidad de producción**

Programa	N° 4	
Espera	3.8 seg.	400 Kg / Hr
Retroceso	0.3 seg.	
Avance	1.7 seg.	

El alto amperaje, generado por el ensanche o desbocamiento de canales del inductor, da lugar a la disminución de la potencia; lo que puede ocasionar el calentamiento de las bobinas del circuito primario hasta fundirse o cortocircuitarse.

Capacidad de fusión	180 Kg/Hr/Horno para cobre
Capacidad de fusión	240 Kg/Hr/Horno para latón
Amperaje normal	250 amp.mínimo,
Amperaje alto	350 amp.máximo

**3.3 AGUA DE ENFRIAMIENTO**

El diseño del sistema de grifería debe ser tal que permita medir el flujo y temperatura del agua en la entrada y salida de los enfriadores para controlar que el enfriamiento sea uniforme.

El agua que se alimenta al enfriador o coquilla debe ser blanda; para lo cual se trata adecuadamente antes de alimentarla a la fundición ya que el agua dura encalicha el enfriador restándole capacidad de enfriamiento.

El agua se alimenta al sistema de enfriamiento con 25 grados centígrados y sale con 40 grados centígrados con un gradiente de intercambio de temperatura de 15 grados centígrados; los cuales son suficientes para asegurar que la solidificación del metal sea completa.



#### **IV. VENTAJAS DE LA COLADA CONTINUA HORIZONTAL**

El proceso de obtención de placas de cobre y sus aleaciones, por colada continua horizontal, tiene importantes ventajas comparándola con la colada convencional estática principalmente por los siguientes aspectos:

1. Se obtienen productos de optima calidad desde el punto de vista químico, físico y metalúrgico.

Químico por la uniformidad de la aleación, preparada previamente en los hornos de fusión; físico por la exactitud dimensional, con mínima contracción, y metalúrgico por la estructura macrográfica homogénea, con mínimo nivel de inclusiones de óxidos metálicos y no metálicos; por que el metal líquido fluye al molde por la parte frontal e intermedia del cuerpo del horno, evitando el atrapamiento de escoria que se encuentra en la superficie del metal líquido ya que la turbulencia es nula.

2. Producción de planchas tan delgadas (En nuestro caso entre 17 mm a 19 mm de espesor); haciendo posible la directa laminación en frío y evitando, de esta manera, el costoso laminado en caliente.
3. Durante la fusión se obtiene una alta eficiencia (Alrededor de 95 % en promedio); disminuyendo los costos de producción por la mínima pérdida de energía.
4. Se pueden producir planchas o bobinas de buen tamaño o peso lo que permite, que durante el proceso de laminación, se obtenga una alta productividad y rendimiento al disminuir los tiempos muertos y la alta producción de retornos respectivamente.
5. Este sistema evita el sobrecalentamiento del metal y por consiguiente disminuye la solubilidad de los gases de tal manera que luego de la solidificación no se presentan porosidades en los productos terminados de mínimo espesor permitiendo alcanzar espesores de 0.050 mm sin ningún problema.

6. Las pérdidas de metal por oxidación son mínimas ya que la temperatura del baño es fácilmente controlada para cada tipo de aleación.
7. La continuidad del proceso de fundición depende del tiempo de vida de los grafitos (sistema de enfriamiento), es decir, el proceso no se detiene hasta que el producto registre defectos superficiales por la abrasión o depósitos de óxidos sobre la superficie del grafito en contacto con el metal líquido.
8. Las planchas obtenidas en fundición son tan homogéneas estructuralmente ya que permiten aplicar altas reducciones durante el proceso de laminación disminuyendo las etapas de proceso y el costo de producción.
  1. La aplicación del proceso de laminación en frío, a partir de planchas delgadas, evita la producción de alta variación de espesor en las láminas, producto de la flexión de rodillos, ya que durante el laminado de desbaste se utilizan rodillos de mayor diámetro y con núcleo tenaz para soportar los esfuerzos de torsión que se produce al aplicar altas reducciones.

## V. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

El cálculo de la capacidad de producción lo determinamos de manera simple y práctica; pero bajo dos situaciones diferentes, las que al complementarse nos permiten efectuar el balance de línea del flujo productivo y establecer la capacidad de producción para diferentes mezclas de productos. Las situaciones son:

### 1.Capacidad de producción bruta por aleación y por sección o máquina

### 2.Capacidad de producción neta compuesto por sección o máquina

Para efectuar el cálculo de la capacidad de producción se asume que el peso de las planchas, obtenidas en fundición, se mantiene igual en todas las secciones; pero la cantidad de planchas que se produce o procesa por turno varía en función de la capacidad de cada máquina y del número de procesos, para lo cual se toman los datos promedios, del número de procesos, por cada rango de espesor.

## 5.1 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN BRUTA

En éste primer caso se toma en cuenta la siguiente información:

- Características de las planchas obtenidas en fundición

<b>MATERIAL</b>	<b>ESPESOR (mm)</b>	<b>ANCHO (mm)</b>	<b>LONGITUD (mts)</b>	<b>PESO (Kg)</b>
COBRE	12.00	305	6.7	212
LATON	12.00	305	6.7	205

- Número de planchas producidas por turno (PI/T)
- Turnos de trabajo por día (T/D)
- Peso de la plancha en kilos (n Kg/PI)
- Tiempo en horas (Hr)
- Peso producido por hora (N Kg/Hr)

Finalmente se utiliza la siguiente ecuación:

$$(PI/T \times T/D \times 1 D/24Hr \times n \text{ Kg/PI}) = N \text{ Kg/Hr}$$

### **5.1.1 CAPACIDAD DE PRODUCCION BRUTA EN FUNDICION**

El cálculo de la capacidad de producción bruta, para cobre y latón, en fundición y en el resto de secciones lo efectuamos de la siguiente manera:

$$\text{Cobre: } (13\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 344.5 \text{ Kg/Hr}$$

$$\text{Latón: } (12\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 307.5 \text{ Kg/Hr}$$

### **5.1.2 CAPACIDAD DE PRODUCCION EN ESCALPADO (FRESA)**

$$\text{Cobre: } (30\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 795.0 \text{ Kg/Hr}$$

$$\text{Latón: } (30\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 768.7 \text{ Kg/Hr}$$

### **5.1.3 CAPACIDAD DE PRODUCCION EN DESBASTE**

#### **5.1.3.1 PRIMER LAMINADO DE DESBASTE (Dominion I)**

$$\text{Cobre: } (35\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 927.5 \text{ Kg/Hr}$$

$$\text{Latón: } (35\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 927.5 \text{ Kg/Hr}$$

#### **5.1.3.2 SEGUNDO LAMINADO DE DESBASTE (Dominion II)**

A partir de esta etapa de proceso las planchas se convierten en rollos pero para efectos de realizar los cálculos vamos a considerar como si fueran planchas utilizando la misma nomenclatura en todas las secciones de trabajo.

$$\text{Cobre: } (35\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 927.5 \text{ Kg/Hr}$$

$$\text{Latón: } (35\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 927.5 \text{ Kg/Hr}$$

### **5.1.4 CAPACIDAD DE PRODUCCION EN SOLDADURA**

$$\text{Cobre: } (24\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 636.0 \text{ Kg/Hr}$$

$$\text{Latón: } (24\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 636.0 \text{ Kg/Hr}$$

### **5.1.5 CAPACIDAD DE PRODUCCION EN TRATAMIENTO TERMICO**

Para el cálculo de la capacidad de producción en la sección de tratamiento térmico o de recocido se considera la siguiente información adicional:

- Sistema de recocido bajo atmósfera inerte (recocido brillante)
- Sistema de recocido bajo atmósfera abierta
- Dos hornos de igual capacidad denominados (H-1 y H-2)
- Un horno de mayor capacidad denominado (H-3)
- Numero de planchas por carga (PI/C)
- Número de cargas por día (C/D)

Nota: El cobre se recose solamente bajo atmósfera inerte igualmente las aleaciones que contienen níquel como es el caso de las alpacas comerciales y de igual manera todos los latones con contenido de cobre mayor a 75%. En el caso del latón 70/30 y 63/37, etc., el penúltimo y último recocido se efectúa bajo atmósfera inerte para obtener una mejor calidad de superficie en los productos.

La capacidad de recocido, de los tres hornos, para latón es diferente solamente cuando este proceso se efectúa bajo atmósfera inerte; pero cuando se efectúa bajo atmósfera abierta u oxidante es igual ya que tienen la misma capacidad de carga.

Para el proceso de recocido, en atmósfera inerte, se utiliza unos recipientes denominados potes o retortas; a cuyo interior se carga los materiales y se les inyecta los gases reductores, manteniendo una presión positiva controlada, para proteger al material contra cualquier agente oxidante proveniente del aire y también para facilitar la evacuación de los residuos húmedos provenientes de los lubricantes de laminación.

### **5.1.5.1 RECOCIDO BAJO ATMOSFERA INERTE (RECOCIDO BRILLANTE)**

#### **Cobre**

H-1 y H-2:  $8\text{PI/C} \times 3.5\text{C/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 212\text{Kg/PI} \times 2 = 494.7 \text{ Kg/Hr}$

H-3:  $10\text{PI/C} \times 3.5\text{C/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 212\text{Kg/PI} \times 1 = 309.2 \text{ Kg/Hr}$

**Capacidad bruta total para cobre =  $494.7 + 309.2 = 803.9 \text{ Kg/Hr}$**

#### **Latón**

H-1 y H-2:  $8\text{PI/C} \times 3.5\text{C/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI} \times 2 = 478.3 \text{ Kg/Hr}$

H-3:  $10\text{PI/C} \times 3.5\text{C/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI} \times 1 = 299.0 \text{ Kg/Hr}$

**Capacidad total para latón =  $478.3 + 299.0 = 777.3 \text{ Kg/Hr}$**

### **5.1.5.2 RECOCIDO BAJO ATMÓSFERA ABIERTA**

Aplicado en determinada proporción solamente para los primeros recocidos del latón 70/30 o 63/37 ya que cualquier latón con más de 75% de cobre requiere ser recocido bajo atmósfera inerte para evitar el dezincado ocasionado por la elevada temperatura del proceso y así lograr una buena calidad estructural y superficial de los productos.

#### **Latón**

H-1, H-2 Y H-3:

$12\text{PI/C} \times 3.5\text{C/D} \times 1\text{D/24Hr} \times 205\text{Kg/PI} \times 3 = 1,076.3 \text{ Kg/Hr}$

**Capacidad total =  $1,076.3 \text{ Kg/Hr}$**

Para determinar la capacidad bruta total de recocido del latón consideramos que el 30% de recocidos se efectúan bajo atmósfera inerte (recocido brillante) y el 70% restante bajo atmósfera abierta.

$\text{C.T.} = (777.3 \times 0.30 + 1,076.3 \times 0.70) / (0.30 + 0.70) = 986.4 \text{ Kg./Hr}$

**Capacidad bruta total para el latón =  $986.4 \text{ Kg/Hr}$**

### **5.1.6 CAPACIDAD DE DECAPADO GRUESO ( DECAPADO I)**

Cobre:  $(20\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 530.0 \text{ Kg/Hr}$

Latón:  $(20\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 512.5 \text{ Kg/Hr}$

### **5.1.7 CAPACIDAD DE LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)**

Cobre:  $(22\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 583.0 \text{ Kg/Hr}$

Latón:  $(20\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 512.5 \text{ Kg/Hr}$

### **5.1.8 CAPACIDAD DE DECAPADO FINO (DECAPADO II)**

Cobre:  $(18\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 477.0 \text{ Kg/Hr}$

Latón:  $(16\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 410.0 \text{ Kg/Hr}$

### **5.1.9 CAPACIDAD DE LAMINADO FINO (MINO)**

Cobre:  $(18\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 477.0 \text{ Kg/Hr}$

Latón:  $(22\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 563.7 \text{ Kg/Hr}$

### **5.1.10 CAPACIDAD DE CORTE Y EMPAQUE GRUESO (CIZALLA II)**

Cobre:  $(12\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 318.0 \text{ Kg/Hr}$

Latón:  $(12\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 307.5 \text{ Kg/Hr}$

### **5.1.11 CAPACIDAD DE CORTE Y EMPAQUE FINO (CIZALLA I)**

Cobre:  $(6\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 212\text{Kg/PI}) = 159.0 \text{ Kg/Hr}$

Latón:  $(8\text{PI/T} \times 3\text{T/D} \times 1\text{D}/24\text{Hr} \times 205\text{Kg/PI}) = 205.0 \text{ Kg/Hr}$

Para determinar la producción mensual, cuya información se presenta en los cuadros siguientes, se considera 25 días de trabajo en la mayoría de secciones (83.33% del tiempo disponible), a excepción de recocido; donde se considera 27 días de operación (90.00% del tiempo disponible). El resto de tiempo es utilizado para efectuar los trabajos de mantenimiento productivo total, cambio de utilaje, etc.

**CUADRO No. 1 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION BRUTA POR SECCION  
(PLANCHAS DE 12.0 mm DE ESPESOR)**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION				DIAS DE OPERACION NETA	PRODUC. BRUTA TM/Mes
		PI/T	Kg/PI	Kg/Hr	TM/Día		
FUNDICION	COBRE	13	212	344.50	8.27	25	206.70
	LATON	11	205	281.88	6.77	25	169.13
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	30	212	795.00	19.08	25	477.00
	LATON	30	205	768.75	18.45	25	461.25
1o. LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	35	212	927.50	22.26	25	556.50
	LATON	35	205	896.88	21.53	25	538.13
2o. LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	COBRE	35	212	927.50	22.26	25	556.50
	LATON	35	205	896.88	21.53	25	538.13
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	30.3	212	803.83	19.29	27	520.88
	LATON	34.3	205	878.94	21.09	27	569.55
SOLDADURA	COBRE	24	212	636.00	15.26	25	381.60
	LATON	24	205	615.00	14.76	25	369.00
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	20	212	530.00	12.72	25	318.00
	LATON	20	205	512.50	12.30	25	307.50
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	22	212	583.00	13.99	25	349.80
	LATON	20	205	512.50	12.30	25	307.50
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	18	212	477.00	11.45	28	320.54
	LATON	16	205	410.00	9.84	28	275.52
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	18	212	477.00	11.45	25	286.20
	LATON	22	205	563.75	13.53	25	338.25
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	12	212	318.00	7.63	25	190.80
	LATON	12	205	307.50	7.38	25	184.50
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	6	212	159.00	3.82	25	95.40
	LATON	8	205	205.00	4.92	25	123.00



## **5.2 CAPACIDAD DE PRODUCCION NETA COMPOSITO POR SECCION**

En este segundo caso se toma en cuenta la siguiente información adicional:

- ◆ Número de procesos por sección o máquina
- ◆ Nivel porcentual de participación del cobre y latón
- ◆ Factor de productividad total
- ◆ Mezcla de productos (Fino, mediano y grueso)

La producción de los diferentes materiales está conformada por un número de procesos o etapas de proceso y cada proceso o etapa esta delimitada por una o varias operaciones combinadas bien diferenciadas; así por ejemplo un ciclo típico para el proceso del latón está conformado por las operaciones de laminación – recocido - decapado, las cuales se repiten tantas veces sea necesario hasta alcanzar el espesor final del producto requerido.

Nota. Debe entenderse como número o etapa de proceso la cantidad de veces que el material pasa por una sección ya que en algunos casos pasa una sola vez y en otros pasa N veces hasta alcanzar las características requeridas en cada etapa.

**Para el cálculo de la capacidad neta por aleación basta dividir la capacidad bruta entre el número de procesos promedio ponderados que tiene el material en cada sección o máquina o también multiplicar por el factor de productividad.**

**El factor de productividad está determinado por la división de la eficiencia total entre el número promedio ponderado de procesos que tienen los materiales en cada sección o máquina.**

**Para determinar la capacidad de producción neta compuesto es necesario además hacer intervenir el nivel porcentual de la mezcla de productos, (Fino, mediano y grueso), y el nivel de participación porcentual de cobre y latón.**

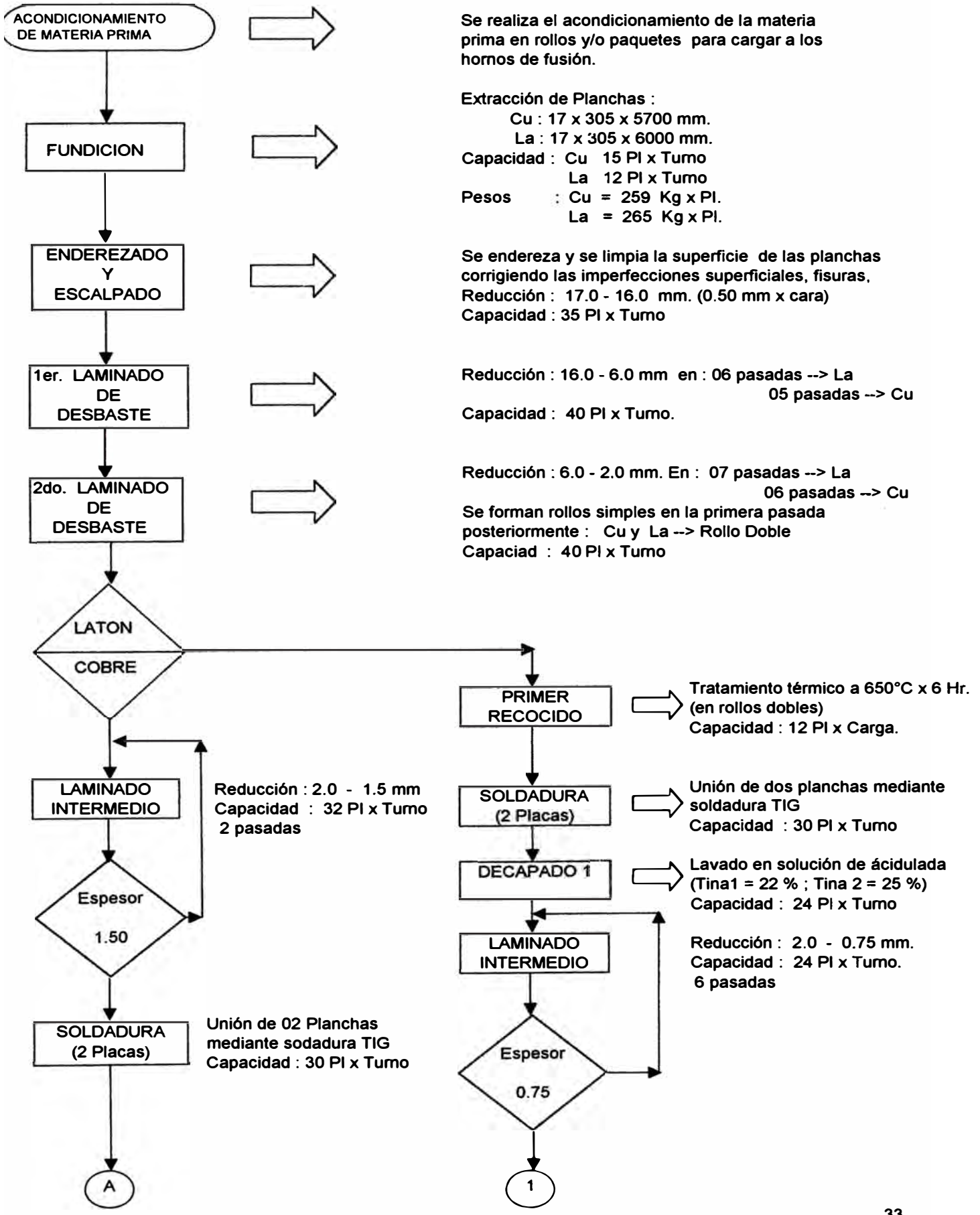
**CUADRO No. 2 MEZCLA DE PRODUCTOS POR RANGO DE ESPESOR**

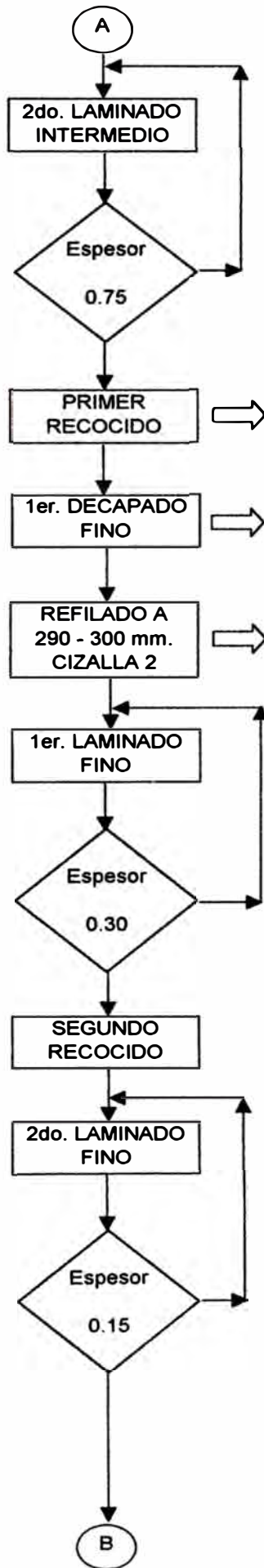
TIPO DE MATERIAL	RANGO DE ESPESOR (mm)	COBRE (%)	LATON (%)
GRUESO	1.10 - 6.00	20.00	30.00
MEDIANO	0.21 - 1.00	20.00	40.00
FINO	0.05 - 0.20	60.00	30.00

**CUADRO No. 3 MEZCLA DE ALEACIONES**

ALEACIÓN	PARTICIPACIÓN (%)
COBRE	40.00
LATON	60.00

## DIAGRAMA DE FLUJO DETALLADO DEL PROCESO DE FABRICACION DE PRODUCTOS FINOS





Reducción : 1.5 - 0.75  
 Capacid : 24 PI x Tumo  
 05 pasadas

Tratamiento Térmico a :  
 550°C x 5 Hr. C/Retorta  
 Capacid: H-1/2 --> 8 PI  
 H-3 --> 10 PI

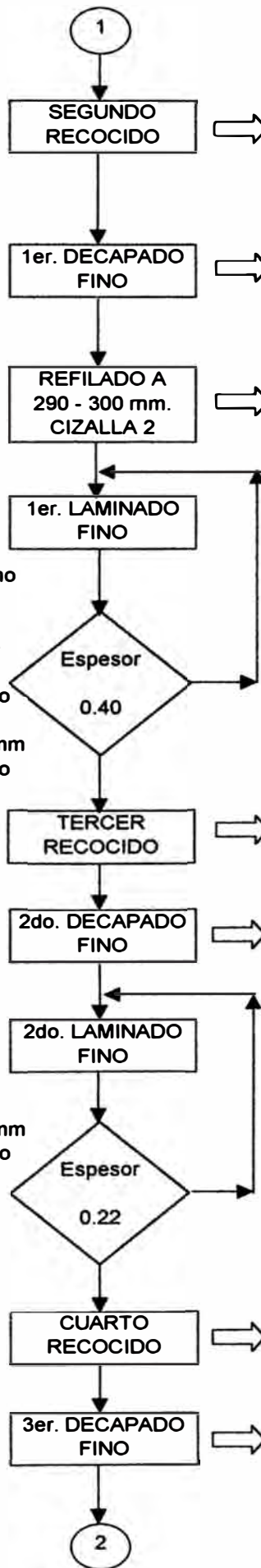
Lavado se planchas en  
 en soluc. De ácido sulfú-  
 rico (16 %)  
 Capacidad : 24 PI x Turno

Se elimina los filos con  
 fisuras (posible causa de  
 rotura de la plancha)  
 Capacidad : 30 PI x Turno

Reducción : 0.75 - 0.30 mm  
 Capacidad : 20 PI x Turno  
 05 Pasadas

Tratamiento térmico a :  
 450°C x 5 Hr.  
 Capacid: H-1/2 --> 8 PI  
 H-3 --> 10 PI

Reducción : 0.30 - 0.15 mm  
 Capacidad : 26 PI x Turno



Tratamiento térmico a 550°C x 6 Hr.  
 Capacidad : 12 PI x Carga

Lavado de plancha en solución de  
 ácido sulfúrico (16 %)  
 Capacidad : 30 PI.

Se elimina los filos con fisuras y  
 grietas (posibles causas de rotura  
 de las láminas)  
 Capacidad : 30 PI x Turno

Reducción : 0.80 - 0.40 mm  
 Capacidad : 30 PI x Turno  
 05 pasadas

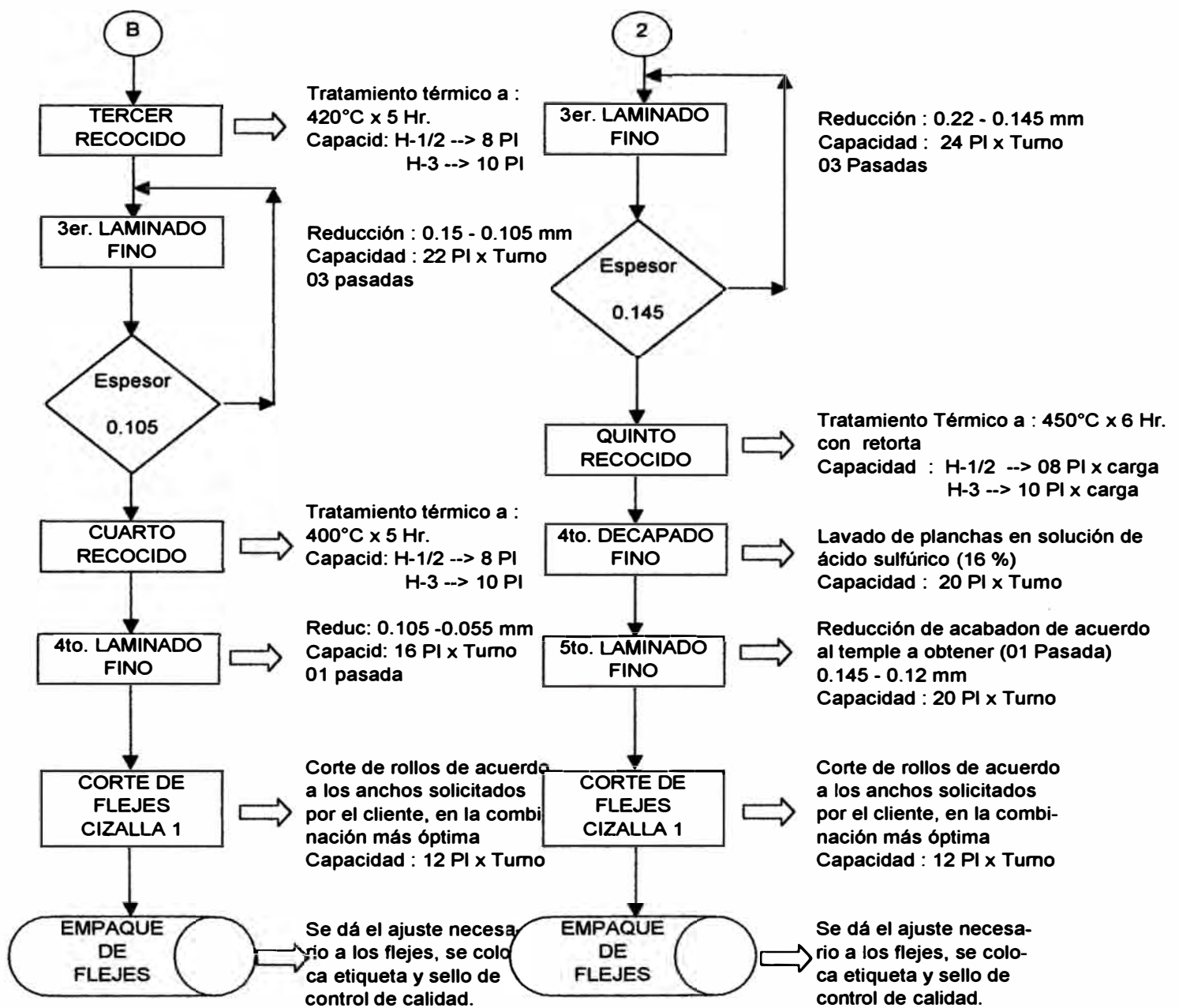
Tratamiento Térmico a : 500°C x 6 Hr.  
 Capacidad : 12 PI x Carga

Lavado de planchas en solución de  
 ácido sulfúrico (16 %)  
 Capacidad : 24 PI x Turno

Reducción : 0.40 - 0.22 mm  
 Capacidad : 24 PI x Turno  
 03 Pasadas

Tratamiento Térmico a : 500°C x 5 Hr.  
 con retorta  
 Capacidad : H-1/2 --> 08 PI x carga  
 H-3 --> 10 PI x carga

Lavado de planchas en solución de  
 ácido sulfúrico (16 %)  
 Capacidad : 24 PI x Turno



**CUADRO No. 4 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION NETA POR SECCION  
EN FUNCION DEL NUMERO DE PROCESOS POR TIPO DE MATERIAL  
(PLANCHAS DE 12.0 mm DE ESPESOR)**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION BRUTA TM/Mes	NUMERO DE PROCESOS	FACTOR DE PRODUCTIVIDAD	PRODUCCION NETA (TM/Mes)	PRODUC. NETA COMPO. (TM/Mes)
FUNDICION	COBRE	206.70	1.00	0.6000	124.02	110.49
	LATON	169.13	1.00	0.6000	101.48	
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	477.00	1.00	0.6000	286.20	280.53
	LATON	461.25	1.00	0.6000	276.75	
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	556.50	1.00	0.6000	333.90	327.29
	LATON	538.13	1.00	0.6000	322.88	
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	556.50	1.00	0.6000	333.90	327.29
	LATON	538.13	1.00	0.6000	322.88	
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	520.88	3.80	0.1579	82.24	77.47
	LATON	569.55	4.60	0.1304	74.29	
SOLDADURA	COBRE	381.60	1.00	0.6000	228.96	224.42
	LATON	369.00	1.00	0.6000	221.40	
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	318.00	0.60	1.0000	318.00	182.55
	LATON	307.50	2.00	0.3000	92.25	
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	349.80	1.20	0.5000	174.90	121.45
	LATON	307.50	2.15	0.2791	85.81	
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	320.54	1.00	0.6000	192.33	111.13
	LATON	275.52	2.90	0.2069	57.00	
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	286.20	3.60	0.1667	47.70	64.18
	LATON	338.25	2.70	0.2222	75.17	
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	190.80	1.40	0.4286	81.77	71.78
	LATON	184.50	1.70	0.3529	65.12	
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	95.40	0.80	0.7500	71.55	91.88
	LATON	123.00	0.70	0.8571	105.43	

### 5.3 BALANCE DE LINEA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Para efectuar el balance de línea del proceso productivo se utiliza la capacidad de producción neta compósito, de cada una de las secciones involucradas en el flujo productivo, lo cual nos permite establecer claramente los puntos cuello de botella.

CUADRO No. 5 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NETA COMPOSITO

<b>SECCION DE PROCESO</b>	<b>PRODUCCIÓN NETA COMPOSITO (TM/Mes)</b>
FUNDICIÓN	110.49
ESCALPADO	280.53
1º LAMINADO DE DESBASTE	327.29
2º LAMINADO DE DESBASTE	327.29
RECOCIDO	77.47
SOLDADURA	224.42
DECAPADO GRUESO	182.55
LAMINADO INTERMEDIO	121.45
DECAPADO FINO	111.13
LAMINADO FINO	64.18
CORTE Y EMPAQUE II	71.78
CORTE Y EMPAQUE I	91.88

De los cálculos efectuados, que se muestra en el cuadro anterior, puede observarse que las secciones o máquinas cuello de botella del proceso productivo se presentan en el siguiente orden:

- ◆ Recocido
- ◆ Fundición
- ◆ Decapado fino

Ya que la capacidad de producción de las secciones de laminado fino y laminado intermedio así como de las secciones de corte y empaque, de materiales finos y gruesos, se complementan. Todas las demás secciones están sobredimensionadas respecto a las señaladas.



## 5.4 INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION

Paralelamente a los cálculos de capacidad de producción se efectuó la revisión y análisis de cada uno de los procesos de producción; con el objeto de efectuar los ajustes necesarios para optimizar el proceso productivo, para lo cual se trabajó fundamentalmente en la toma y evaluación de información, desarrollo de una serie de pruebas de fundición, laminación y tratamiento térmico.

Dentro del programa de optimización de los procesos de producción lo primero que se desarrollo fue la simplificación de las etapas de laminación y tratamiento térmico así como también de la mejora en el movimiento del material en cada proceso para evitar la duplicación de esfuerzos y disminuir los tiempos muertos.

Encontramos que, en las secciones de laminación, no se aprovechaba al máximo la ductilidad del material a ser deformado; a partir de las planchas de fundición y luego de cada recocido, así como tampoco la capacidad o potencia de las máquinas.

La importancia de planificar el uso balanceado de los diferentes tipos de materia prima, para obtener un producto homogéneo en fundición; con bajo nivel de impurezas, así como también de una correcta selección y dosificación de aditivos, para el tratamiento metalúrgico, tomo gran importancia para la simplificación de etapas de laminación y tratamiento térmico.

Luego del logro de la simplificación de etapas de laminación y tratamiento térmico se empezó a efectuar pruebas del incremento del espesor de las planchas de fundición por la necesidad de incrementar la capacidad de producción y la eficiencia al máximo.

Características de las planchas de mayor espesor obtenidas en fundición

<b>MATERIAL</b>	<b>ESPESOR (mm)</b>	<b>ANCHO (mm)</b>	<b>LONGITUD (mts)</b>	<b>PESO (Kg)</b>
COBRE	15.00	305	5.8	236
LATON	15.00	305	6.0	234

**CUADRO No. 6 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION BRUTA POR SECCION  
(PLANCHAS DE 15.0 mm DE ESPESOR)**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION				DIAS DE OPERACION NETA	PRODUC. BRUTA TM/Mes
		PI/T	Kg/PI	Kg/Hr	TM/Día		
FUNDICION	COBRE	14	236	413.00	9.9	25	247.80
	LATON	12	234	351.00	8.4	25	210.60
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	35	236	1.032.50	24.8	25	619.50
	LATON	35	234	1.023.75	24.6	25	614.25
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	40	236	1.180.00	28.3	25	708.00
	LATON	40	234	1.170.00	28.1	25	702.00
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	COBRE	40	236	1.180.00	28.3	25	708.00
	LATON	40	234	1.170.00	28.1	25	702.00
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	27.6	236	894.83	21.5	27	579.85
	LATON	30.3	234	1.003.28	24.1	27	650.12
SOLDADURA	COBRE	30	236	885.00	21.2	25	531.00
	LATON	30	234	877.50	21.1	25	526.50
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	24	236	708.00	17.0	25	424.80
	LATON	24	234	702.00	16.8	25	421.20
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	24	236	708.00	17.0	25	424.80
	LATON	20	234	585.00	14.0	25	351.00
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	20	236	590.00	14.2	28	396.48
	LATON	16	234	468.00	11.2	28	314.50
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	20	236	590.00	14.2	25	354.00
	LATON	24	234	702.00	16.8	25	421.20
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	12	236	354.00	8.5	25	212.40
	LATON	12	234	351.00	8.4	25	210.60
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	6	236	177.00	4.2	25	106.20
	LATON	10	234	292.50	7.0	25	175.50

**CUADRO No. 7 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION NETA POR SECCION  
EN FUNCION DEL NUMERO DE PROCESOS POR TIPO DE MATERIAL  
(PLANCHAS DE 15.0 mm DE ESPESOR)**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION BRUTA TM/Mes	NUMERO DE PROCESOS	FACTOR DE PRODUCTIVIDAD	PRODUC. NETA (TM/Mes)	PRODUC. NETA COMPOSITO (TM/Mes)
FUNDICION	COBRE	247.80	1.00	0.6500	161.07	146.56
	LATON	210.60	1.00	0.6500	136.89	
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	619.50	1.00	0.6500	402.68	400.63
	LATON	614.25	1.00	0.6500	399.26	
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	708.00	1.00	0.6500	460.20	457.86
	LATON	702.00	1.00	0.6500	456.30	
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	708.00	1.00	0.6500	460.20	457.86
	LATON	702.00	1.00	0.6500	456.30	
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	579.85	3.00	0.2167	125.63	127.09
	LATON	650.12	3.30	0.1970	128.05	
SOLDADURA	COBRE	531.00	1.00	0.6500	345.15	343.40
	LATON	526.50	1.00	0.6500	342.23	
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	424.80	0.40	1.6250	690.30	402.48
	LATON	421.20	1.30	0.5000	210.60	
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	424.80	1.20	0.5417	230.10	183.30
	LATON	351.00	1.50	0.4333	152.10	
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	396.48	1.00	0.6500	257.71	148.51
	LATON	314.50	2.70	0.2407	75.71	
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	354.00	2.90	0.2241	79.34	106.41
	LATON	421.20	2.20	0.2955	124.45	
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	212.40	1.20	0.5417	115.05	109.20
	LATON	210.60	1.30	0.5000	105.30	
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	106.20	0.70	0.9286	98.61	137.22
	LATON	175.50	0.70	0.9286	162.96	

Las pruebas se efectuaron con planchas de 15 mm de espesor( 20% más de espesor)

con buenos resultados para el cobre pero aceptables para el latón ya que se generaba una significativa cantidad de planchas con defectos notorios de rajaduras en caliente por la limitada capacidad del intercambiador de calor utilizado.

A la luz de los resultados se concluye en la necesidad de incrementar la capacidad del intercambiador de calor lo cual se efectúa por etapas sobre la base de prueba y error.

#### **5.4.1 INCREMENTO DE LA SECCION DE CIRCULACIÓN DE AGUA**

En la primera etapa se incrementa solamente la sección de los ductos de circulación de agua, sin cambiar el modelo, logrando un incremento del área de circulación de agua en el orden del 15%; lo cual permite incrementar el caudal de agua.

Este incremento respondió perfectamente para el cobre pero no para el latón; ya que a nivel de productos finos de laminación se tenía la presencia esporádica de defectos micro estructurales, como las microfisuras por contracción; generadas en fundición las que se traducen en sopladuras o escamaciones luego de laminación y recocido, generadas por deficiencia de la capacidad de intercambio calórico.

#### **5.4.2 MODIFICACION DEL DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR**

En la segunda etapa se modificó el diseño del intercambiador de calor obteniendo un incremento adicional del 20% en la sección de circulación de agua con lo cual se logró excelentes resultados para la producción de planchas de cobre y latón.

Nuevamente se efectúa la evaluación de la implicancia del espesor en los procesos de laminación y tratamiento térmico llegando a la conclusión de

que no era necesario incrementar el número de etapas ya que el material presentaba buena ductilidad y permitía aplicar altas reducciones.

**CUADRO No. 8 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NETA COMPOSITO**

<b>SECCION DE PROCESO</b>	<b>PRODUCCIÓN NETA COMPOSITO (TM/Mes)</b>
<b>FUNDICIÓN</b>	<b>146.56</b>
<b>ESCALPADO</b>	<b>400.63</b>
<b>1° LAMINADO DE DESBASTE</b>	<b>457.86</b>
<b>2° LAMINADO DE DESBASTE</b>	<b>457.86</b>
<b>RECOCIDO</b>	<b>127.09</b>
<b>SOLDADURA</b>	<b>343.40</b>
<b>DECAPADO GRUESO</b>	<b>402.48</b>
<b>LAMINADO INTERMEDIO</b>	<b>183.30</b>
<b>DECAPADO FINO</b>	<b>148.51</b>
<b>LAMINADO FINO</b>	<b>106.41</b>
<b>CORTE Y EMPAQUE II</b>	<b>109.20</b>
<b>CORTE Y EMPAQUE I</b>	<b>137.22</b>

Con este cambio se dio un paso importante en el incremento de la capacidad de producción ya que se estableció un nuevo nivel con una significativa mejora en la eficiencia alcanzando un rendimiento promedio de 65% a partir de fundición.

En esta nueva situación se corroboran, con mayor claridad, las secciones cuello de botella del proceso productivo quedando de la siguiente manera:

- ◆ Recocido
- ◆ Fundición
- ◆ Decapado fino

Sin embargo se logró incrementar significativamente la capacidad de producción de todas las secciones de producción siendo más significativas en las secciones de decapado grueso, soldadura, recocido y laminado fino como se puede observar en el siguiente cuadro.

El incremento de la capacidad de producción crea un clima de confianza, para continuar con las pruebas de modificación de procesos, etc., ya que en ningún caso se genera pérdida de materiales a pesar de que las pruebas se efectuaban con lotes de producción comprometidos para los despachos; por la acertada planificación, programación, ejecución y control de las mismas.

**CUADRO No. 9 INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NETA EN FUNCION DEL ESPESOR DE LAS PLANCHAS Y DEL NUMERO DE PROCESOS.**

SECCION	PROD. (TM/Mes) 12.00 mm	PROD. (TM/Mes) 15.00 mm	INCREMENTO (%)
FUNDICIÓN	110.49	146.56	32.64
ESCALPADO	280.53	400.63	42.81
1º LAMINADO DE DESBASTE	327.29	457.86	39.90
2º LAMINADO DE DESBASTE	327.29	457.86	39.90
RECOCIDO	77.47	127.09	64.05
SOLDADURA	224.42	343.40	84.29
DECAPADO GRUESO	182.55	402.48	163.19
LAMINADO INTERMEDIO	121.45	183.30	50.93
DECAPADO FINO	111.13	148.51	33.63
LAMINADO FINO	64.18	106.41	65.80
CORTE Y EMPAQUE II	71.78	109.20	52.13
CORTE Y EMPAQUE I	91.88	137.22	49.35

## 5.5 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ACTUAL

Se revisa con mayor detalle el sistema de recocido y se encuentra que no se utiliza toda la capacidad de los hornos, ya que las cargas de material no cubren eficientemente el diámetro y/o volumen de carga que los hornos ofrecen, siendo necesario incrementar el peso de las planchas ya sea por aumento de la longitud o por el incremento del espesor.

Luego de un análisis completo de la situación se determina que es más conveniente el incremento del espesor de las planchas por que permite también incrementar la capacidad de producción en fundición y disminuir el nivel de retornos en la etapa de escalpado lo cual es posible solamente incrementando el espesor de las planchas.

Se efectúa varias pruebas de producción de planchas en 17 mm de espesor y se logra excelentes resultados con cobre y buenos resultados con el latón, ya que la producción de planchas de cobre de mayor espesor es más recomendable por que se evita las continuas interrupciones durante la extracción, por un sobreenfriamiento durante la solidificación, lo cual incrementó notablemente la eficiencia en fundición por registrar menor cantidad de retornos.

Características de las planchas de mayor espesor obtenidas en fundición

<b>MATERIAL</b>	<b>ESPESOR (mm)</b>	<b>ANCHO (mm)</b>	<b>LONGITUD (mts)</b>	<b>PESO (Kg)</b>
COBRE	17.00	305	5.6	259
LATON	15.00	305	6.0	265

En el caso del latón fino se vuelve a registrar esporádicamente defectos superficiales , finas escamaciones, en los productos más finos; por limitaciones en la capacidad del intercambiador de calor.

En la tercera etapa se efectúa una serie de ajustes en todo el sistema que conforma el intercambiador de calor, se vuelve a incrementar nuevamente la

sección de los ductos, de los enfriadores de cobre, alcanzando un incremento adicional de 15% en la sección; así como también se cambia la posición del ingreso de agua por la parte que se registra mayor temperatura en la zona central y posterior del enfriador.

Se procede luego a efectuar una serie de pruebas de producción obteniendo excelentes resultados de eficiencia y calidad, con todo tipo de aleaciones, ya que logramos producir planchas de hasta 19 mm de espesor en aleaciones ternarias como la alpaca conformada por cobre, zinc y níquel.

Finalmente la producción de planchas de cobre y latón se estandariza en 17 mm de espesor por que los resultados de las pruebas de laminación y tratamiento térmico demostraron que no era necesario incrementar el número de etapas de laminación y tratamiento térmico, como inicialmente se pensó, logrando superar dicho paradigma.

Se establece un nuevo orden de las secciones cuello de botella, del proceso productivo, por la notable mejora en la sección de fundición; quedando establecidas en el siguiente orden:

Recocido  
Decapado fino  
Fundición

La capacidad de fundición se incrementa significativamente de tal manera que se establece un nuevo nivel de producción permitiendo aprovechar la máxima capacidad de producción de los hornos de recocido como se ilustra en el cuadro siguiente.



**CUADRO No. 10 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION BRUTA POR SECCION DE PROCESO  
(PLANCHAS DE 17.0 mm DE ESPESOR)**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION				DIAS DE OPERACION NETA	PRODUC. BRUTA TM/Mes
		PI/T	Kg/PI	Kg/Hr	TM/Día		
FUNDICION	COBRE	15	259	485.63	11.7	25	291.38
	LATON	12	265	397.50	9.5	25	238.50
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	35	259	1.133.13	27.2	25	679.88
	LATON	35	265	1.159.38	27.8	25	695.63
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	40	259	1.295.00	31.1	25	777.00
	LATON	40	265	1.325.00	31.8	25	795.00
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	COBRE	40	259	1.295.00	31.1	25	777.00
	LATON	40	265	1.325.00	31.8	25	795.00
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	30.3	259	982.04	23.6	27	636.36
	LATON	34.3	265	1.136.19	27.3	27	736.25
SOLDADURA	COBRE	30	259	971.25	23.3	25	582.75
	LATON	30	265	993.75	23.9	25	596.25
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	24	259	777.00	18.6	25	466.20
	LATON	24	265	795.00	19.1	25	477.00
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	24	259	777.00	18.6	25	466.20
	LATON	20	265	662.50	15.9	25	397.50
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	20	259	647.50	15.5	28	435.12
	LATON	16	265	530.00	12.7	28	356.16
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	20	259	647.50	15.5	25	388.50
	LATON	24	265	795.00	19.1	25	477.00
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	12	259	388.50	9.3	25	233.10
	LATON	12	265	397.50	9.5	25	238.50
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	6	259	194.25	4.7	25	116.55
	LATON	10	265	331.25	8.0	25	198.75

**CUADRO No. 11 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION NETA COMPOSITO POR SECCION  
EN FUNCION DEL NUMERO DE PROCESOS POR TIPO DE MATERIAL  
(PLANCHAS DE 17.0 mm DE ESPESOR)**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION BRUTA TM/Mes	NUMERO DE PROCESOS	FACTOR DE PRODUCTIVIDAD	PRODUC. NETA (TM/Mes)	PRODUCCION NETA COMPOSITO (TM/Mes)
FUNDICION	COBRE	291.38	1.00	0.7000	203.96	181.76
	LATON	238.50	1.00	0.7000	166.95	
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	679.88	1.00	0.7000	475.91	482.53
	LATON	695.63	1.00	0.7000	486.94	
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	777.00	1.00	0.7000	543.90	551.46
	LATON	795.00	1.00	0.7000	556.50	
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	777.00	1.00	0.7000	543.90	551.46
	LATON	795.00	1.00	0.7000	556.50	
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	636.36	3.00	0.2333	148.48	153.10
	LATON	736.25	3.30	0.2121	156.17	
SOLDADURA	COBRE	582.75	1.00	0.7000	407.93	413.60
	LATON	596.25	1.00	0.7000	417.38	
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	466.20	0.40	1.7500	815.85	480.45
	LATON	477.00	1.30	0.5385	256.85	
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	466.20	1.20	0.5833	271.95	220.08
	LATON	397.50	1.50	0.4667	185.50	
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	435.12	1.00	0.7000	304.58	177.24
	LATON	356.16	2.70	0.2593	92.34	
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	388.50	2.90	0.2414	93.78	128.57
	LATON	477.00	2.20	0.3182	151.77	
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	233.10	1.20	0.5833	135.98	131.44
	LATON	238.50	1.30	0.5385	128.42	
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	116.55	0.70	1.0000	116.55	165.87
	LATON	198.75	0.70	1.0000	198.75	

CUADRO No. 12 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NETA COMPOSITO

<b>SECCION DE PROCESO</b>	<b>PRODUCCIÓN NETA COMPOSITO (TM/Mes)</b>
<b>FUNDICIÓN</b>	<b>181.76</b>
<b>ESCALPADO</b>	<b>482.53</b>
<b>1º LAMINADO DE DESBASTE</b>	<b>551.46</b>
<b>2º LAMINADO DE DESBASTE</b>	<b>551.46</b>
<b>RECOCIDO</b>	<b>153.10</b>
<b>SOLDADURA</b>	<b>413.60</b>
<b>DECAPADO GRUESO</b>	<b>480.45</b>
<b>LAMINADO INTERMEDIO</b>	<b>220.08</b>
<b>DECAPADO FINO</b>	<b>177.24</b>
<b>LAMINADO FINO</b>	<b>128.57</b>
<b>CORTE Y EMPAQUE II</b>	<b>131.44</b>
<b>CORTE Y EMPAQUE I</b>	<b>165.87</b>

Esta nueva situación nos indica que para mantener un alto nivel de producción la programación de operaciones, en las secciones cuello de botella, tiene que ser óptima; siendo más flexible en las máquinas que tienen mayor capacidad.

En el cuadro siguiente se puede apreciar el significativo incremento de la capacidad de producción neta por sección o máquina en función del incremento del espesor de las planchas de fundición así como también de la simplificación del número de procesos de laminación y tratamiento térmico.

CUADRO No. 13 INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NETA COMPOSITO, POR SECCION, EN FUNCION DEL ESPESOR DE LAS PLANCHAS

SECCION	PRODUC. (TM/Mes) 12.0 mm	PRODUC. (TM/Mes) 15.0 mm	PRODUC. (TM/Mes) 17.0 mm	INCREM. (%) 15.0 mm	INCREM. (%) 17.0 mm
FUNDICIÓN	110.49	146.56	181.76	32.64	64.5
ESCALPADO	280.53	400.63	482.53	42.81	72.01
1° LAMINADO DE DESBASTE	327.29	457.86	551.46	39.90	68.50
2° LAMINADO DE DESBASTE	327.29	457.86	551.46	39.90	68.50
RECOCIDO	77.47	127.09	153.10	64.05	97.62
SOLDADURA	224.42	343.40	413.60	53.01	84.29
DECAPADO GRUESO	182.55	402.48	480.45	120.48	163.19
LAMINADO INTERMEDIO	121.45	183.30	220.08	50.93	81.21
DECAPADO FINO	111.13	148.51	177.24	33.63	59.48
LAMINADO FINO	64.18	106.41	128.57	65.80	100.33
CORTE Y EMPAQUE II	71.78	109.20	131.44	52.13	83.12
CORTE Y EMPAQUE I	91.88	137.22	165.87	49.35	80.53

Se logra incrementar la eficiencia, la productividad, la calidad de los productos así como también la reducción de costos por la reducción de turnos de trabajo y de personal en varias secciones de producción.

Hasta este momento solamente se ha trabajado con una sola mezcla que obedece al mix de productos que la demanda requiere con frecuencia; pero con el objeto de observar la incidencia, de la variación de la mezcla de productos, en la capacidad de producción neta compósito, efectuamos los cálculos para diferentes casos.

De los resultados obtenidos en el cuadro número 13 podemos observar que la mezcla de productos tiene una significativa incidencia en la capacidad de producción neta ya que ha medida que el mix de productos se orienta mayormente a productos más gruesos la capacidad de producción crece significativamente; modificando nuevamente el orden de las secciones cuello de botella del proceso productivo.

Así por ejemplo para las mezclas número 1 y 2 el cuello de botella viene a ser la sección de recocido seguida por decapado fino y para las mezclas de productos números 3 y 4 el cuello de botella viene a ser fundición seguida por recocido.

**CUADRO No. 14 MATRIZ DE MEZCLA DE PRODUCTOS  
(PLANCHAS DE 17.0 mm DE ESPESOR)**

TIPO DE MATERIAL	COBRE Y LATON EN (%)							
	MEZCLA 1		MEZCLA 2		MEZCLA 3		MEZCLA 4	
	COBRE	LATON	COBRE	LATON	COBRE	LATON	COBRE	LATON
<b>GRUESO</b>	10.00	20.00	20.00	30.00	40.00	40.00	60.00	60.00
<b>MEDIANO</b>	20.00	30.00	20.00	40.00	30.00	40.00	30.00	30.00
<b>FINO</b>	70.00	50.00	60.00	30.00	30.00	20.00	10.00	10.00

**CUADRO No. 15 CAPACIDAD DE PRODUCCION NETA COMPOSITO EN FUNCION  
DE LA MEZCLA DE PRODUCTOS POR TIPO DE MATERIAL  
(PLANCHAS DE 17.0 MM DE ESPESOR)**

SECCION	PRODUCCION NETA COMPOSITO (TM/Mes)			
	MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	MEZCLA 4
FUNDICION	181.76	181.76	181.76	181.76
ESCALPADO (FRESA)	482.53	482.53	482.53	482.53
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	551.46	551.46	551.46	551.46
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	551.46	551.46	551.46	551.46
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	135.37	153.10	184.07	230.30
SOLDADURA	413.60	413.60	413.60	413.60
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	602.07	480.45	329.58	270.25
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	242.34	220.08	197.58	176.99
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	159.01	177.24	197.70	252.78
LAMINADO FINO (MINO)	105.81	128.57	167.08	268.80
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	142.81	131.44	118.17	103.40
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	145.14	165.87	193.52	290.27

## **VI. PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO PARA LA COMPETITIVIDAD**

El trabajo de desarrollo del incremento de la capacidad de producción dio paso a la elaboración de un proyecto de desarrollo de planta, que permita superar los cuellos de botella, para alcanzar mayores niveles de producción y con ello incrementar el nivel de participación en el mercado competitivamente.

En ese sentido la Empresa elaboró un plan de desarrollo de infraestructura con la instalación de una nueva línea de fundición, para lograr la producción de aleaciones de mayor pureza al dedicar una línea de fundición exclusivamente a cobre, se ha considerado las instalaciones de un horno campana para recocido marca Sunbeam, de alta capacidad de producción, así como también de la instalación de una laminadora moderna de última generación marca Sendzimir, de alta capacidad, rendimiento y calidad; la que permitirá obtener láminas de 0.025 mm de espesor.

El desarrollo de mayor capacidad de producción sin ninguna instalación de nuevas máquinas despertó un gran interés por parte de la Dirección de la Empresa ya que nuestros productos semielaborados, de uso industrial, están dirigidos a diversos segmentos de mercado que tienen gran demanda internacional y local.

### **6.1 SEGMENTACION DEL MERCADO**

Actualmente el mercado está segmentado de acuerdo al uso de los productos quedando de la siguiente manera:

#### **6.1.1 SECTOR INDUSTRIAL AUTOMOTRIZ**

- ◆ Fabricación de radiadores automotrices
- ◆ Fabricación de radiadores industriales

#### **6.1.2 SECTOR INDUSTRIAL ELECTRICO**

- Fabricación de contactos eléctricos para uso doméstico e industrial
- Fabricación de transformadores de energía
- Fabricación de cables de transmisión de alta energía
- Fabricación de bombillas de luz y otros



### **6.1.3 SECTOR INDUSTRIAL DIVERSO**

- ◆ Fabricación de broches, botones y hebillas
- ◆ Fabricación de griferías y mangueras flexibles
- ◆ Fabricación de bisagras y chapas
- ◆ Decoración de interiores y otros
- ◆ Fabricación de monedas y de fichas para casas de juego
- ◆ Fabricación de cartuchos y balas
- ◆ Fabricación de instrumentos musicales de viento y percusión
- ◆ Fabricación de alhajas y artesanía en general

## **6.2 ANALISIS DEL ENTORNO**

El análisis está enfocado en parámetros modernos, para empresas cuyas estrategias competitivas de ciclos rápidos están basadas en la mejor utilización del tiempo.

Se ha considerado también el análisis del campo de los intangibles como: Información, motivación, confianza, ingenio e iniciativa; dado que en estos campos es donde las empresas, con visión de futuro, están enfocando sus esfuerzos; es decir que hoy se entiende que valores intangibles como el conocimiento, la creatividad e innovación son agentes claves para la producción de valor económico.

Ahora que el dinero viaja a la velocidad de la luz, el tiempo presente es mucho más caro que el que lo antecedió, esto dado por la velocidad de información, del proceso de las mismas, que como es de suponer permite tomar decisiones con mayor rapidez que en el pasado.

### **6.2.1 ANALISIS DE OPORTUNIDADES Y AMENAZAS**

#### **OPORTUNIDADES**

Existencia de un alto mercado potencial, a nivel local e internacional, por el consumo de laminas y flejes de cobre, latón y alpaca.

Ausencia de competencia local para productos de alta calidad y de espesores menores a 0.5 mm.

La existencia de normas que permiten la inversión ( Financiamiento, Join Venture), ayuda a ampliar nuestro mercado, bajo diferentes modalidades y nos ayuda en el desarrollo de la innovación tecnológica.

La participación del país en convenios de libre comercio, como grupo andino, convenios bilaterales, etc., posibilita las condiciones de exportación.

Posibilidad de fabricación de diversas aleaciones que permiten atender a todos los sectores industriales que requieren productos planos.

El desarrollo de la cadena de valor que parte del acercamiento que podemos desarrollar con nuestros proveedores y termina con el servicio al cliente mediante una atención personalizada brindándole además de un producto de buena calidad, un precio competitivo, una entrega oportuna y la asesoría necesaria para la correcta utilización de los productos.

El crecimiento industrial y demográfico demanda mayor consumo de materiales principalmente en el sector eléctrico por el incremento de la infraestructura industrial y las viviendas.

## **AMENAZAS**

Competencia internacional con productos de mayor calidad obtenidos con tecnología moderna y a nivel de economía de escala.

Inversión de la competencia en renovación de tecnología o inversión internacional en nuestro medio para la instalación de una planta moderna.

La creación de productos sustitutos, como es el caso de la fibra óptica, que ha originado que los diversos productos de filamentos de cobre, sean desplazados provocando la pérdida de mercado de las empresas dedicadas a la fabricación de cables para telecomunicaciones.

Reducción del nivel de operaciones comerciales debido a la recesión de la economía internacional como en la actualidad.

Política exigente de conservación del medio ambiente ocasionando un sobre costo por inversión en sistemas de control.

En la actualidad existe la exigencia de certificación de calidad por muchos clientes como una condición para el desarrollo de operaciones comerciales.

## **6.2.2 FORTALEZAS Y DEBILIDADES**

### **FORTALEZAS**

El precio de nuestro producto se rige por el precio de la competencia internacional y por el precio de los metales en el mercado internacional ( L.M.E.), lo cual nos permite competir en el sector de exportación ya que estos se ajustan en las cotizaciones ante la variación del precio de los metales.

Capacidad y productividad en la fabricación de un mix de productos que permiten alcanzar altos niveles de producción y de productividad. Nuestra capacidad de producción se puede incrementar hasta 370 TM por mes con la instalación de un horno de tratamiento térmico y una laminadora moderna que se encuentra en planta.

En la curva de experiencia. Se encuentra en un segmento de alta experiencia, debido a la diversidad de logros obtenidos, con respecto a los productos de cobre y latón. Estos productos que con mayor frecuencia se procesan deben ser complementados con la implementación de un adecuado sistema de aseguramiento de calidad y control de procesos.

Nuestro país cuenta con alta disponibilidad de recursos naturales, lo que garantiza el suministro continuo y oportuno de metales estratégicos como el cobre y el zinc, asegurando el abastecimiento de la materia prima básica.

La presencia de grandes empresas extractoras de metales de cobre y zinc, posibilitan la formación de alianzas estratégicas con nuestros proveedores.

Calidad del producto. La calidad del producto que se obtiene es buena y depende de las características finales, de la variedad y de los espesores que se producen. Nuestra calidad está basada en la calidad de la tecnología, en la experiencia operativa de todo el personal y de los pasos dados para el logro del trabajo en equipo.

La seriedad y lealtad de los clientes y la calidad de nuestros productos, ha permitido que nuestros clientes mantengan el vínculo comercial aunque en menor participación que en el pasado pero que poco a poco se está recuperando.

Servicio de post-venta. Proceso fundamental para concretar el desarrollo de la cadena de valor que actualmente nos está dando buenos resultados por la asistencia técnica que se está ofreciendo.

## **DEBILIDADES**

Carencia de un plan de marketing para la promoción de nuestros productos tomando en cuenta la fuerte demanda del mercado potencial.

Falta de Investigación de las fortalezas y debilidades de la competencia para la implementación de estrategias competitivas.

Falta de un área de investigación y desarrollo de mercado, para impulsar el desarrollo del mismo así como de la identificación de los segmentos de mayor rentabilidad.

La carencia de capital propio de trabajo incide negativamente en la rentabilidad del negocio incidiendo en el costo de oportunidad por la falta de atención oportuna de los pedidos.

## MATRIZ FDOA

	<b>FORTALEZAS F</b>	<b>DEBILIDADES D</b>
	PRECIOS COMPETITIVOS Y CAPACIDAD PRODUCTIVIDAD CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA BUENA RELACION CON PROVEEDORES	BAJA PARTICIPACION EN EL MERCADO CARENCIA DE UN PLAN DE MARKETING POCA INVESTIGACION DE MERCADOS DEBIL POSICIONAMIENTO EN EL MERCADO EXISTENCIA DE PROBLEMAS FINANCIEROS
<b>OPORTUNIDADES O</b>	<b>ESTRATEGIAS FO</b>	<b>ESTRATEGIAS DO</b>
ALTO MERCADO POTENCIAL BAJA COMPETENCIA LOCAL NUEVAS MODALIDADES DE NEGOCIOS DIVERSIFICACIÓN DE PRODUCTOS POSIBILIDAD DE INTEGRACION VERTICAL HACIA DELANTE	MAYOR PENETRACION DE MERCADO  ORIENTACION DE LA VENTA HACIA EL SEGMENTO MAS RENTABLE  DESARROLLO DE ALIANZAS CON PROVEEDORES Y CLIENTES	IMPLEMENTAR EL DPTO DE MARKETING PARA DAR MAYOR PROMOCION AL PRODUCTO SELECCIÓN DE SEGMENTOS DE MERCADO I & D PARA NUEVOS PRODUCTOS MEJORAMIENTO DEL SERVICIO POST-VENTA BUSQUEDA DE FINANCIAMIENTO
<b>AMENAZAS A</b>	<b>ESTRATEGIAS FA</b>	<b>ESTRATEGIAS DA</b>
COMPETENCIA INTERNACIONAL DIFERENCIA TECNOLOGIA PRODUCTOS SUSTITUTOS CRISIS ECONOMICA INTERNACIONAL EXIGENCIA DE CALIDAD CERTIFICADA	DESARROLLO TECNOLOGICO DE LA EMPRESA DESARROLLO DE LA CADENA DE VALOR IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CALIDAD	SEGMENTAR EL MERCADO AL SECTOR DE MAYOR RENTABILIDAD DISMINUCION DE COSTOS OPERATIVOS ASESORIA ESPECIALIZADA EN EL SECTOR INVESTIGACION DE NUEVOS MERCADOS

## **6.3 VALORES ESTRATEGICOS**

Se están tomando en cuenta los siguientes valores estratégicos:

- Imagen y proyección de una nueva cultura empresarial
- Calidad de los productos y servicios
- Establecimiento de precios competitivos
- Cumplimiento de entrega dentro de los plazos pactados
- Atención personalizada a los clientes y servicio post-venta
- Desarrollo de la cadena de valor y valor agregado

### **6.3.1 PROMOCION Y PUBLICIDAD**

Actualmente cobrelsa no realiza publicidad ya que mayormente los clientes con los que se trabaja son casi los mismos con los que se mantuvo por mucho tiempo y no se han efectuado aun los esfuerzos necesarios por captar nuevos clientes.

De acuerdo a lo antes mencionado y a los objetivos propuestos la publicidad y promoción se realizará con mayor incidencia en el sector automotriz pero se requiere impulsar y el segmento eléctrico y diverso.

### **6.3.2 ESTRATEGIA DE COMUNICACION**

Se debe crear un equipo conformado por personal comercial y técnico que se encargue de impulsar las ventas locales e internacionales, lo cual se dará mediante viajes y visitas frecuentes a los clientes actuales y futuros con el objeto de ofrecer nuestros productos en condiciones ventajosas y dar servicio personalizado.

Se debe dar publicidad vía internet.

Se debe enviar catálogos, etc., mediante correo directo.

Se deben efectuar publicaciones en revistas especializadas.

### **6.3.3 RELACIONES PUBLICAS**

Reuniones de confraternidad con proveedores y clientes.

Desarrollo de actividades y promoción de servicio de ayuda a la comunidad.

Auspicio de eventos técnicos y culturales.

### **6.3.4 SERVICIO AL CLIENTE**

Creación de un equipo técnico dedicado a la atención del cliente.

Asesoría técnica para la utilización de productos diversos y alternativos.

Apoyo en la logística de nuestros clientes para la adquisición de productos complementarios.

Entrega directa de productos a los clientes locales en las instalaciones.

## **6.4 VENTAJA COMPETITIVA**

La ventaja competitiva como parte del planeamiento estratégico proviene del conjunto de actividades que la empresa realiza en la mejora de la tecnología, planificación, diseño, producción, sistema de control, marketing, entrega y apoyo de su servicio.

### **6.4.1 IMPLICANCIAS DE LA INSTALACION DEL LAMINADOR SENDZIMIR**

#### **6.4.1.1 IMPLICANCIAS TECNICAS**

- ◆ Obtención de espesores de hasta 0.025 mm para el sector automotriz
- ◆ Mayor uniformidad de espesor a lo largo y ancho de la lámina
- ◆ Tolerancias de variación de espesor dentro de las exigencias internacionales
- ◆ Posibilidad de laminación hasta 330 mm de ancho y desde 1.5mm de espesor
- ◆ Sistema de programación, operación y de control computarizado

#### **6.4.1.2 IMPLICANCIAS ECONOMICAS**

- ◆ Mayor capacidad de producción por la alta velocidad de proceso
- ◆ Mayor productividad por menos tiempos muertos ( rollos de 2 TM.)
- ◆ Menor costo de operación por consumo energético eficiente
- ◆ Menor número de etapas de laminación por la alta potencia

#### **6.4.1.3 IMPLICANCIAS COMERCIALES**

- ◆ Incremento de la oferta de productos finos para todos los segmentos
- ◆ Incremento de la participación en el mercado con productos finos
- ◆ Diversificación de productos en todos los espesores comerciales
- ◆ Desarrollo de mercado por precios competitivos
- ◆ Posicionamiento en el mercado por calidad de los productos

### **6.4.2 HORNO DE RECOCIDO SUNBEAM**

#### **6.4.2.1 IMPLICANCIAS TECNICAS**

- ◆ Mayor temperatura de trabajo, bajo atmósfera inerte, que los hornos actuales
- ◆ Mayor desarrollo de tamaño de grano para productos de alta embutición
- ◆ Mayor uniformidad de recocido, para todo tipo de material, por ofrecer mejor nivel de convección de calor que los hornos actuales
- ◆ Mejor calidad superficial de los productos por ser recocidos en hornos eléctricos y en ausencia de gases de combustión de petróleo
- ◆ Menor contaminación del medio ambiente por no generar gases de combustión

#### **6.4.2.2 IMPLICANCIAS ECONOMICAS**

- ◆ Mayor capacidad de producción por la posibilidad de efectuar cargas de recocido entre 8 a 10 TM. frente a las 2 TM de los hornos actuales
- ◆ Mayor productividad por efectuar cargas más grandes, con menos tiempos muertos, al efectuar cargas chicas y frecuentes

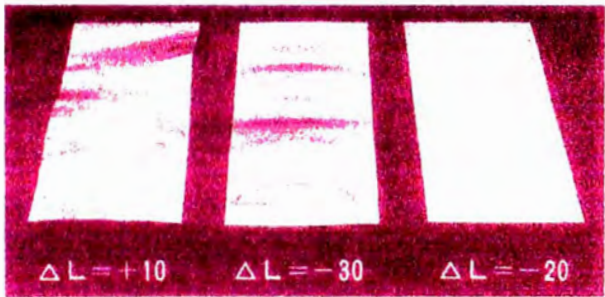
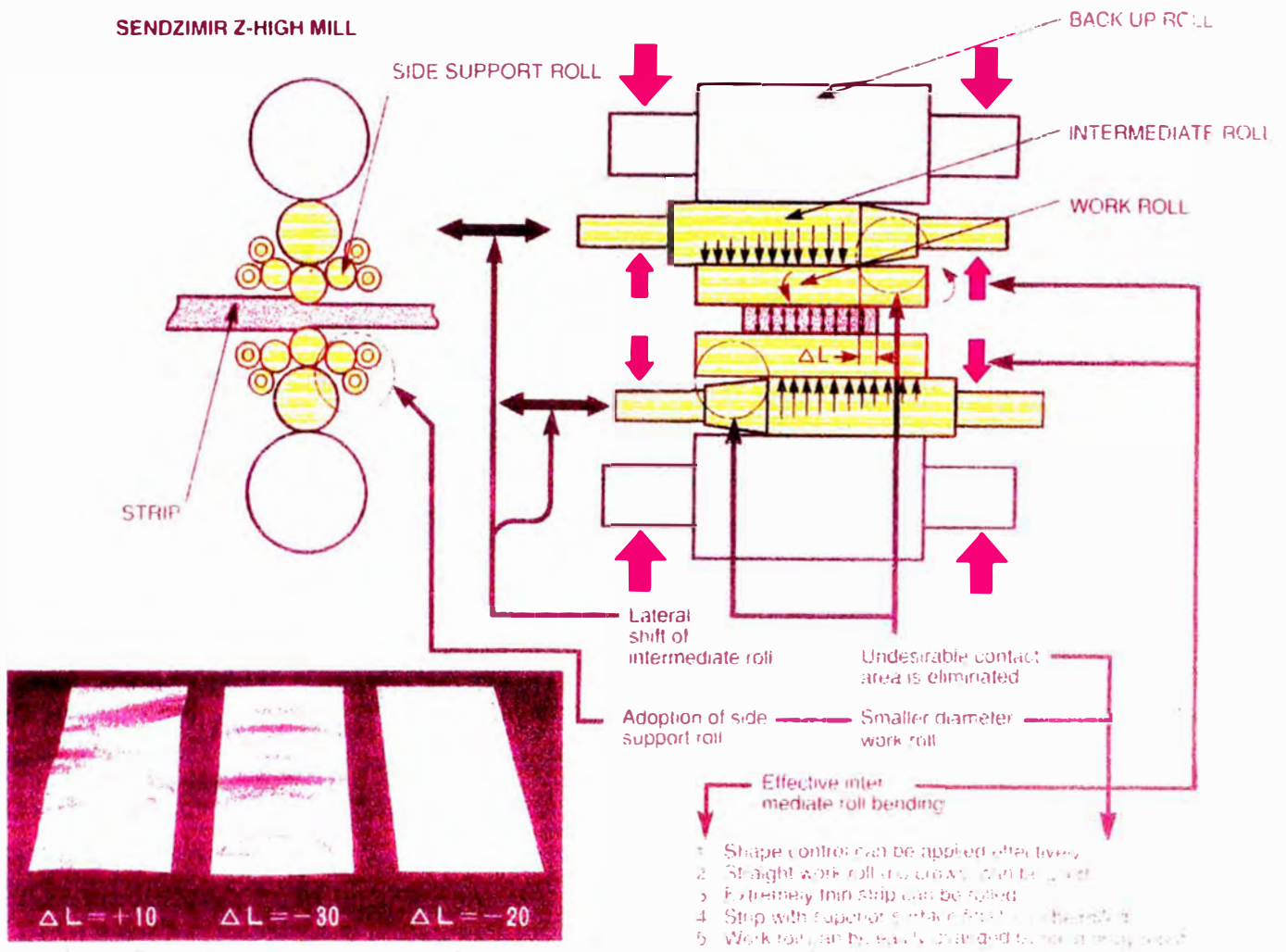


- ◆ Posibilidad de preparar rollos de hasta 2 TM de peso como lo requiere la laminadora Sendzimir
- ◆ Menor costo de operación por ser horno eléctrico y no requiere ser calentado por combustión de petróleo
- ◆ Menor costo de producción por la posibilidad de reducir un decapado de material delgado recocido, en atmósfera inerte, a baja temperatura

#### **6.4.2.3 IMPLICANCIAS COMERCIALES**

- ◆ Mayor oferta de productos gruesos dentro de la calidad exigida en el mercado
- ◆ Mayor diversificación de productos acorde con la demanda actual
- ◆ Desarrollo de mercado por la atención de todos los segmentos
- ◆ Posicionamiento en el mercado por calidad y capacidad de atención

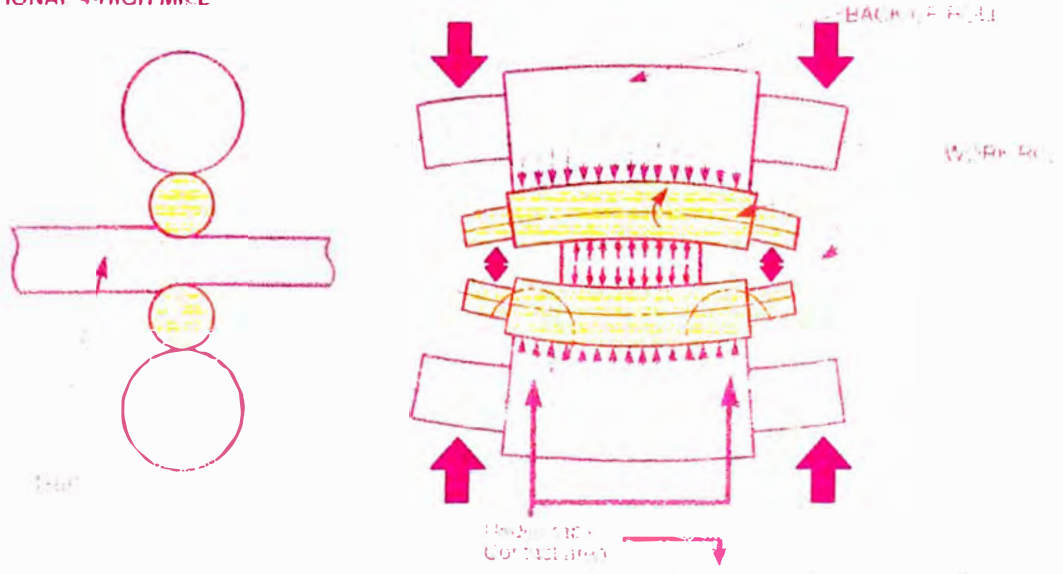
**SENDZIMIR Z-HIGH MILL**



*Effect of Changing Lateral Intermediate Roll Position*

1. Shape control can be applied effectively.
2. Straight work roll crowns can be used.
3. Extremely thin strip can be rolled.
4. Strip with superior surface finish can be rolled.
5. Work roll can be easily changed to non-draw speed.

**CONVENTIONAL 4-HIGH MILL**



## **VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Es común escuchar que el Perú es un país exportador de metales primarios y concentrados de minerales; esta situación está cambiando progresivamente, por el desarrollo de una serie de industrias conexas que permiten dar mayor valor agregado a los metales, sin embargo se requieren mayores esfuerzos para obtener tecnología moderna y ser competitivos a nivel mundial.

Es necesario entender que cobrelsa ha desarrollado un modelo y cultura interna, que tiene ingredientes en su composición, desde la época del mercado nacional protegido, con la necesidad de obtener márgenes altos; por temor a las devaluaciones continuas, carencia de capital de trabajo por dificultades financieras, etc.

Es necesario entender también que ahora el nuevo paradigma obliga a comprender que la eficiencia es el único factor que asegura la permanencia en el mercado, que hay que mejorar todos los días, que los mercados no son mas protegidos, y que se han dividido en pequeños segmentos donde triunfan solo los más eficientes en atenderlos, es decir la producción se desmasificó, el conocimiento, la innovación y la agilidad para cambiar, hacen que pequeñas líneas de producción produzcan más con menores costos y rentabilidades mayores que aquellas otras empresas del pasado.

Los países de la región Latinoamericana, cuentan con economías expuestas al efecto económico de la globalización de los últimos tiempos, como los presentados por los grandes bloques como el ASIA y EUROPA DEL ESTE.

Las informaciones más recientes hacen pensar que los capitales de inversión en un futuro próximo verán a la región como muy propicia y de menor riesgo para sus futuras inversiones.

Es muy probable que este desorden económico en mercados inmensos como los de Asia y Rusia, sumado a la presión existente por recolocar estos capitales que ahora se encuentran refugiados principalmente en EE.UU; hagan que América Latina sea el destino de importantes inversiones futuras, entonces lo que para otros es un desastre, para nosotros se puede convertir en una gran oportunidad, es por esta razón que se hace de vital importancia que la empresa oriente sus esfuerzos en los mercados de la

región y que adopte políticas que estén orientadas a mejorar sus estándares de eficiencia y calidad.

En el nuevo paradigma de la globalización; donde hay nuevos mercados a los que podremos acceder, los tendremos que atender con una real ventaja competitiva; por que es un hecho que la competencia es extremadamente dura y en muchos casos son producto de alianzas que han permitido reforzar, vía esta modalidad, sus fortalezas individuales.

De acuerdo a las nuevas políticas de administración se debe desarrollar una serie de acciones para contribuir con el progreso integral de la compañía; siendo las más importantes las siguientes:

Soporte técnico al Area Comercial, en la coordinación directa con los clientes, para la preparación de muestras y/o productos de acuerdo a sus requerimientos o especificaciones. Esto permite dar los pasos seguros para la obtención de un producto con la calidad deseada.

Crear un clima de confianza con los clientes, más allá del aspecto comercial, lo cual permite tomar contacto directo con el personal técnico de cada empresa ya que estos son quienes deciden finalmente la aceptación de un material o de un nuevo proveedor.

Coordinar permanentemente con los principales proveedores, de materia prima, insumos y servicios; con el propósito de hacerles participes de los objetivos de la empresa, para dar impulso al desarrollo de la cadena de valor, con el objeto de lograr que los proveedores se constituyan en socios estratégicos para el cumplimiento de los objetivos. De la misma forma que los clientes tengan la suficiente confianza de contar con los despachos oportunamente.

Dar apoyo total a todas las áreas de la empresa y principalmente al área de producción con la elaboración y emisión oportuna de las instrucciones de proceso para cada una de las aleaciones a obtener, en cada campaña de fundición, en donde se deben precisar el rango de variación de cada uno de los parámetros de operación.

Mantener involucrados a todos los departamentos de apoyo a producción para el cumplimiento de los objetivos y estándares de calidad, comprometidos por el área comercial, fomentando el desarrollo del trabajo en equipo y generando procedimientos que permitan mantener un proceso bajo control.

Desarrollo de mayor integración del área de producción con los demás departamentos, con el objeto de lograr un mejor nivel de planeamiento; principalmente con el área comercial, para impulsar la recuperación y desarrollo del mercado.

Preparar a la empresa con prevision para responder a las exigencias del entorno respecto a la atención de nuevos productos, en cantidad, calidad y oportunidad requerida, lo que permitirá obtener una mejor imagen.

Planeamiento en detalle de los programas mensuales de producción en fundición, de acuerdo al plan de ventas, para facilitar la correcta programación de operaciones y de un adecuado control de las mismas.

Utilización eficiente de todos los recursos de la empresa; principalmente de la materia prima, insumos, materiales diversos y servicios para reducir la presión sobre caja y el costo de inventarios.

Mantenimiento del control total de los rendimientos en fundición y laminación, para cada campaña de producción, en función de la mezcla de productos; lo que permitirá efectuar evaluaciones constantes de las eficiencias de producción, de la implementación de las mejoras continuas, de la identificación de la causa de los problemas y de la solución de los mismos.

Pruebas de utilización de nuevos aditivos para decapado, como es el caso del peróxido de hidrógeno, utilización de nitrógeno líquido de alta pureza para recocido.

Búsqueda continua de la mejora de calidad de los productos con innovación de procesos de producción que permitan la reducción de costos.

Selección de refractarios de mejor calidad para los hornos de fundición lo que permitirá alcanzar mayores rendimientos con la consiguiente reducción de costos.

**ANEXO 1. CONFORMACION DE LAS MATRICES PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION  
EN FUNCION DEL NUMERO DE PROCESOS POR SECCION  
(PLANCHAS DE 12.0 mm DE ESPESOR)**

**1. NUMERO DE PROCESOS PROMEDIO POR TIPO DE MATERIAL**

SECCION	PROCESOS POR TIPO DE COBRE				PROCESOS POR TIPO DE LATON			
	GRUESO	MEDIANO	FINO	PROMEDIO PONDERADO	GRUESO	MEDIANO	FINO	PROMEDIO PONDERADO
FUNDICION	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
ESCALPADO (FRESA)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
RECOCIDO	2.0	2.0	5.0	3.8	3.0	4.0	7.0	4.6
SOLDADURA	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	2.0	1.0	0.0	0.6	2.0	2.0	2.0	2.0
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	2.0	1.0	1.0	1.2	2.5	2.0	2.0	2.2
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	0.0	2.0	1.0	1.0	0.0	3.5	5.0	2.9
LAMINADO FINO	0.0	3.0	5.0	3.6	0.0	3.0	5.0	2.7
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	2.0	2.0	1.0	1.4	2.0	2.0	1.0	1.7
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	0	1	1	0.8	0	1	1	0.7

## 2. MEZCLA DE PRODUCTOS

TIPO DE MATERIAL	COBRE (%)	LATON (%)	ESPEJOR (mm)
GRUESO	20.00	30.00	1.00 - 6.00
MEDIANO	20.00	40.00	0.21 - 1.00
FINO	60.00	30.00	0.05 - 0.20

## 3. MEZCLA DE ALEACIONES

ALEACION	%	CLASIFICACION SEGÚN NORMA ASTM B-36
COBRE	40	C-11000, C-11400, C-12000, C-12200
LATON	60	C-22000, C-24000, C-26000, C-27200

## 4. SISTEMA DE RECOCIDO

ALEACION	RETORTA %	SIN RETORTA %
COBRE	100	0
LATON	30	70

HORNO	COBRE (Kg/Hr)		LATON (Kg/Hr)	
	RETORTA	SIN RETORTA	RETORTA	SIN RETORTA
H-1 / H-2	494.67	0	478.33	615.0
H-3	309.17	0	298.96	307.5
<b>TOTAL</b>	<b>803.83</b>	<b>0</b>	<b>777.29</b>	<b>922.5</b>

## 6. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE RECOCIDO

### 1. COBRE

TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN CON RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2	8	3.5	212	494.67
H-3	10	3.5	212	309.17
<b>TOTAL</b>				<b>803.83</b>

### 2. LATON

2.1 TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN CON RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2	8	3.5	205	478.33
H-3	10	3.5	205	298.96
<b>TOTAL</b>				<b>777.29</b>

2.2 TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN SIN RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2/H-3	12	3	205	922.50



**ANEXO 2. CONFORMACION DE LAS MATRICES PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION  
EN FUNCION DEL NUMERO DE PROCESOS POR SECCION  
(PLANCHAS DE 15.0 mm DE ESPESOR)**

**1. NUMERO DE PROCESOS PROMEDIO POR TIPO DE MATERIAL**

SECCION	PROCESOS POR TIPO DE COBRE				PROCESOS POR TIPO DE LATON			
	GRUESO	MEDIANO	FINO	PROMEDIO PONDERADO	GRUESO	MEDIANO	FINO	PROMEDIO PONDERADO
FUNDICION	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
ESCALPADO (FRESA)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
1o. LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
2o. LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
RECOCIDO	1.0	2.0	4.0	3.0	2.0	3.0	5.0	3.3
SOLDADURA	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	1.0	1.0	0.0	0.4	2.0	1.0	1.0	1.3
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	2.0	1.0	1.0	1.2	2.0	1.5	1.0	1.5
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	0.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	4.0	2.7
LAMINADO FINO	0.0	2.5	4.0	2.9	0.0	2.5	4.0	2.2
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	2.0	1.0	1.0	1.2	2.0	1.0	1.0	1.3
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	0	1	1	0.8	0	1	1	0.7

## 2. MEZCLA DE PRODUCTOS

TIPO DE MATERIAL	COBRE (%)	LATON (%)	ESPEJOR (mm)
GRUESO	20.00	30.00	1.00 - 6.00
MEDIANO	20.00	40.00	0.21 - 1.00
FINO	60.00	30.00	0.05 - 0.20

## 3. MEZCLA DE ALEACIONES

ALEACION	%	CLASIFICACION SEGÚN NORMA ASTM B-36
COBRE	40	C-11000, C-11400, C-12000, C-12200
LATON	60	C-22000, C-24000, C-26000, C-27200

## 4. SISTEMA DE RECOCIDO

ALEACION	RETORTA %	SIN RETORTA %
COBRE	100	0
LATON	30	70

## 5. CAPACIDAD DE RECOCIDO

HORNO	COBRE (Kg/Hr)		LATON (Kg/Hr)	
	RETORTA	SIN RETORTA	RETORTA	SIN RETORTA
H-1 / H-2	550.67	0	546.00	702
H-3	344.17	0	341.25	351
<b>TOTAL</b>	<b>894.83</b>	<b>0</b>	<b>887.25</b>	<b>1053</b>

## 6. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE RECOCIDO

### 1. COBRE

TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN CON RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2	8	3.5	236	550.67
H-3	10	3.5	236	344.17
<b>TOTAL</b>				<b>894.83</b>

### 2. LATON

2.1 TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN CON RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2	8	3.5	234	546.00
H-3	10	3.5	234	341.25
<b>TOTAL</b>				<b>887.25</b>

2.2. TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN SIN RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2/H-3	12	3	234	1053

**ANEXO 3. CONFORMACION DE LAS MATRICES PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION  
EN FUNCION DEL NUMERO DE PROCESOS POR SECCION  
(PLANCHAS DE 17.0 mm DE ESPESOR)**

**1. NUMERO DE PROCESOS PROMEDIO POR TIPO DE MATERIAL**

SECCION	PROCESOS POR TIPO DE COBRE				PROCESOS POR TIPO DE LATON			
	GRUESO	MEDIANO	FINO	PROMEDIO PONDERADO	GRUESO	MEDIANO	FINO	PROMEDIO PONDERADO
FUNDICION	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
ESCALPADO (FRESA)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
1o. LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
2o. LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
RECOCIDO	1.0	2.0	4.0	3.0	2.0	3.0	5.0	3.3
SOLDADURA	1	1	1	1.0	1	1	1	1.0
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	1.0	1.0	0.0	0.4	2.0	1.0	1.0	1.3
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	2.0	1.0	1.0	1.2	2.0	1.5	1.0	1.5
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	0.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	4.0	2.7
LAMINADO FINO	0.0	2.5	4.0	2.9	0.0	2.5	4.0	2.2
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	2.0	1.0	1.0	1.2	2.0	1.0	1.0	1.3
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	0	1	1	0.8	0	1	1	0.7

## 2. MEZCLA DE PRODUCTOS

TIPO DE MATERIAL	COBRE (%)	LATON (%)	ESPESOR (mm)
GRUESO	20.00	30.00	1.00 - 6.00
MEDIANO	20.00	40.00	0.21 - 1.00
FINO	60.00	30.00	0.05 - 0.20

## 3. MEZCLA DE ALEACIONES

ALEACION	(%)	CLASIFICACION SEGÚN NORMA ASTM B-36
COBRE	40	C-11000, C-11400, C-12000, C-12200
LATON	60	C-22000, C-24000, C-26000, C-27200

## 4. SISTEMA DE RECOCIDO

ALEACION	RETORTA %	SIN RETORTA %
COBRE	100	0
LATON	30	70

## 5. CAPACIDAD DE RECOCIDO

HORNO	COBRE (Kg/Hr)		LATON (Kg/Hr)	
	RETORTA	SIN RETORTA	RETORTA	SIN RETORTA
H-1 / H-2	604.33	0	618.33	795
H-3	377.71	0	386.46	397.5
<b>TOTAL</b>	<b>982.04</b>	<b>0</b>	<b>1004.79</b>	<b>1192.5</b>

## 6. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE RECOCIDO

### 1. COBRE

TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN CON RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2	8	3.5	259	604.33
H-3	10	3.5	259	377.71
<b>TOTAL</b>				<b>982.04</b>

### 2. LATON

2.1 TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN CON RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2	8	3.5	265	618.33
H-3	10	3.5	265	386.46
<b>TOTAL</b>				<b>1004.79</b>

2.2. TODOS LOS RECOCIDOS SE EFECTUAN SIN RETORTA

HORNO	PL/CARGA	CARGAS/DIA	KG/PL	KG/Hr
H-1/H-2/H-3	12	3	265	1192.5

**ANEXO 4. NCREMENTO DE LA PRODUCCION BRUTA EN FUNCION DEL ESPESOR DE LAS PLANCHAS**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION POR ESPESOR (TM/Mes)			INCREMENTO ( % )	
		12,00 mm	15,00 mm	17,00 mm	15,00 mm	17,00 mm
FUNDICION	COBRE	206.70	247.80	291.38	19.88	40.97
	LATON	169.13	210.60	238.50	24.52	41.02
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	477.00	619.50	679.88	29.87	42.53
	LATON	461.25	614.25	695.63	33.17	50.81
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	556.50	708.00	777.00	27.22	39.62
	LATON	538.13	702.00	795.00	30.45	47.74
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	COBRE	556.50	708.00	777.00	27.22	39.62
	LATON	538.13	702.00	795.00	30.45	47.74
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	520.88	579.85	636.36	11.32	22.17
	LATON	569.55	650.12	736.25	14.15	29.27
SOLDADURA	COBRE	381.60	531.00	582.75	39.15	52.71
	LATON	369.00	526.50	596.25	42.68	61.59
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	318.00	424.80	466.20	33.58	46.60
	LATON	307.50	421.20	477.00	36.98	55.12
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	349.80	424.80	466.20	21.44	33.28
	LATON	307.50	351.00	397.50	14.15	29.27
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	320.54	396.48	435.12	23.69	35.74
	LATON	275.52	314.50	356.16	14.15	29.27
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	286.20	354.00	388.50	23.69	35.74
	LATON	338.25	421.20	477.00	24.52	41.02
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	190.80	212.40	233.10	11.32	22.17
	LATON	184.50	210.60	238.50	14.15	29.27
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	95.40	106.20	116.55	11.32	22.17
	LATON	123.00	175.50	198.75	42.68	61.59

**ANEXO 5. INCREMENTO DE LA PRODUCCION NETA EN FUNCION DEL ESPESOR DE LAS PLANCHAS  
Y DE LA SIMPLIFICACION DE LOS PROCESOS DE LAMINACION**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION POR ESPESOR (TM/Mes)			INCREMENTO (%)	
		12,00 mm	15,00 mm	17,00 mm	15,00 mm	17,00 mm
FUNDICION	COBRE	124.02	161.07	203.96	29.87	64.46
	LATON	101.48	136.89	166.95	34.90	64.52
ESCALPADO (FRESA)	COBRE	286.20	402.68	475.91	40.70	66.29
	LATON	276.75	399.26	486.94	44.27	75.95
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE	333.90	460.20	543.90	37.83	62.89
	LATON	322.88	456.30	556.50	41.32	72.36
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	COBRE	333.90	460.20	543.90	37.83	62.89
	LATON	322.88	456.30	556.50	41.32	72.36
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE	82.24	125.63	148.48	52.75	80.53
	LATON	74.29	128.05	156.17	72.37	110.22
SOLDADURA	COBRE	228.96	345.15	407.93	50.75	78.17
	LATON	221.40	342.23	417.38	54.58	88.52
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE	318.00	690.30	815.85	117.08	156.56
	LATON	92.25	210.60	256.85	128.29	178.43
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE	174.90	230.10	271.95	31.56	55.49
	LATON	85.81	152.10	185.50	77.24	116.17
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE	192.33	257.71	304.58	34.00	58.37
	LATON	57.00	75.71	92.34	32.81	61.99
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE	47.70	79.34	93.78	66.33	96.60
	LATON	75.17	124.45	151.77	65.57	101.91
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE	81.77	115.05	135.98	40.70	66.29
	LATON	65.12	105.30	128.42	61.71	97.21
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE	71.55	98.61	116.55	37.82	62.89
	LATON	105.43	162.96	198.75	54.57	88.52



**ANEXO 6. INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION NETA COMPOSITO POR SECCION  
EN FUNCION DEL NUMERO DE PROCESOS POR TIPO DE MATERIAL**

SECCION	MATERIAL	PRODUCCION POR ESPESOR (TM/Mes)			INCREMENTO ( % )	
		12,00 mm	15,00 mm	17,00 mm	15,00 mm	17,00 mm
FUNDICION	COBRE Y LATON	110.49	146.56	181.76	32.64	64.50
ESCALPADO (FRESA)	COBRE Y LATON	280.53	400.63	482.53	42.81	72.01
1o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION I)	COBRE Y LATON	327.29	457.86	551.46	39.90	68.50
2o.LAMINADO DESBASTE (DOMINION II)	COBRE Y LATON	327.29	457.86	551.46	39.90	68.50
RECOCIDO (H-1/H-2/H-3)	COBRE Y LATON	77.47	127.09	153.10	64.05	97.62
SOLDADURA	COBRE Y LATON	224.42	343.40	413.60	53.01	84.29
DECAPADO GRUESO (DECAPADO I)	COBRE Y LATON	182.55	402.48	480.45	120.48	163.19
LAMINADO INTERMEDIO (GUTMAN)	COBRE Y LATON	121.45	183.30	220.08	50.93	81.21
DECAPADO FINO (DECAPADO II)	COBRE Y LATON	111.13	148.51	177.24	33.63	59.48
LAMINADO FINO (MINO)	COBRE Y LATON	64.18	106.41	128.57	65.80	100.33
CORTE Y EMPAQUE II (MATERIAL GRUESO)	COBRE Y LATON	71.78	109.20	131.44	52.13	83.12
CORTE Y EMPAQUE I (MATERIAL FINO)	COBRE Y LATON	91.88	137.22	165.87	49.35	80.53

**ANEXO N°. 7 CUADRO COMPARATIVO DEL NUMERO DE  
PROCESOS DE FABRICACION PARA COBRE FINO  
DE 0.06 mm DE ESPESOR**

Seccion	Proceso antiguo	Proceso actual
	Espesor (mm)	Espesor (mm)
Fundición	12.00	17.00
Escalpado	10.80	16.00
Desbaste 1	6.50	6.50
Desbaste 2	2.00	2.00
Laminado intermedio 1	1.50	1.50
Soldadura	1.50	1.50
Laminado intermedio 2	1.00	0.75
Recocido 1	1.00	0.75
Decapado fino	1.00	0.75
Laminado fino 1	0.50	
Recocido 2	0.50	
Laminado fino 2	0.36	
Refilado	0.36	0.75
Laminado fino 3	0.32	0.28
Recocido 3	0.32	
Laminado fino 4	0.16	0.14
Recocido 4	0.16	0.14
Laminado fino 5	0.12	0.10
Recocido 5	0.12	0.10
Laminado fino 6	0.06	0.06
Corte fino	0.06	0.06
Empaque fino	0.06	0.06

Puede observarse que el proceso antiguo tenía 22 operaciones de fabricación, desde la fundición hasta el empaque .

El Proceso actual solamente tiene 18 operaciones.

**ANEXO N°. 8 CUADRO COMPARATIVO DEL NUMERO DE  
PROCESOS DE FABRICACION PARA LATON FINO  
DE 0.12 mm DE ESPESOR**

Seccion	Proceso antiguo	Proceso actual
	Espesor (mm)	Espesor (mm)
Fundicion	12.00	17.00
Escalpado	10.80	16.00
Desbaste 1	6.50	6.50
Desbaste 2	3.50	2.00
Recocido	3.50	2.00
Soldadura		2.00
Decapado grueso	3.50	2.00
Laminado intermedio	1.80	0.75
Recocido	1.80	0.75
Decapado grueso	1.80	
Doldadura	1.80	
Laminado intermedio	1.10	
Recocido	1.10	
Decapado fino	1.10	0.75
Laminado fino	0.65	
Recocido	0.65	
Decapado fino	0.65	
Refilado	0.65	0.75
Laminado fino	0.37	0.40
Recocido	0.37	0.40
Decapado fino	0.37	0.40
Laminado fino	0.24	0.22
Recocido	0.24	0.22
Decapado fino	0.24	0.22
Laminado fino	0.16	0.15
Recocido	0.16	0.15
Decapado fino	0.16	0.15
Laminado fino	0.12	0.12
Corte fino	0.12	0.12
Empaque fino	0.12	0.12

Puede observarse que el proceso antiguo tenía 29 operaciones de fabricación, desde la fundición hasta el empaque .  
El Proceso actual solamente tiene 23 operaciones.

## **IX. BIBLIOGRAFIA**

1. J. Adonis y R. Maino  
Efectos del oxígeno y el azufre en el agrietamiento del cobre.  
Interamerican Conference on Material Technology.  
San Juan de Puerto Rico, Junio 1,984
2. Thomas P. Wertli  
The Current Standing of Horizontal Continuous Casting Technology.  
International Symposium.  
Bombay, december 1,981
3. H.S.Bhamra, J.F.Hill, S.Garber, V.Kondic  
Effects of some process variables on structure and properties  
of semicontinuously cast 70-30 brass slabs in an industrial environment.  
Metals Technology, February 1,976.
4. O. B. Sorensen and E. Mahan  
The reaction between copper and liquid Zinc  
Metal Science, November 1,976
5. C.J. Evans I.T.R.I.  
La Colada Continua del Bronce  
El estaño y sus Aplicaciones 1,977 y 1,978
6. Silver – Bearing Copper  
A Compendium of the origin, Characteristics, Uses and Future of Copper  
Containing 12 to 25 Ounces Per Ton of Silver  
Walter L. Finlay. M Sc. D Eng.  
Corinthian Editions 1,968
7. Operacao de Fornos de Inducao  
Coordenacao : Eng. Lydio Fernández Junior  
ABM - Associacao Brasileira de Metais  
Edile Servicos Graficos Editora Ltda. 1,969
8. Roll Pass Design  
J. B. Orr, B.ENG., A.M.I.MECH. E.  
British Steel Corporation, Sheffield England  
First published 1,960
9. Copper and Copper Base Alloys  
The physical and Mechanical Properties of Copper  
and its Commercial Alloys in Wrought Forms  
R.A. Wilkins & E.S. Bunn  
McGraw-Hill Book Company, INC  
New York and London 1,943