

300617
46
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
Incorporada a la U.N.A.M.

**"Estudio de Aumento de Productividad en el Area de
Estaño de una Fábrica Manufacturera de Cables
y Conductores Eléctricos"**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Con Especialidad en Area Industrial

p r e s e n t a :

ROBERTO TENA REYES

México, D. F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

=====

INTRODUCCION

	Página
CAPITULO I	ANTECEDENTES
1.1	Historia del estañado 1
1.2	Diferentes tipos de estañado 4
1.3	Uso e importancia del alambre de cobre estañado 9
CAPITULO II	DESCRIPCION DEL PROCESO
2.1	Teoría del estañado por inmersión en caliente 11
2.2	Partes de una estañadora por inmersión en caliente, importancia y uso de cada parte 26
CAPITULO III	CONDICIONES ACTUALES DE OPERACION
3.1	Distribución del área (Lay Out) 30
3.2	Características técnicas de la maquinaria 31
3.3	Estándares de producción por máquina 49
3.4	Método de trabajo 51
CAPITULO IV	REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION
4.1	Demanda actual Vs Capacidad de producción 55
4.2	Pronóstico de la demanda para los próximos 5 años 59
4.3	Capacidad adicional requerida 60

	Página
CAPITULO V	
MODIFICACIONES PROPUESTAS	
5.1 Alternativas factibles	61
5.2 Evaluación de Alternativas	94
5.3 Selección final	102
CONCLUSIONES	104
BIBLIOGRAFIA	106
APENDICE	
Tabla de datos técnicos del alambre de cobre estañado	110

INTRODUCCION

La fabricación de diversos productos de cobre, tales como cables, cordones y cables flexibles con aislamiento elastomérico, entre otros, de múltiples aplicaciones en minas, sistemas de transporte colectivo, etc., requieren además de la fabricación de alambre de cobre, de un proceso adicional integrado de cuatro etapas básicas, a saber:

- 1) Estañado del conductor
- 2) Aplicación de semiconductor y aislamiento
- 3) Reunido y cubierta interna
- 4) Cubierta de producto terminado

En relación con estas etapas, el presente estudio se enfocará a la primera, cuya finalidad es la de proteger al conductor de cobre de una oxidación prematura, que puede darse por dos razones fundamentales:

- Presencia de humedad, y
- Ataque químico (provocado al aplicar por medio de extrusión las cubiertas elastoméricas).

Como se puede ver, este proceso es fundamental, pues la vida útil de los productos terminados que lo requieren depende directamente del cuidado que se tenga en esta etapa.

El estañado de conductores representa un área conflictiva, ya que de la productividad de la misma dependen otras áreas que requieren de alambre de cobre estañado como materia prima fundamental, es así que el buscar aumentar la productividad de la misma (actualmente con capacidad de producción insuficiente) repre-

señala un reto, además de interesante, prioritario, pues de llevarse a cabo traerá como consecuencias la satisfacción completa de la demanda que se tiene y la reducción de costos de producción, lo que permitirá a la empresa ser más competitiva en el mercado, tanto Nacional como Internacional, que con la entrada de México al GATT se hace evidente.

Hoy más que nunca, el buscar aumentar la productividad en todas las ramas de la industria mexicana se hace indispensable, pues las empresas que no lo consigan estarán condenadas a desaparecer irremediabilmente ante la competencia de los países que integran el GATT.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 Historia del estañado

En la historia del hombre, el estaño ha sido utilizado muchos siglos atrás. Se tienen datos de su uso desde 1500 A.C. -- por los Fenicios, quienes lo usaban en la fabricación del bronce para escudos y armas.

Se sabe también por documentos escritos por Plinio que los Romanos cubrían utensilios de cocina hechos de fierro fundido, con estaño, así como vasijas de cobre, lógicamente ésto se realizaba sumergiendo el objeto en estaño fundido o bien por aplicación del metal al objeto caliente.

Mucho después vino el proceso del recubrimiento de hojas de fierro con estaño, de acuerdo con una leyenda, se dice que un minero descubrió una mina de estaño en las montañas de Erzgebirge, en Bohemia en el año 1240, a partir de entonces se estableció la industria del estañado en Bohemia, pero desde 1575 fue necesario importar los lingotes de este metal desde Cornwell dada la aparente insuficiencia de él en este lugar.

En 1600 se inició el estañado de hojas de fierro en Saxony y en 1665 Dresden fue un centro floreciente de esta industria.

El descubrimiento reciente de una carta de John Tittle, escrita en 1623, revela que él y un pariente estañaron fierro, y solicitaron fondos para establecer una fábrica de estaño en Inglaterra. Este hecho, prácticamente no es conocido, y la introducción de esta industria en Inglaterra es considerada debido a los

esfuerzos de Andrew Yarranton, quien durante una depresión de la industria metálica en Inglaterra, particularmente relacionada -- con el estaño y el fierro, visitó Dresden con el propósito expreso de formar un taller familiar de estañado. Después de que hubo regresado a Inglaterra con la información, Yarranton hizo los preparativos para establecer esta industria en Pontypool en el suroeste de Inglaterra, el establecimiento de esta industria fue un proceso lento, en 1697 Houghton escribió que no existieron -- trabajos de estañado en esa época, hasta 1720 en que se estableció en definitiva el estañado en Inglaterra, a la par de la producción en serie de las láminas de fierro gracias al descubrimiento del laminado.

El distrito del sur de Gales vino entonces a ser el centro mundial de producción de objetos estañados hasta fines del siglo XIX.

La manufactura de objetos plateados con estaño se inició en 1891, siguiendo la promulgación del impuesto el cual impuso una tarifa de 2.2 centavos por libra del producto estañado. Esta industria llegó a expansionarse de tal forma que en 1944 E.U. produjo el 70% del consumo mundial de este tipo de productos. La mayoría de estos productos fueron estañados por métodos de inmersión en caliente, y aún cuando en 1850 se conocieron los métodos de estañado electrolítico, su uso comercial no fue desarrollado sino hasta 20 años después, claro que este estañado aún primitivo, fue muy rudimentario y de una calidad muy dudosa, pero con el advenimiento de los procesos de laminado en frío por métodos continuos, cobró un gran auge la electrodeposición del estaño y en 1930 se obtuvieron muchos productos estañados por electrólisis.

La primera línea de estañado electrolítico fue inaugurada en 1937, y a partir de la Segunda Guerra Mundial, este tipo de -

estañado, el estañado por inmersión en caliente y el estañado -- por desplazamiento de sal fundida, han ocupado grandemente el -- mercado mundial ofreciendo artículos de muy buen aspecto y de -- gran resistencia a la corrosión y actualmente esta industria se ha extendido a muchas ramas de nuestra vida, tales como bisutería, recubrimiento de lámina de acero para las comidas enlatadas y en la industria eléctrica, donde básicamente se usa para proteger a los conductores de cobre de oxidaciones cuando éstos van desnudos o como medio para ayudar a la soldadura de éstos, o bien para protegerlos del ataque químico cuando se les aplica una cubierta de hule vulcanizado. Por último, se les estaña con el -- fin de dar buena apariencia al conductor.

La aparición del recubrimiento de metales con aleaciones de Pb-Sn es tan viejo como el recubrimiento con estaño puro, sin embargo, en la industria eléctrica nunca existió sino hasta el desarrollo de la electrónica, en la cual, para la fabricación de resistencias, condensadores, etc., se necesitó un alambre recubierto con una aleación que no fuera tan dura como el estaño puro, por lo que se pensó en la aleación Sn-Pb, y un gran número de éstas han venido desarrollándose a la par de la electrónica e iniciando el gigantesco ascenso en el progreso de México.

1.2 Diferentes tipos de estañado

Existen métodos muy variados para fijar al estaño o sus - - aleaciones sobre superficies de cobre o de acero, y éstos son:

- a) Cuando se trata de recubrir una pieza grande, o bien una que no pueda ser llevada a un taller de estañado, y esta operación debe efectuarse en el sitio, generalmente se prefiere emplear el método de "rociado" (espreado), el cual consiste en aspersar con una pistola de aire, polvo de estaño finamente molido y posteriormente aplicar calor por un medio externo, generalmente por medio de cautines especiales.

Otro medio de efectuar esta operación, es hacer una suspensión de estaño en un barniz y aplicarlo como pintura, tal como la pintura de aluminio, aplicando o no, calor posteriormente. Este tipo de estañado proporciona generalmente una cubierta poco continua y el aspecto dependerá mucho del obrero que efectúe el trabajo, por lo que se emplea muy poco.

- b) Por desplazamiento de soluciones acuosas: En su forma simple, este método consiste en la disolución de una base metálica en una solución conteniendo iones de estaño, y la deposición simultánea de estaño metálico en dicha base, este tipo de estañado es por así decirlo, una "electrólisis primitiva", ya que depende de los potenciales de electrodo de cada uno de los elementos que intervienen en la reacción, pero no se aplica en manera alguna corriente eléctrica por medios externos.

En soluciones ácidas y alcalinas simples no es efectivo este tipo de estañado trabajándolo directamente sobre el acero. Aún con cobre no se efectuará directamente este reemplazo en ninguna solución que contenga estaño, sino al contrario, el cobre se deposita sobre el estaño, ya que el cobre está aba-

jo del estaño en la serie de potenciales electromotrices. - En la industria hay un gran número de estas soluciones, ya sean alcalinas, o bien, ácidas, y siempre se usan en caliente. Una solución típicamente ácida es aquella que contiene cloruro estano en una solución acidulada con ácido clorhídrico y conteniendo bitartrato de potasio (Cremor tártaro), o bien, en su lugar se pueden emplear pirofosfato de sodio, metafosfato de sodio y carbamida.

El tiempo empleado generalmente en esta operación es de 20 - minutos a 3 ó 4 horas. Una solución de 10 gr/l de cloruro estano, 20 cc/l de ácido clorhídrico concentrado y 80 gr/l de Tiocarbamida, nos proporciona una película de cerca de 24 millonésimas de pulgada durante un minuto de inmersión en caliente, o bien, 60 millonésimas en 5 minutos.

Aunque el estaño no es depositado normalmente sobre el hierro por este procedimiento, puede depositarse una primera capa de cobre sobre él, o bien, ponerse en contacto con Zinc metálico. Esto es debido a los potenciales de electrodo, -- pues en el primer caso - Cu y Fe -, el elemento más electro-negativo tiende a disolverse y pasar a la solución, y el elemento más electropositivo, tiende a depositarse sobre el -- otro. En el segundo caso, al poner en contacto al Zinc con el hierro, formamos una pila galvánica donde el más electro-negativo (Zn) tenderá a pasar a la solución, y los iones Sn de éste, tenderán a depositarse en el cátodo que en este caso es el hierro.

Malome logró estañar el alambre de acero sumergiéndolo en -- una solución ligeramente ácida conteniendo cloruro estano y sulfato de cobre junto con un bronce que contenía cerca de 20% de estaño; se depositaron casi simultáneamente el cobre y el estaño; esta cubierta fue lo suficientemente resistente

al ataque del azufre que contenfa el hule con que fue cubier to. Todas las cubiertas logradas con este método tienen las siguientes características:

1. La película es continua.
2. Tiene buen brillo y apariencia.
3. Su poder protector contra la corrosión, es adecuado.
4. Dan una capa de estaño muy delgada.
5. Este método se puede emplear para piezas de metal con formas muy caprichosas e intrincadas y por consiguien te, difíciles de estañar por otros métodos.

Una solución típicamente alcalina, es aquella que contiene - 50 gr/1 de cianuro de sodio, 5 gr/1 de cloruro estanoso (hidratado con 2 moléculas de agua) y 5.6 gr/1 de sosa cáustica. Dicha solución deposita una película de 5 millonésimas de -- pulgada durante 5 minutos, o bien, 14 millonésimas en una ho ra.

- c) Por electrólisis: Se emplea generalmente para productos de formas muy diversas y complicadas, para todo tipo de alambres con adiciones desde 1 millonésima de pulgada (0.000025 mm), hasta más de una milésima (0.025 mm), es decir, mayor - del que pudiéramos obtener por inmersión en caliente; tiene la ventaja de que se puede controlar muy bien el espesor de la cubierta, de que ésta es uniforme y además nos proporciona una buena apariencia, pues dicha película no contiene poros y es continua.

El proceso electrofítico es muy versátil, pues lo mismo se - usa para alambres de acero que de cobre, bronce, latón, zinc, etc., además sirve para depositar un sinnúmero de aleaciones de Plomo - Estaño.

Existen baños excepcionalmente buenos para el estaño, por su poder penetrante, como los baños de estannatos alcalinos, ya sean de sodio, o de potasio; con éstos últimos se pueden -- usar altas densidades de corriente con el consiguiente ahorro de tiempo de estañado.

Para depositar prácticamente cualquier aleación de Estaño - Plomo, se emplean como electrolitos fluoboratos de estaño y plomo, y como ánodos barras conteniendo la composición de -- Sn - Pb que se desea depositar.

- d) Por inmersión en caliente: Es el proceso que tiene uso más extendido en el mundo para el estañado de alambres de cobre. Esto se debe a su relativamente bajo costo de operación y a la sencillez en el manejo, ya que sólo requiere de un sistema desengrasante, otro limpiador de la superficie, y sin más trámite, se sumerge en el estaño fundido. Al salir de éste se elimina el exceso con una gran variedad de limpiadores -- (asbesto, hule, teflón, dado, etc.), e inmediatamente se enfría con un baño de agua para enrollarse finalmente.

Las ventajas de este sistema son:

1. Sencillez en el manejo y construcción.
2. Formación de una capa adherente entre el cobre y el estaño.
3. La película es continua.
4. La apariencia es brillante y muy tersa.
5. Se pueden lograr películas con espesores de hasta 0.00020" (0.0050 mm)
6. El equipo y la operación es barato.

En la Industria Manufacturera de cables y conductores eléctricos, éste es el método más utilizado para estañar por las ven

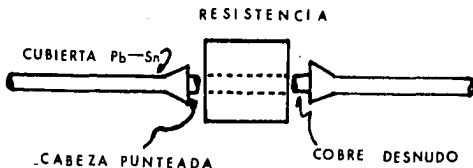
tajas ya mencionadas, sin embargo, debido a la situación de depresión económica que se vive actualmente, además de un aumento considerable en las necesidades de alambre de cobre estañado como parte fundamental de diferentes productos, hacen que se busque aumentar la productividad del área de estañado, pretendiéndose no sólo cubrir la demanda requerida, sino a su vez disminuir los costos al optimizar el funcionamiento de las estañadoras por inmersión instaladas en el área.

1.3 Uso e importancia del alambre de cobre estañado

El estaño y sus aleaciones se aplican sobre conductores de cobre con el fin principal de evitar su oxidación, haciendo perdurar su buena apariencia a través del tiempo; además es un valioso aliado para disminuir los tiempos de soldabilidad del alambre, ya que es bien conocida la ventaja de soldar un conductor que está estañado sobre uno que no lo está.

Cuando un conductor de cobre va a ser recubierto con hule, durante la vulcanización de éste se desprende ácido sulfhídrico, el cual ataca al cobre formando sulfuro de cobre de color negro que le da mal aspecto, evita buenas soldaduras y afecta sus propiedades eléctricas, ya que el sulfuro de cobre es mal conductor de la electricidad ocasionando falsos contactos que son muy perjudiciales, entonces con el fin de evitarlo, es necesario cubrir el conductor con un metal que sea inmune al ataque de estos gases, papel que el estaño y sus aleaciones realizan perfectamente, por lo que serán los escogidos para estos fines.

Cuando se desea un alambre cuyo tiempo de soldadura sea mínimo, se prefiere usar una aleación cercana a la composición del punto eutéctico Sn - Pb. Otro uso muy importante, es el hecho de que la industria electrónica, para fabricar resistencias eléctricas, tienen que "clavetear" cada pequeño pedazo de alambre -- que sirve de conexión a dichos productos, es decir, le forman -- una cabeza que sirve de tope aprovechando en este caso el hecho de que las aleaciones de Pb - Sn cuando hay mayoría de plomo, -- tienen una suavidad suficiente como para poder "arremangar" la cubierta de cada conductor en su parte cercana a la cabeza, según se describe en el esquema siguiente:



Por lo antes mencionado y por muchas otras razones, es evidente la importancia de la industria del estañado de conductores en México, ya que al ser muy importante para la industria electrónica, lo es a su vez para muchas otras industrias que dependen de ésta última.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROCESO

2.1 Teoría del estañado por inmersión en caliente

El estañado por inmersión en caliente no es un proceso complicado, sin embargo, se deben tomar en cuenta gran cantidad de pequeños detalles que son los que hacen la diferencia entre un buen estañado y uno de baja calidad; es de esta manera que hay que conocer perfectamente algunos aspectos teóricos.

A) Fenómeno de tensión superficial.

Cuando un líquido cualquiera cae sobre una superficie sólida, pueden ocurrir dos fenómenos; uno es que el líquido se extiende sobre la superficie "mojando" a ésta, o bien, que no la moje formando gotas que adoptarán más o menos la forma de una esfera de acuerdo a la tensión superficial de dicho líquido y de la tensión interfacial entre ambos.

Ahora bien, el grado con el cual un líquido moja una superficie sólida, está dado por el ángulo de contacto entre ellos; si éste es cero, el líquido se extiende sobre el sólido ocasionando un "mojado" perfecto, pero si tiene un valor de 180° , el mojado es nulo y el líquido se contrae hasta formar una gota (Figura 1).

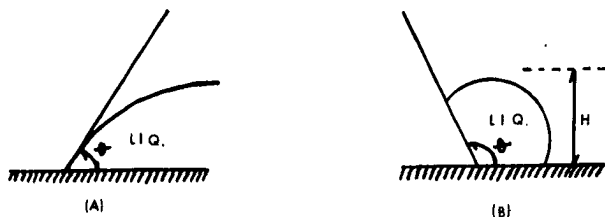


Fig. 1

La tensión superficial del estaño líquido está dada por la fórmula:

$$T_s = \frac{gh^2}{2 \cos \theta} \cdot D$$

Donde:

T_s = Tensión superficial del estaño líquido a la temperatura T en dinas/seg.²

h = Altura de la gota en Cm.

θ = Angulo entre la gota y el sólido en grados

D = Densidad del estaño a la temperatura T en gr/cm.³

Si tenemos una superficie sólida de cobre en contacto con estaño líquido y aire, se generarán fuerzas como lo indica la Figura número 2.

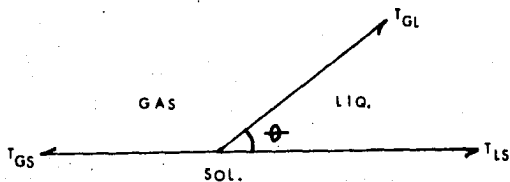


Fig. 2

En el equilibrio las fuerzas en las interfases se contrarrestan y la tensión superficial en la interfase líquido - sólido será:

$$T_{LS} = T_{GS} - T_{GL} \cos \theta$$

Sustituyendo y ordenando tenemos:

$$T_{GS} = T_{LS} + T_{GL} \cos \theta$$

El trabajo efectuado por el líquido para aumentar su área interfacial con el cobre en un centímetro cuadrado aumentando -- además su área interfacial con el aire al mismo tiempo que disminuye en la misma cantidad el área interfacial gas - sólido, se llama trabajo de adhesión entre sólido y líquido, y está dado -- por la fórmula:

$$W_{LS} = T_{GS} + T_{GL} - T_{LS}$$

Combinando esta ecuación con las anteriores obtendremos:

$$W_{LS} = T_{LS} + T_{GL} \cos \theta + \frac{T_{GS} - T_{LS}}{\cos \theta} - T_{LS}$$

$$W_{LS} = T_{GL} \cos \theta + \frac{T_{GS}}{\cos \theta} - \frac{T_{LS}}{\cos \theta}$$

$$W_{LS} = T_{GL} \cos \theta + \frac{T_{LS} + T_{GL} \cos \theta - T_{LS}}{\cos \theta}$$

$$W_{LS} = T_{GL} \cos \theta + \frac{T_{LS}}{\cos \theta} - \frac{T_{LS}}{\cos \theta} + T_{GL}$$

$$W_{LS} = T_{GL} (1 + \cos \theta)$$

Cuando el estaño baña por completo al cobre, su ángulo de -- contacto será 0 grados, y por consiguiente $\cos \theta = 1$, por lo que el trabajo realizado entre el sólido y el líquido para mojar el -- uno al otro será igual a dos veces la tensión interfacial gas -

líquido llamado también "trabajo de cohesión" del líquido.

En caso de tratarse de una aleación Plomo - Estaño, las interfaces serían análogas, únicamente cambiaría el ángulo de contacto.

Experimentos efectuados por Jones y Daniels han aportado -- grandes conocimientos para un mejor entendimiento de los factores que afectan el ángulo de contacto entre el cobre y el estaño. Las principales pruebas obtenidas en experimentos con láminas de cobre sumergiéndolas en estaño fundido bajo diferentes condiciones de temperatura, tiempo, etc., fueron las siguientes:

1. Para observar el efecto del tiempo de limpieza con ácido - - clorhídrico, sobre el ángulo de contacto; sumergieron varias láminas de cobre en estaño fundido después de haberlas sumergido durante un tiempo determinado en ácido para limpiarlas.

Posteriormente, se medía el ángulo de contacto entre el estaño y el cobre, obteniéndose lo siguiente:

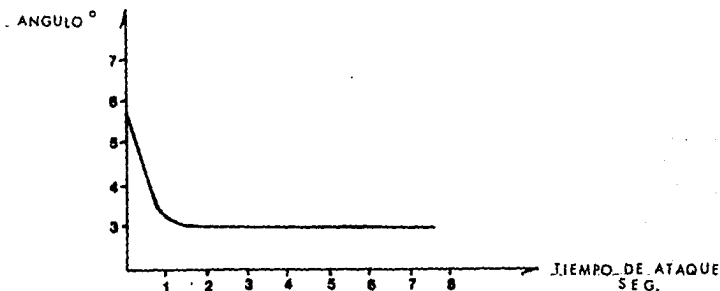


Fig. 3
EFECTO DEL TIEMPO DE LIMPIEZA
CON ACIDO CLORHIDRICO
DEL COBRE SOBRE EL ANGULO DE CONTACTO

2. Se determinó también el efecto del tiempo de inmersión a diferentes temperaturas sobre el ángulo de contacto Estaño - Cobre por simple inmersión de láminas de cobre perfectamente limpias en estaño, sacando una lámina cada determinado tiempo, hasta agotar la serie en experimento, después de esto se eleva la temperatura y se hace la misma operación determinando así la gráfica de la Figura número 4.

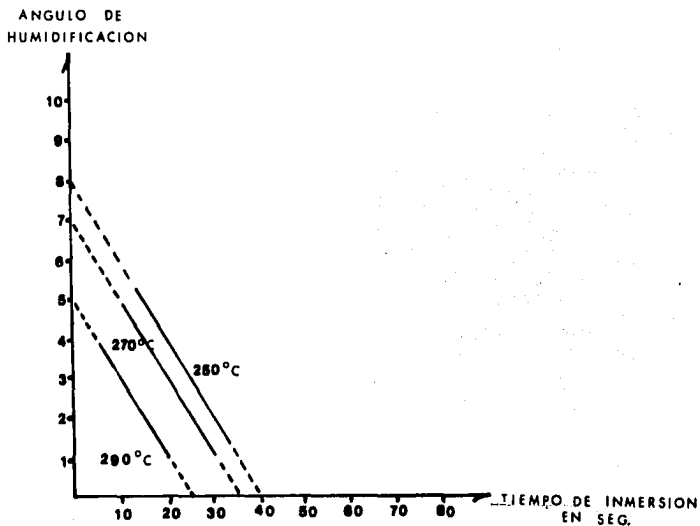


Fig. 4
EFECTO DEL TIEMPO DE INMERSION
Y DE LA TEMPERATURA DEL ESTAÑO
SOBRE EL ANGULO DE CONTACTO

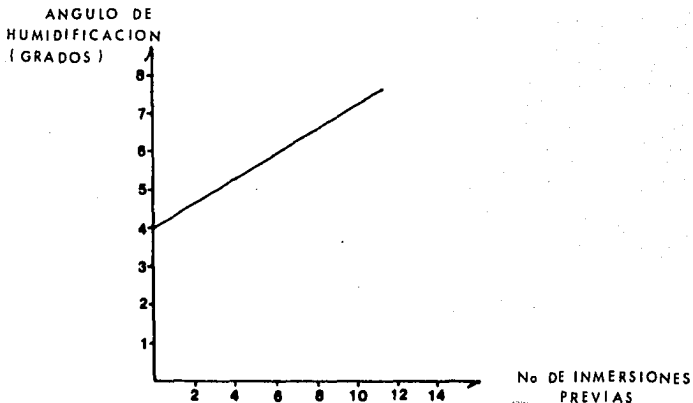


Fig. 5
EFECTO DEL COBRE DISUELTO DURANTE
LA INMERSION PREVIA DE OTRAS
MUESTRAS DE COBRE

3. Para conocer el efecto del cobre disuelto dentro del estaño por inmersiones previas, simplemente hicieron una serie de inmersiones de lámina de cobre en estaño fundido bajo las mismas condiciones durante la prueba, midiendo posteriormente el ángulo de contacto para cada muestra y relacionándolo con el anterior. Se logró obtener de esta manera la gráfica de la Fig. 5, más sin embargo, esta gráfica fue cierta hasta un contenido de 0.2% de cobre, pues a mayor concentración de éste, el estaño estaba pastoso, dando así otras lecturas y apariencia rugosa.

4. Jones y Daniels, también investigaron el efecto del plomo en el estaño fundido, (formando una aleación) sobre el ángulo de contacto aleación - cobre. Esto se hizo por inmersiones de láminas de cobre en estaño, se midió el ángulo de contacto y se repitió el experimento después de haber añadido una cantidad de plomo, se volvió a medir éste, y se añadió de nuevo más cantidad de plomo, repitiendo el experimento para varias concentraciones de este último metal. La gráfica obtenida fue la siguiente:

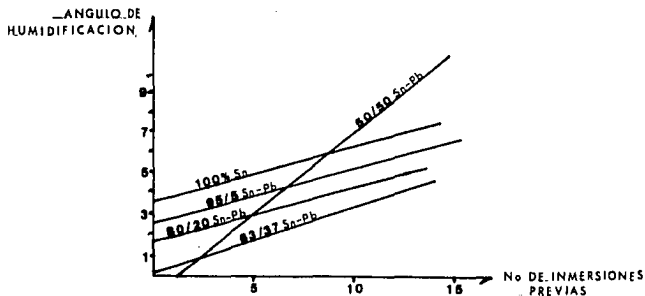


Fig. 6
EFECTO DE CANTIDADES DE PLOMO
DISUELTAS EN EL ESTAÑO SOBRE
EL ANGULO DE CONTACTO

Se determinaron también las tensiones interfaciales del estaño y sus aleaciones al mismo tiempo de investigar su ángulo de

contacto, dando por consiguiente los valores a continuación mostrados:

<u>ALEACION</u>	<u>T</u> <u>DINAS/CM</u>	<u>θ</u> <u>GRADOS</u>
100 % Sn	420	4
95 % Sn 5 % Pb	414	2.5
80 % Sn 20 % Pb	399	1.5
63 % Sn 37 % Pb	380	0.6
50 % Sn 50 % Pb	367	-1.4 *
20 % Sn 80 % Pb	336	-
100 % Pb	316	-

CONCLUSIONES

De lo expuesto anteriormente se puede concluir lo siguiente:

- a) El ángulo de contacto puede ser una medida numérica de la tendencia a la humedificación del cobre con estaño líquido.
- b) Mientras mayor sea este ángulo, menor será la tendencia a la humedificación.
- c) Mientras más limpia (de óxidos y grasas) esté el cobre, menor será el ángulo de contacto, y por consiguiente, -- esta limpieza ayudará a una mejor humedificación.
- d) Cuanto mayor sea el tiempo de inmersión, mayor será la humedificación.

* Extrapolando

- e) El aumento de temperatura disminuye el tiempo necesario para mojar al cobre.
- f) Mientras más contaminado esté el estaño por el cobre disuelto en anteriores inmersiones, menor será la tendencia a la humectación.
- g) Las adiciones de plomo al estaño disminuyen la tensión entre éste y el cobre, ocasionando que a mayor cantidad de plomo mayor será la tendencia al mojado.
- h) Como resumen de todo lo anterior, tenemos que: Para que el estaño moje al cobre se debe disminuir el ángulo de contacto entre éstos hasta cero. Este ángulo está relacionado de la siguiente manera: La limpieza del cobre lo favorece por disminuir este ángulo, lo mismo que el aumento del tiempo de inmersión, la temperatura y la adición de cantidades de plomo, en cambio, lo afecta el cobre disuelto en el líquido por las inmersiones previas de éste.

B) Formación de la base metálica.

Una vez que el cobre ha sido mojado por el estaño, empieza a disolverse en él, formando una capa doble de aleación, una de ellas, la más cercana al cobre de fórmula $Cu_3 Sn$ de color gris, y la otra más separada del cobre de color blanco tiene la fórmula $Cu_6 Sn_5$. Ambas aparecen siempre que se efectúa un estañado por este sistema (inmersión en caliente), pero también parte del cobre se difunde hacia el baño de estaño iniciándose así su contaminación.

La aleación formada de esta manera sirve como eficaz base de sustentación del estaño sobre el cobre, o sea, que sirve para

que exista una perfecta adherencia entre ambos, es por ello que siempre será necesaria la presencia de una capa homogénea de ambas aleaciones, para fijar posteriormente el estaño.

En base a lo anterior, se ha encontrado que los factores -- que más influyen en la formación de dicha base metálica son: -- Temperatura y Tiempo de Inmersión.

- Temperatura

Daniels experimentó el ataque relativo de estaño 100% y de soldadura eutéctica sobre el cobre a varias temperaturas, con -- los siguientes resultados:

MATERIAL	TEMPERATURA (°C)					
	250	275	300	350	375	400
Estaño 100%	1	1.50	2.19	4.43	5.65	7.57
Soldadura	0.28	0.42	0.61	1.18	1.58	2.07

Base: Ataque del estaño al cobre a 250°C = 1

De tales resultados podemos deducir dos cosas: El incremento de la temperatura es un factor benéfico para la formación de la aleación base Sn - Cu y además, la presencia del plomo en el estaño inhibe la formación de la base metálica a bajas temperaturas, aunque puede mejorarse ésta con un aumento en las temperaturas.

Al margen de esto hay que anotar también que así como se incrementa la formación de la base metálica con las altas temperaturas, también se incrementará el contenido de cobre que se ha difundido al baño de estaño dando origen a un baño impurificado que puede ser causa de diversos defectos en el alambre estañado.

También se puede ver que en las aleaciones de plomo-estaño no sería tan agudo el problema ya que el plomo limitaría la disolución de cobre en el estaño.

- Tiempo de inmersión

Es lógico que mientras más tiempo dure sumergido un alambre de cobre en el baño de estaño, a una determinada temperatura, mayor será la capa de la aleación base, así como mayor la disolución que experimente dicho baño.

Al respecto Kurt Gloeden publicó en 1965 en la revista Alambre, una tabla en la que recomienda los siguientes tiempos de inmersión:

Diámetro del Alambre (mm)	Tiempo de Inmersión (seg)	Temperatura (°C)
0.10 - 0.15	0.250	280
0.20	0.287	280
0.30	0.420	280
0.40	0.560	280
0.50	0.700	280
0.60	1.05	280
0.80	1.41	285
1.00	1.64	285
1.50	2.45	285
2.00	3.43	285

Debido a que en un proceso industrial no es costeable trabajar a bajas velocidades, con el objeto de tomar en cuenta los valores anteriores de tiempo de inmersión, en la industria de estañado de alambre se opta en general por aumentar la longitud de - inmersión hasta límites razonables.

CONCLUSIONES

De todo lo mencionado en "B" podemos concluir que: Entre el cobre y el estaño se forma una doble capa de aleación $Cu_3 Sn$ de color gris, y $Cu_6 Sn_5$ de color blanco. Esta capa es la base fijadora del cobre y el estaño, sin ella no existiría una buena adherencia.

Los principales factores que afectan la formación de esta base son temperatura y tiempo de inmersión.

El aumento de temperatura incrementa la rapidez de formación de esta base.

A altas temperaturas, o en largos tiempos de inmersión, se aumenta considerablemente la contaminación de cobre en el baño de estaño 100%, no así en sus aleaciones con el plomo.

- Viscosidad del estaño

El tercer fenómeno en el estañado por inmersión en caliente se efectúa en el momento de salir el alambre del interior del baño, ya que en ese momento empieza a escurrir el metal fundido antes de que éste llegue al sistema de enfriamiento y solidifique.

Si el estaño se encuentra a altas temperaturas, su viscosidad será muy baja, originando con esto que escurra un gran porcentaje del metal fundido que había arrastrado consigo el alambre de cobre al salir del baño, pero, si por el contrario, la temperatura del estaño es baja, aumentará considerablemente esta viscosidad hasta el punto de formar una capa de estaño de tal espesor que llenará completamente el agujero del dado que se ha colocado al paso del alambre para quitar los excesos de estaño que traiga consigo éste.

CONCLUSIONES

Del párrafo anterior podemos concluir lo siguiente: El aumento de temperatura disminuye la adición de la capa de estaño y viceversa.

- Número de posiciones

Por número de posiciones se entiende el número de alambres de cobre que pueden ser estañados simultáneamente en una misma tina y a través de un mismo equipo. Por lógica elemental, mientras mayor sea el número de posiciones, mayor será la productividad de la estañadora, sin embargo, esta situación tiene varias limitantes en la realidad, como son: a) Espacio entre alambres; b) Cantidad de calor requerida; y c) La relación existente entre la masa de cobre a ser estañada y la masa de estaño en la tina.

a) Espacio entre alambres

El espacio entre los alambres dentro de la tina de estañado para velocidades de entre 300 y 400 m/min., debe ser de mínimo - 2 cm., ya que si éste es menor, el estañado será defectuoso debido a la turbulencia generada por el paso de los alambres a gran velocidad dentro de la tina.

b) Cantidad de calor

La cantidad de calor suministrada por los quemadores o resistencias es un factor muy importante para determinar el número de posiciones que pueden ser estañadas simultáneamente, pues, debido a la gran velocidad de paso de los alambres dentro de la tina se producen grandes pérdidas de calor, que de no ser compensadas por los quemadores o resistencias según el caso, el estañado sería defectuoso. De igual manera como es de esperarse, si los ca

libres manejados son muy gruesos absorben mayor cantidad de calor, ocasionando con ésto que sea menor el número de posiciones, o bien la velocidad con que se hagan pasar los alambres a través de la tina sea menor.

c) Relación Cobre-Estaño

Debido a que el estañado por inmersión es un proceso continuo en el cual el estaño existente en la tina de estañado va disminuyendo en cantidad, conforme el alambre de cobre pasa a través de ella. Se ha llegado a estimar una relación mínima de estaño en la tina con respecto a la masa de cobre que se introduce a la tina por minuto y que es la siguiente:

"Al iniciarse el proceso de estañado, por cada 50 gr/min que se vayan a introducir de alambre de cobre debe existir por lo menos 1 kg. de estaño dentro de la tina".

Esta relación debe cumplirse, ya que de lo contrario, el proceso tendría que interrumpirse constantemente para adicionar el estaño (en forma sólida) y esperar a que éste se fundiera para poder continuar con el proceso, haciendo ésto que el proceso se volviera poco productivo.

Como contraparte, se ha observado que el tener una tina estañadora con capacidad para más de 1000 kg. de estaño, no resulta conveniente, ya que el control de temperatura dentro de ella resulta deficiente, debido a que por la gran cantidad de masa la temperatura no se uniformiza rápidamente, provocando ésto que -- existan varias zonas con diferentes temperaturas y por lo mismo el estañado no será de buena calidad.

Para el aumento de productividad del área de estañado deben tomarse en cuenta las conclusiones halladas con anterioridad en relación al producto que deseamos obtener, para que las acciones

finalmente propuestas no afecten la calidad de éste. Las características propias del producto principal serán:

Apariencia: Buena

Espesor de capa de estaño o aleación:

Grande (siempre mayor de: 0.0002" ó 0.0050 mm)

Temple del alambre:

Especial (generalmente con un valor de elongación entre 15% y 20% y una carga de ruptura de 35,500 psi ó 2485 kg/cm² como mínimo y 40,000 psi ó 2,800 kg/cm² como máximo).

Adherencia: Magnífica

Continuidad de capa de estaño o aleación: Total

Propiedades eléctricas: Dentro de normas

Diámetros:

Con un margen de tolerancia de $\pm 0.5\%$ del diámetro nominal.

Calidad: Buena y Homogénea

2.2 Partes de una estañadora por inmersión en caliente, importancia y uso de cada parte

Conocidos los fundamentos básicos, y el tipo de producto a obtener, podemos decir que para tener una buena base metálica es necesario introducir a la tina de estaño un alambre libre de grasas de estirado u óxidos, para eliminar éstos, es necesario eliminar las impurezas, haciéndolo pasar por una tina con un desengrasante, posteriormente habrá necesidad de eliminar éste con -- agua corriente. Para la eliminación de los óxidos es necesario efectuar un decapado con ácido y también un fundente que preparará la superficie de tal manera que la deja apta para el estañado. Actualmente por el avance tecnológico con una sustancia de venta comercial conocida como Electroflux, en un solo paso se realiza la labor de desengrasar, eliminar óxidos y hacer la función de -- fundente.

Para formar una buena base fijadora del estaño es menester aumentar la temperatura del baño, provocando con ésto una mayor adherencia y continuidad del estaño. Esta temperatura deberá -- ser superior a los 270°C.

Para poder recocer el alambre dentro del baño, con el fin -- de darle el temple, es también necesario recocerlo a temperaturas superiores a los 270°C, pero por ser tan estrecho el límite de temperaturas de recocido para lograr ese temple, es necesario controles de temperatura que trabajen en un rango de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Para lograr un diámetro constante y evitar el ovalamiento del alambre se han de usar dados en perfecto estado y correctamente cali-- brados.

Con el fin de obtener una capa de estaño bastante considera-- ble, y de acuerdo a la teoría, debemos sumergir el alambre en es-- taño con una temperatura cercana a su punto de fusión. Esta si--

tuación está en conflicto con lo mencionado anteriormente acerca de que se necesita una tina con alta temperatura, sin embargo, - esto se soluciona teniendo una tina con mayor longitud de inmersión que produce alta adición en el mínimo de tiempo, ya que es lógico que para que este proceso sea productivo, sea necesaria - la alta velocidad.

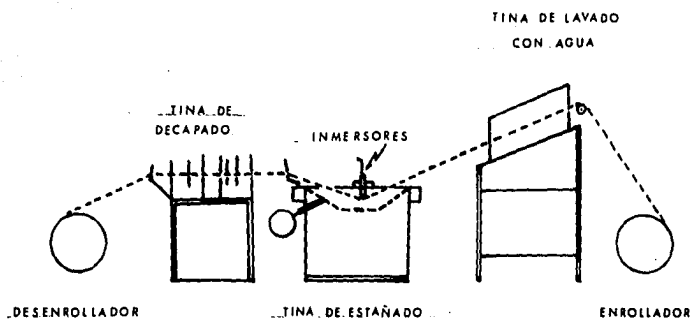
Al salir el alambre del dado que le quita el exceso de estaño dándole el diámetro final, es necesario enfriarlo hasta que - solidifique la cubierta antes de tocar cualquier polea a superficie sólida. Este enfriamiento se realiza haciendo pasar el alambre a través de agua fría en contracorriente y con cambios de dirección de ésta, logrando así mayor contacto con dicho alambre.

Finalmente, se enrollará el producto en carretes o bobinas cuya velocidad lineal debe ser constante, ya que siempre se deben mantener las mismas condiciones en el alambre con el fin de obtener un producto de calidad homogénea.

En resumen, las partes de una estañadora por inmersión en caliente son:

- a) Desenrolladores.
- b) 1 tina que contenga Electroflux (desengrasante, quita óxido y fundente a la vez).
- c) 1 tina con estaño para alta temperatura (de longitud considerable, según número de alambres y velocidad de los mismos).
- d) Limpiadores de exceso de estaño por medio de dados de diamante.
- e) Un sistema de enfriamiento del alambre por medio de agua.
- f) Enrolladores de tipo de velocidad lineal constante.
- g) Controles de temperatura con una banda no mayor de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ haciendo posible así una temperatura bastante uniforme.

PARTES DE UNA ESTANADORA
POR INMERSION EN CALIENTE



CAPITULO III

CONDICIONES ACTUALES DE OPERACION

La fabricación de diversos productos de cobre, tales como cables, cordones y cables flexibles con aislamiento elastomérico, entre otros de múltiples aplicaciones en minas, sistemas de transporte colectivo, etc., requiere además de la fabricación de alambre de cobre, de un proceso adicional integrado de 4 etapas básicas, a saber:

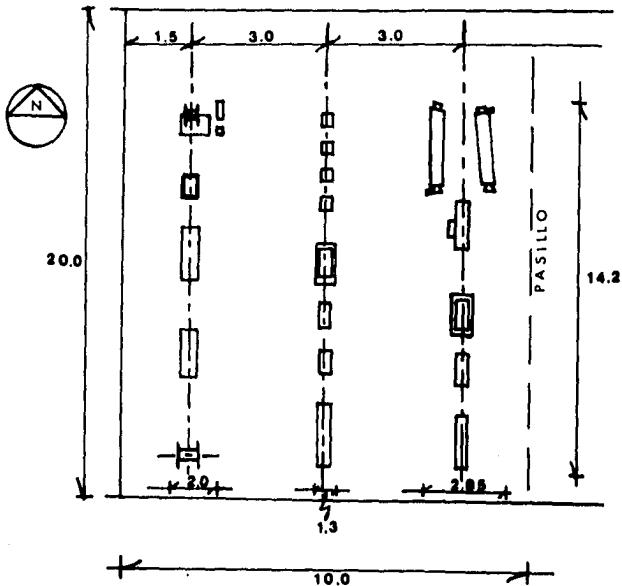
- 1) Estañado del conductor.
- 2) Aplicación de semiconductor y aislamiento.
- 3) Reunido y cubierta interna.
- 4) Cubierta de producto terminado.

En relación con estas etapas, el presente estudio pretende aumentar la productividad de la primera, ya que ésta representa actualmente un cuello de botella de graves consecuencias para la productividad de la empresa.

Para adentrarnos en el problema y conocer a grandes rasgos la situación existente primeramente se mostrará gráficamente la situación del área dentro de la planta y posteriormente hablaremos de las características técnicas de la maquinaria, así como de sus estándares de producción, para que con estas bases posteriormente se puedan plantear las diferentes alternativas que den solución al problema, para finalmente escoger la más adecuada.

3.1 Distribución del área

El área de estañado cuenta con tres estañadoras por inmersión que se pueden observar en la siguiente gráfica. En el área no se tiene problema de suministro de alambre desnudo para ser estañado, sino por el contrario, las máquinas estiradoras de alambre desnudo de cobre (con capacidad de sobra) se encuentra subutilizadas debido a la baja producción del área de estañado, para evitar así, grandes inventarios en proceso.



ACOTACIONES
EN METROS

3.2 Características técnicas de la maquinaria

Para poder plantear adecuadamente las posibles alternativas de aumento de productividad, es necesario conocer las limitantes del proceso, ya mencionadas con anterioridad y las de la maquinaria con que se cuenta. A continuación se mencionarán las principales características técnicas del equipo:

1) Estañadora 01 (1 Posición)

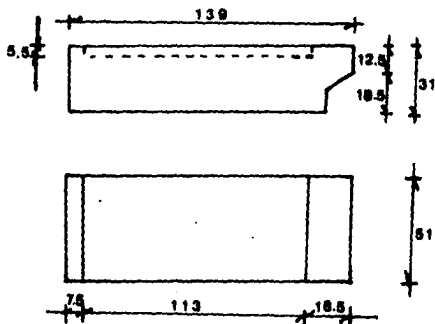
a) Descripción:

Marca	CONDUMEX
Proceso	Estañado por inmersión
No. de identificación	EN 01
Antigüedad	1972
No. de posiciones	1
Calentamiento	Eléctrico

b) Tinas:

b.1) Tina de decapado

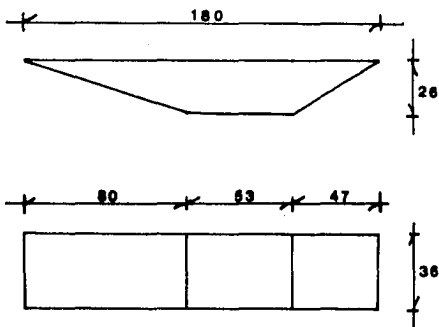
La tina de decapado consiste de una charola, donde se coloca el ácido limpiador (Electroflux) al cual se sumerge el alambre mediante un rodillo inmersor, y una tina, donde se recupera el Electroflux que arrastra el alambre. Ambas están hechas de fibra de vidrio y poliéster y soportadas por la misma estructura. Las dimensiones de esta sección se muestran en el siguiente dibujo:



COTAS EN CM.

b.2) Tina de estañado

Está hecha de fierro soportada por ladrillo refractario. El calentamiento se hace mediante tres resistencias eléctricas de nichromel de 6 KW cada una conectadas en delta, que le proporciona al estaño una cantidad de calor efectiva de 15 KW, descontando las pérdidas de transmisión en la tina y por radiación al ambiente.



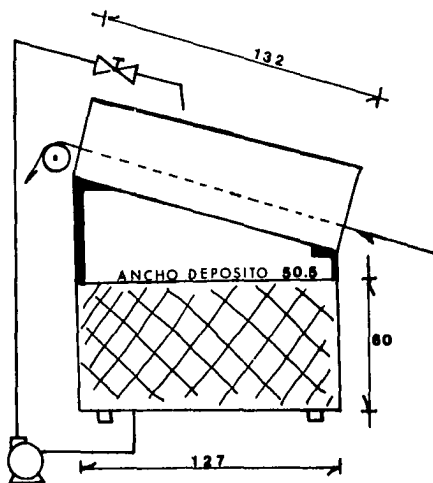
COIAS EN CM

Las dimensiones nos indican que el volumen de la tina es de $109,044 \text{ cm}^3$ y la capacidad será de 795 kg. de estaño.

b.3) Tina de enfriamiento

La tina de enfriamiento está formada por un plano inclinado (cascada), por donde se hacen pasar el alambre y el agua en sentidos opuestos, y un tanque de recirculación de agua, que cuenta con una bomba.

En el dibujo siguiente se muestran dimensiones y formas:



c) Alimentación y salida

c.1) Alimentación = alambre de cobre desnudo (1 Posición)

Diámetro máximo - 0.1285" (8 AWG)

Diámetro mínimo - 0.0201" (24 AWG)

El material deberá estar contenido en bobinas de 300 y/6 600 lbs.

c.2) Salida:

Alambre de cobre estañado contenido en bobinas de 300 lbs.

Análisis cinemático

Velocidad mínima

$$v = 150 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{8 \text{ cm}}{51 \text{ cm}} \right) \left(\frac{15 \text{ Pulg}}{2} \right) \left(\frac{1 \text{ Pie}}{12 \text{ Pulg}} \right) \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ Pie}} \right) \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right)$$

$$v = 28.16 \text{ m/min (a bobina vacía)}$$

Velocidad promedio máxima

$$v = 1500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{8 \text{ cm}}{51 \text{ cm}} \right) \left(\frac{20 \text{ Pulg}}{2} \right) \left(\frac{1 \text{ Pie}}{12 \text{ Pulg}} \right) \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ Pie}} \right) \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right)$$

$$v = 375.5 \text{ m/min}$$

Total de KW instalados (motores y resistencias)

68.2 KW con un F.U. de 0.9

F.U. = Factor de utilización

2) Estañadora 02 (4 Posiciones)

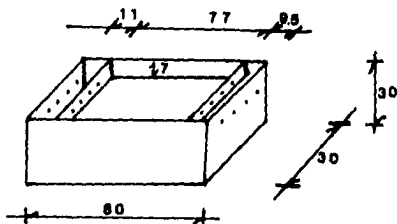
a) Descripción

Marca	CONDUMEX
Proceso	Estañado por inmersión
No. de identificación	EN 02
Antigüedad	1970
No. de posiciones	4
Calentamiento	Quemadores de gas

b) Tinas:

b.1) Tina de decapado

La tina de decapado consiste de una charola donde se coloca el agente limpiador (Electroflux) y de una tina que recupera el exceso del mismo. Ambas están hechas de fibra de vidrio.



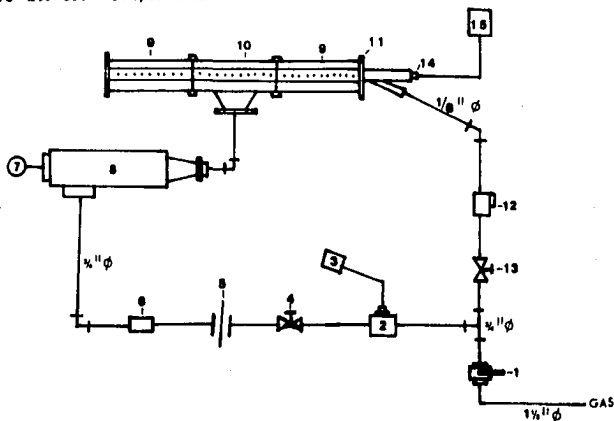
COTAS EN CM

b.2) Tina de estañado

Tiene una "cama" de ladrillo refractario que sostiene a una tina de acero, la cual contiene el estaño y es calentada por medio de quemadores del tipo lineal alimentados por gas natural.

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

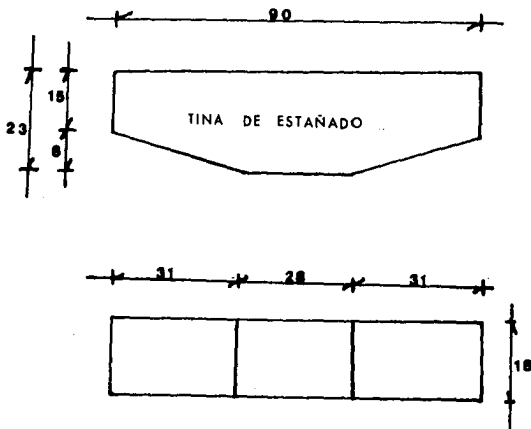
- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 - Válvula Macho para gas | 11 - Tapas planas |
| 2 - Válvula Modulante "Portlow" | 12 - Válvula de Control Eléctrica |
| 3 - Elemento Termal | 13 - Válvula Manual |
| 4 - Válvula Manual | 14 - Piloto Eclipse |
| 5 - Tuerca Unión | 15 - Transformador de Ignición |
| 6 - Válvula de Control Eléctrica | |
| 7 - Manómetro | |
| 8 - Inyector de Alta Presión | |
| 9 - Quemador Eclipse 4LS | |
| 10 - Quemador Eclipse 4LSS | |



La tina cuenta con tres quemadores del tipo lineal (marca - Eclipse) y un inyector de mezcla aire-gas, (misma marca) que le da un poder calorífico teórico de 30,000 BTU/Hr., y descontando pérdidas durante la transmisión de calor a la tina y por radiación, estimadas experimentalmente en 20%, suministra realmente - al año 24,000 BTU/Hr.

El consumo de gas por los quemadores es de $102 \text{ m}^3/\text{turno}$.

La forma y dimensiones internas de la tina se muestran ense guida:



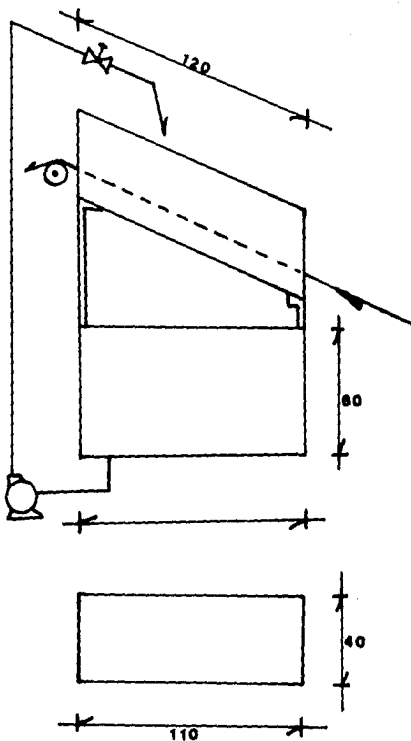
COTAS EN.Cm.

Volumen total: $32,796 \text{ cm}^3$
Capacidad de la tina: 239 kg. de estaño puro

b.3) Tina de enfriamiento

La tina de enfriamiento está formada por una "cascada", por donde pasa el alambre a contra-corriente, y un tanque de recirculación en donde existe una bomba para alimentar la "cascada" con suficiente cantidad de agua.

La forma y dimensiones se dan en el siguiente dibujo:



COTAS EN Cm

Volumen total del tanque = 264 l.

c) Alimentación y salida.

c.1) Alimentación = Alambre de cobre desnudo (4 Posiciones)

Diámetro máximo - (trabajando las 4 Pos.)

20 AWG. (0.0320")

Diámetro mínimo - (trabajando las 4 Pos.)

25 AWG. (0.0179")

El material podrá estar contenido en bobinas hasta de 300 libras en todos los diámetros que abarca su rango de trabajo.

c.2) Salida:

Alambre de cobre suave estañado contenido en bobinas de 150 libras.

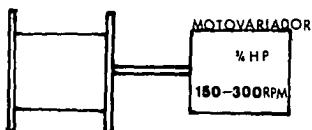
A la salida se cuenta con 4 enrolladores (en muy mal estado) de velocidad lineal máxima promedio de 335 m/min.

El diámetro máximo de alimentación se encuentra limitado -- por la capacidad calorífica de los quemadores de gas instalados y la relación de velocidad mínima costeable con que trabaja el -- enrollador de cuya velocidad depende la velocidad de estañado -- del alambre pues es el que realiza la función de tracción a través del proceso.

Total de KW instalados: (motores y resistencias)

6.714 KW con un factor de utilización de 0.6

Análisis cinemático



\varnothing bobina vacía = 10 pulgadas

\varnothing medio = 14 pulgadas

Velocidad mínima

$$v = 150 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{10 \text{ Pulg}}{2} \right) \left(\frac{1 \text{ Pie}}{12 \text{ Pulg}} \right) \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ Pie}} \right) \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right)$$

$$v = 119.7 \text{ m/min (a bobina vacía)}$$

Velocidad promedio máxima

$$v = 300 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{14 \text{ Pulg}}{2} \right) \left(\frac{1 \text{ Pie}}{12 \text{ Pulg}} \right) \left(\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ Pie}} \right) \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right)$$

$$v = 335 \text{ m/min}$$

3) Estañadora 03 (12 Posiciones)

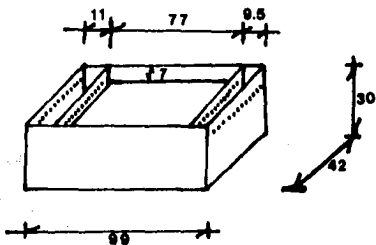
a) Descripción

Marca	COOK
Modelo	TH - 6F
Proceso	Estañado por inmersión
No. de identificación	EN 03
Antigüedad	1962
No. de posiciones	12
Calentamiento	Quemadores de gas

b) Tinas:

b.1) Tina de decapado

La tina de decapado consiste de una charola donde se coloca el agente limpiador y de una tina que recupera el exceso. Ambas están hechas de fibra de vidrio.

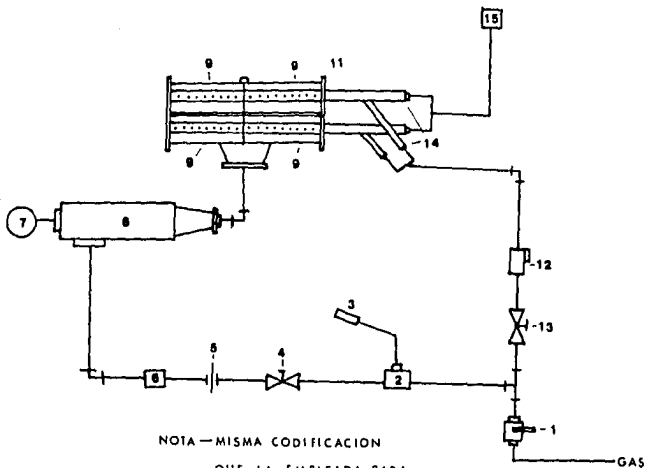


COTAS EN Cm

b.2) Tina de estañado

Tiene una "cama" de ladrillo refractario que sostiene a una tina de acero, la cual contiene el estaño y es calentada por medio de quemadores del tipo lineal alimentados por gas natural.

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

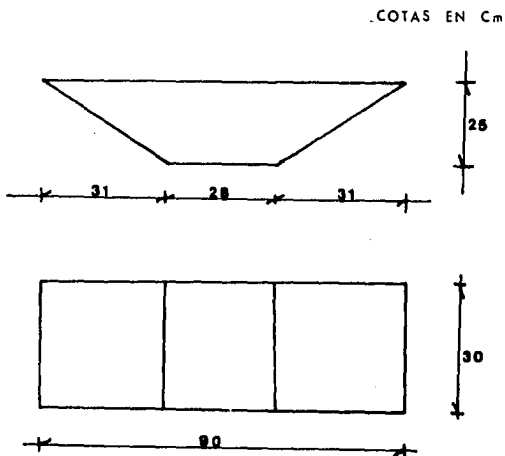


NOTA—MISMA CODIFICACION
QUE LA EMPLEADA PARA
LA ESTANADORA O2

La tina cuenta con 4 quemadores de gas de tipo lineal (marca Eclipse) que le dan un poder calorífico teórico de 60,000 - - BTU/Hr. y descontando pérdidas durante la transmisión de calor, y por radiación, estimadas experimentalmente en 25% del poder calorífico teórico, proporcionan una cantidad de calor efectiva al estaño de 45,000 BTU/Hr.

El consumo de gas por los quemadores es de 136 m³/turno.

La forma y dimensiones internas de la tina se muestran en el siguiente esquema:



Las capacidades de la tina son:

Volumen total = 49,350 cm³

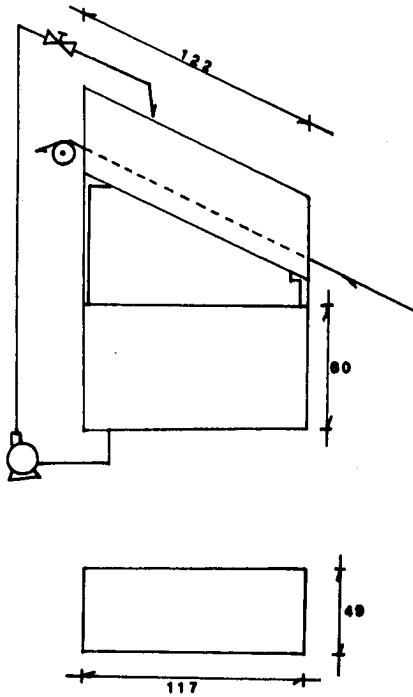
Capacidad de la tina = 359 kg. de estaño puro

b.3) Tina de enfriamiento

La tina de enfriamiento está formada por una "cascada", por donde pasa el alambre a contra-corriente, y un tanque de recirculación en donde existe una bomba para alimentar la "cascada" con suficiente cantidad de agua.

La forma y dimensiones se dan en el siguiente dibujo:

COTAS EN Cm



Volumen total del tanque: 344 litros.

c) Alimentación y salida.

c.1) Alimentación: alambre de cobre desnudo
(12 Posiciones)

Diámetro máximo = 0.0159" (26 AWG)

Diámetro mínimo = 0.0050" (36 AWG)

El material podrá estar contenido en bobinas hasta de 300 -
Lbs. para el calibre 26 AWG y de 100 Lbs. los otros diámetros.

c.2) Salida: Alambre de cobre suave estañado conteni-
do en bobinas de 100 Lbs.

A la salida se cuenta con 12 enrolladores cuya velocidad li-
neal promedio máxima es de 393 m/min.

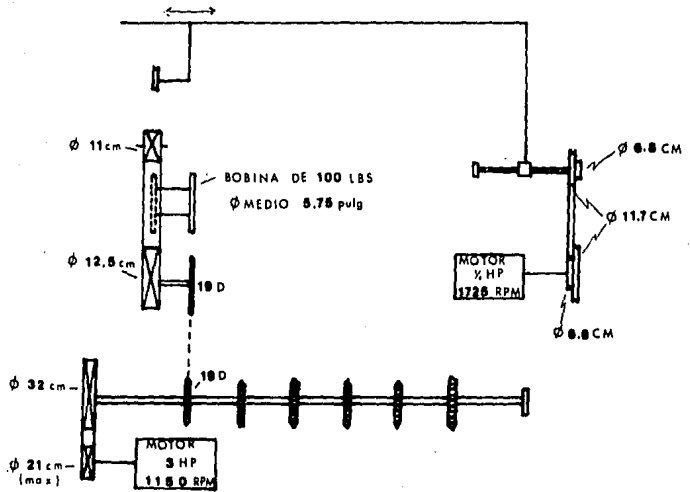
El diámetro máximo de alimentación se encuentra limitado --
por la capacidad calorífica de los quemadores de gas instalados,
la relación de velocidad mínima costeable y por la capacidad de
las bobinas de recibo.

Nota: Los enrolladores se encuentran agrupados en 2 grupos de 6,
y cada grupo es movido por un motor de 3 HP con polea va-
riable a la salida de la flecha.

Total de KW instalados: (Motores y resistencias)

12.75 Kw con un factor de utilización de 0.6.

ANALISIS CINEMATICO



\emptyset medio = 5.75 Pulg

Velocidad promedio máxima

$$v = (1150 \frac{\text{rev}}{\text{min}}) (\frac{21 \text{ Pulg}}{32 \text{ Pulg}}) (\frac{12.5 \text{ Pulg}}{11 \text{ Pulg}}) (\frac{5.75 \text{ Pulg}}{2}) (\frac{1 \text{ Pie}}{12 \text{ Pulg}}) (\frac{0.3048 \text{ m}}{1 \text{ Ft}}) (\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}})$$

$$v = 393 \text{ m/min}$$

El análisis de la velocidad mínima no se incluye, por ser -
no relevante para los fines del presente estudio.

3.3 Estándares de producción por máquina

A continuación se presentan los estándares de producción -- por máquina, con que actualmente se hace la programación de la - producción para esta área (estañado), en ellos ya están considerados los tiempos de arranque y paros.

Nota: Para todas las máquinas se considera un tiempo de arranque únicamente para el primer turno del lunes, ya que se trabaja de lunes a sábado los 3 turnos. Este tiempo de arranque considera el tiempo en que el estaño se funde y llega a 280°C.

ESTANDAR ESTAÑADORA 01 (1 POSICION)

CALIBRE (AWG)	VELOCIDAD M/MIN.	KG/POSICION/MINUTO	KG/POSICION/TURNO
8	75	5.0	2400
9	95	5.0	2400
10	122	5.0	2400
11	150	5.0	2400
12	190	4.5	2160
13	239	4.5	2160
14	300	4.5	2160
15	375.5	4.5	2160
16	375.5	4.0	1920
17	375.5	3.5	1680
18	375.5	2.7	1296
19	375.5	2.2	1056
20	375.5	1.7	816
21	375.5	1.3	624
22	375.5	1.1	528
23	375.5	0.85	408
24	375.5	0.70	336

ESTANDAR ESTANADORA 02 (4 POSICIONES)

CALIBRE (AWG)	VELOCIDAD M/MIN.	KG/POSICION/ MIN.	KG/POSICION/ TURNO	KG TOTALES/ TURNO
20	212	0.97	465	1862
21	268	0.97	465	1862
22	335	0.96	461	1843
23	335	0.77	370	1480
24	335	0.61	293	1172
25	335	0.48	230	920

ESTANDAR ESTANADORA 03 (12 POSICIONES)

CALIBRE (AWG)	VELOCIDAD M/MIN	KG/POSICION/ MIN.	KG/POSICION/ TURNO	KG TOTALES/ TURNO
26	393	0.44	211	2532
27	393	0.36	172	2064
28	393	0.28	134	1608
29	393	0.22	106	1272
30	393	0.17	82	984
31	393	0.14	67	804
32	393	0.11	53	636
33	393	0.09	43	516
34	393	0.07	34	408
35	393	0.05	24	288
36	393	0.04	19	228

Nota: Aunque es factible estañar un mismo calibre en las diferentes máquinas, esto no se lleva a cabo, ya que debido a la calidad requerida y al menor costo de estañado, considerando las características técnicas de la maquinaria, la asignación de calibres más conveniente es la que se muestra en los estándares anteriores.

3.4 Método de trabajo

El sistema de trabajo para las tres máquinas es el mismo, - ya que se trata del mismo proceso (lo único que varía por máquina es el número de posiciones que trabajan simultáneamente), y - consiste de los siguientes pasos:

- 1) Encender el sistema de calentamiento de la tina de estañado.
- 2) Tomar las bobinas de cobre desnudo de la zona de recibo de - las mismas procedentes del primer proceso (ESTIRADO), y colo^o carlas en los desenrolladores de la máquina.
- 3) Se procede a alambrar la máquina completa como se muestra en la Fig. A, dejando el alambre sostenido fuera de la tina de estañado.
- 4) Se coloca la cantidad necesaria de Electroflux en la tina -- limpiadora.
- 5) Una vez que la tina que contiene estaño alcanza la temperatu ra de trabajo (280°C), se procede a encender la bomba de - - agua de la tina de enfriamiento y a sumergir el alambre de - cobre en la tina de estañado, para finalmente encender el o los enrolladores, iniciándose así el proceso continuo de es tañado (Fig. B)
- 6) El operador de la máquina se encarga de verificar que el pro ceso se realice normalmente y de hacer las correcciones nece sarias en caso contrario. Si hubiera reventones se encarga^ría de unir de nuevo el alambre por medio de una soldadora - (punteadora) eléctrica utilizada para este fin.
- 7) El operador también se encarga de hacer los cambios de bobi-

nas de los desenrolladores y de los enrolladores, cuando los primeros se vacían y los últimos se llenan.

Nota: El primer paso sólo se realiza el primer turno del lunes, ya que se trabaja continuamente los tres turnos de lunes a sábado.

En el área se cuenta con dos obreros para trabajar las tres máquinas, encargándose uno de las estañadoras de 1 y 4 Posiciones y el otro de la de 12 Posiciones.

Para que el operador pueda realizar convenientemente su trabajo, se requiere de una distancia mínima entre estañadora y estañadora de 1.5 m, pues de ser menor dificultaría sus movimientos y los de las bobinas.

Como ya se mencionó con anterioridad, no se tienen problemas de alimentación de bobinas de cobre desnudo a las estañadoras, como tampoco problemas con el método de trabajo, ya que se cuenta con operarios muy capaces, que minimizan el poco tiempo de paro que se tiene en los cambios de bobinas y en los reventones (que son muy poco frecuentes, y si llegan a darse, es por material defectuoso proveniente del proceso anterior, en cuyo caso se sustituirá este material por otro en buen estado).

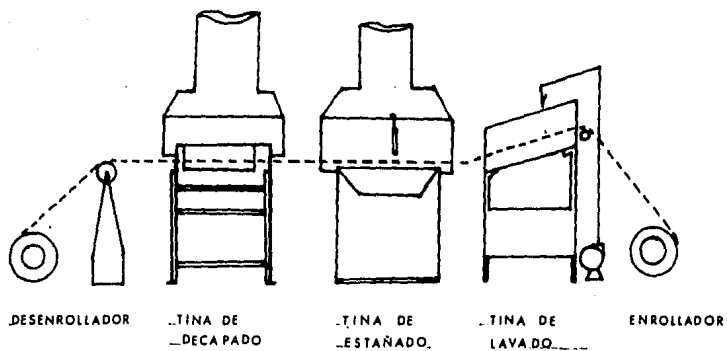


Fig. A

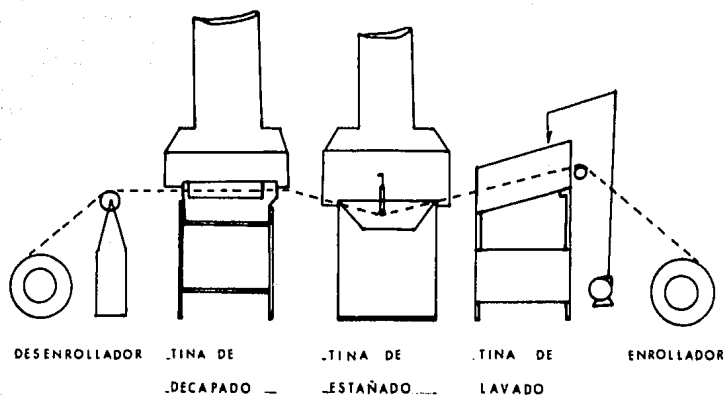


Fig. B

CAPITULO IV

REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION

4.1 Demanda actual Vs. capacidad de producción

Con base en los pedidos en firme que para el presente año - (1986) se tienen de productos que requieren de alambre de cobre estañado, a continuación se presenta una tabla que muestra el -- promedio de kilogramos requeridos mensualmente de alambre de cobre estañado para la fabricación de diversos productos y las máquinas asignadas por control de producción para cumplir con estos requerimientos:

PRODUCTO	CALIBRE (AWG)	KGS. REQUERIDOS (MENSUALMENTE)	MAQ. ASIGNADA
Cordones y cables flexibles con aislamiento elastomérico - termaflex 200 - (600 V)	28	2368	EN 03
	29	4513	EN 03
	30	2975	EN 03
	31	2586	EN 03
	32	1674	EN 03
	33	2522	EN 03
	34	2874	EN 03
Cables para minas	12	16840	EN 01
	16	9720	EN 01
	20	8764	EN 02
	22	10526	EN 02
Cables seguriflex (600, 2000, 5000 y 8000 V)	8	7520	EN 01
	9	3426	EN 01
	10	5815	EN 01
	16	1150	EN 01
	22	6430	EN 02
	24	1924	EN 02
	25	3500	EN 02
	26	2460	EN 03
	27	7526	EN 03
	28	6750	EN 03
	29	3520	EN 03
	30	1430	EN 03

PRODUCTO	CALIBRE (AWG)	KGS. REQUERIDOS (MENSUALMENTE)	MAQ. ASIGNADA
Cable vulcaflex (5000 y 8000 V)	8	18564	EN 01
	9	3720	EN 01
	10	24815	EN 01
	11	3726	EN 01
	12	47324	EN 01
	13	8624	EN 01
	14	56845	EN 01
Cables para sistema de transporte colectivo (250, 750, 800, 1000, 1500 y 2000 v)	20	5720	EN 02
	21	11760	EN 02
	22	3540	EN 02
	23	12890	EN 02
	24	59673	EN 02
	25	7320	EN 02
	26	6724	EN 02
Cables para alambrado de tablero	30	894	EN 03
	31	1549	EN 03
	32	632	EN 03
	33	2192	EN 03
	34	7564	EN 03
	35	1354	EN 03
	36	320	EN 03

Los datos anteriores nos sirven de base, para que a continuación, considerando los estándares de producción por máquina, se determine el número de turnos requeridos para satisfacer la demanda de alambre de cobre estañado.

Se consideran 78 turnos mensuales disponibles por máquina, ya que se trabaja de lunes a sábado tres turnos y se consideran meses de 30 días (26 días hábiles).

Los turnos necesarios para satisfacer determinada demanda, se obtienen de dividir la demanda entre el estándar de producción (kgs. totales/turno) de la máquina de que se trate.

ESTANADORA 01 (1 POSICION)

CALIBRE	DEMANDA MENSUAL KGS.	TURNOS NECESARIOS	TURNOS DISPONIBLES
8	26,084	10.87	
9	7,146	2.98	
10	30,630	12.76	
11	3,726	1.55	
12	64,164	29.71	
13	8,624	3.99	
14	56,845	26.32	
16	10,870	5.66	
T O T A L	208,089	93.84	78

ESTANADORA 02 (4 POSICIONES)

CALIBRE	DEMANDA MENSUAL KGS.	TURNOS NECESARIOS	TURNOS DISPONIBLES
20	14,484	7.78	
21	11,760	6.32	
22	20,496	11.12	
23	12,890	8.71	
24	61,593	52.55	
25	10,820	11.24	
T O T A L	132,043	98.24	78

ESTANADORA 03 (12 POSICIONES)

CALIBRE	DEMANDA MENSUAL KGS.	TURNOS NECESARIOS	TURNOS DISPONIBLES
26	9,184	3.63	
27	7,526	3.65	
28	9,118	5.67	
29	8,033	6.32	
30	5,299	5.39	
31	4,135	5.14	
32	2,306	3.63	
33	4,714	9.14	
34	10,438	25.58	
35	1,354	4.70	
36	1,050	4.61	
T O T A L	61,427	77.46	78

Como se puede apreciar claramente en las tablas anteriores, las estañadoras 01 y 02 tienen una capacidad de producción inferior a la demanda que de alambre de cobre estañado para estas máquinas se tiene. Es evidente que esto representa pérdidas a la empresa, tanto económicas, como de imagen (muy importante en la actualidad) y que por consiguiente sea necesario aumentar la productividad del área, finalidad del presente estudio.

Para poder evaluar la capacidad adicional requerida será necesario considerar no sólo la demanda actual, sino también el -- pronóstico de demanda para los próximos años, ya que de no hacer lo así, seguramente las acciones que se lleven a cabo serán poco eficientes, ya que sólo se enfocarían a las necesidades actuales.

4.2 Pronóstico de demanda para los próximos 5 años

El Departamento de Mercadotecnia de la Empresa, con el fin de preveer los futuros requerimientos (próximos 5 años), elaboró la siguiente tabla que nos muestra las necesidades de producción por máquina. Esta tabla considera para fines prácticos un calibre representativo por máquina (suponiendo que el total de demanda de alambre de cobre estañado fuera en ese calibre):

MAQ.	CALIBRE REPRESENTATIVO (AWG)	KGS. REQUERIDOS MENSUALMENTE						
		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
EN 01	12	202694	184600	164900	189500	205400	210000	210000
EN 02	24	115137	115000	95000	122000	127000	130000	136000
EN 03	34	31604	27000	25000	28000	30000	30000	30000

Los datos anteriores nos muestran una situación de baja en la demanda para los próximos 3 años, ésto debido principalmente a la situación económica tan difícil que se vive en México, considerando además que la mayoría de los productos que requieren de alambre de cobre estañado se venden al sector paraestatal como son PEMEX, Comisión Federal de Electricidad, etc., y que por la reducción en el presupuesto de los mismos, la demanda tenderá a disminuir, aunque posteriormente (1990-) se espera que la demanda aumente.

Con el fin de simplificar los cálculos, de aquí en adelante consideraremos un calibre representativo por máquina: 12 AWG para la estañadora 01, 24 AWG para la estañadora 02 y 34 AWG para la estañadora 03.

4.3 Capacidad adicional requerida

Con base en los datos proporcionados por el Departamento de Mercadotecnia de la empresa, procederemos a calcular la capacidad adicional requerida. Como punto de partida, calcularemos -- las capacidades de producción por máquina, multiplicando los tur nos disponibles (78) por el estándar de producción de cada uno:

MAQ.	CALIBRE REPRESENTATIVO (AWG)	CAPACIDAD DE PRODUCCION MENSUAL (KGS.)
EÑ 01	12.	(78T) (2160 KG/T) = 168,480 Kgs.
EÑ 02	24	(78T) (1172 KG/T) = 91,416 Kgs.
EÑ 03	34	(78T) (408 KG/T) = 31,824 Kgs.

Comparando los datos anteriores con la demanda máxima esperada por máquina para los próximos 5 años, obtendremos la capaci dad adicional requerida por máquina:

MAQ.	CALIBRE REPRESENTATIVO (AWG)	(KGS.) CAPACIDAD ACTUAL POR MES	(KGS.) DEMANDA MAXIMA POR MES	% CAPACIDAD PARA SATISFACER LA DEMANDA
EÑ 01	12	168480	210000	24.6 %
EÑ 02	24	91416	136000	48.7 %
EÑ 03	34	31824	31604	- 0.69 %

Los incrementos porcentuales calculados nos servirán de base para posteriormente considerar las diferentes alternativas -- que nos conduzcan no sólo al aumento en la capacidad de producción para satisfacer la demanda, sino al aumento de la productividad que traerá consigo beneficios adicionales como la reducción de costos de producción.

CAPITULO V

MODIFICACIONES PROPUESTAS

5.1 Alternativas factibles

Una vez conocidos los datos técnicos de la maquinaria con - que se cuenta, sus estándares de producción y los requerimientos que de alambre de cobre estañado se esperan para los próximos 5 años, procederemos a plantear claramente el objetivo del presente estudio, para así escoger y evaluar las posibles alternativas que dan solución al problema planteado.

Primeramente, se debe tener muy claro el concepto de productividad, palabra mal empleada en muchas ocasiones. Pues bien, - productividad es "el cociente entre la cantidad producida y la - cuantía de los recursos que se hayan empleado en su producción".* Estos recursos pueden ser:

- Tierra
- Materiales
- Instalaciones, máquinas y herramientas
- Servicios del hombre

O, como ocurre en general, cualquier combinación de los - - mismos.

Son muchos los factores que influyen en la productividad de cada industria, y no hay ningún factor que sea independiente de los demás. La importancia que deberá atribuirse a cada uno de - los recursos - tierra, materiales, máquinas, o mano de obra - de pende generalmente del tipo de industria de que se trate. En --

* Definición de la Organización Internacional del Trabajo.

las industrias en que el costo de la mano de obra es reducido, - en comparación con el de la materia prima o con el capital invertido en instalaciones y equipo (como es el caso de la industria manufacturera de cables y conductores eléctricos considerada en este estudio), las mayores oportunidades de reducir los costos - están en el mejor aprovechamiento de las materias primas y de -- las instalaciones. En los países como México, en que escasean - el capital y la mano de obra especializada, pero abunda la mano de obra no calificada y mal pagada, es de especial importancia - que se trate de aumentar la productividad aumentando la producción por máquina, por instalación o por trabajador especializado.

Para fines prácticos consideraremos el aumento de productividad como un problema consistente en sacar el máximo partido de todos los recursos disponibles.

A partir de la definición anterior, se intuye, que si se -- cuenta con los recursos económicos suficientes, una de las mayores dificultades con que nos podríamos tropezar para obtener la cooperación activa de los trabajadores, será el temor de que el aumento de la productividad conduzca al desempleo, es decir, que sus propios esfuerzos los lleven a quedar sin empleo. Este temor se acentúa donde ya existe desempleo y donde es difícil que el trabajador que pierda su empleo encuentre otro (situación del México actual).

Por consiguiente, para plantear las posibles alternativas, se tendrá que considerar que si no se dan al trabajador garantías de que se le ayudará a resolver sus dificultades, se opondrá a - cualquier medida que, con razón o sin ella, le parezca que lo -- llevará al desempleo.

Las posibles alternativas a seguir para resolver el problema que nos hemos planteado, se pueden resumir en la siguiente tabla:

MEDIOS DIRECTOS DE AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD

<u>METODO</u>	<u>FINALIDAD</u>	<u>MEDIOS</u>	<u>COSTO</u>	<u>RAPIDEZ DE LOS RESULTADOS</u>	<u>MEJORAMIENTO POSIBLE DE LA PRODUCTIVIDAD</u>	<u>PAPEL DEL ESTUDIO DEL TRABAJO</u>
Inversión de capital.	1. Idear nuevos procedimientos básicos o mejorar fundamentalmente los existentes.	Investigación - básica. Investigación - aplicada. Instalación experimental	Elevado	Generalmente varios años.	Sin limitación evidente.	Estudio de métodos para facilitar el trabajo en sí y la conservación en la fase de creación.
	2. Instalar maquinaria o equipo más modernos o de mayor capacidad o modernizar los existentes.	Adquisiciones. Investigación - del proceso.	Elevado	Inmediatamente después de la instalación.	Sin limitación evidente.	Estudio de métodos aplicado a la disposición de los locales para facilitar el trabajo durante la modernización.
	3. Reducir el contenido del trabajo del producto.	Investigación - del producto. Estudio aplicado del producto. Mejoramiento de los métodos de dirección. Estudio de métodos. Análisis del valor.	Médico, en comparación con 1 y 2.	Generalmente varios meses.	Limitado, como el que cabe esperar de 4 y 5. Debe siempre preceder la acción prevista en dichos epígrafes.	Estudio de métodos (y su extensión: análisis del valor) para mejorar los métodos y facilitar así la producción.
	4. Reducir el contenido del trabajo del proceso.	Investigación - del proceso. Instalación experimental, planificación del proceso. Estudio de métodos. Análisis del valor.	Bajo	Inmediatamente	Limitado, pero frecuentemente de gran trascendencia.	Estudio de métodos para reducir el desperdicio de tiempo y esfuerzo suprimiendo del proceso los movimientos innecesarios.
Mejor dirección	5. Reducir el tiempo improductivo (ya sea imputable a la dirección o a los trabajadores).	Medición del trabajo. Política de ventas. Normalización. Estudio aplicado del producto. Planificación y control de la producción. Control de materiales. Conservación -- planificada. Política de personal. Mejores condiciones de trabajo. Formación de los operarios. Remuneración -- por rendimiento.	Bajo	Tal vez lentos al principio, pero acelerados después.	Limitado, pero frecuentemente de gran trascendencia.	Medición del trabajo para investigar las prácticas existentes, localizar el tiempo improductivo y fijar normas de rendimiento para: A. Planificar y controlar la producción. B. Utilizar las instalaciones C. Controlar los costos de mano de obra. D. Establecer sistemas de remuneración por rendimiento.

Como se puede apreciar en lo ya citado al hablar del método de trabajo, éste no representa un problema en la productividad del área, más bien, las condiciones técnicas de la maquinaria -- (estañadoras 01, 02 y 03), así como los requisitos del proceso -- para dar una determinada calidad son los factores que limitan el incremento de la misma. De ahí, que al considerar los diferentes medios para incrementarla (mostrados en la tabla anterior) nos enfocaremos a los métodos de inversión de capital, y en específico a las alternativas que posteriormente describiremos.

Las consideraciones básicas que tomaremos en cuenta para -- las diferentes alternativas son:

- 1) Como se puede apreciar en la distribución del área, no se -- cuenta con espacio disponible para incrementar el número de estañadoras. Por lo que la compra de una nueva estañadora -- implicaría el dar de baja a alguna de las que actualmente se encuentran en operación.
- 2) Se cuenta con suficiente capital y disposición por parte de la Dirección para comprar o modificar lo que se requiera den -- tro del área, siempre y cuando ésto represente un beneficio económico para la empresa.
- 3) Mientras menor sea el tiempo en que se logre el incremento -- de productividad del área, mayores serán los beneficios para la empresa, tanto de imagen (dinero potencial intangible) co -- mo económico, ya que el no cubrir con la demanda que se tie -- ne representa un costo de oportunidad para la empresa y pér -- dida parcial de la buena imagen con que actualmente se cuen -- ta (tanto nacional, como internacional).
- 4) Con la entrada de México al GATT, no es sólo suficiente el -- tener capacidad para producir más, sino producir más a menor costo (tener mayor productividad) para ser más competitivos,

por supuesto manteniendo la buena calidad en los productos. De ahí, que la mejor opción será la que nos dé calidad y menor costo.

ALTERNATIVA 1

"COMPRAR UNA NUEVA ESTAÑADORA"

Como ya se mencionó anteriormente, debido a la falta de espacio, en caso de optarse por la compra de una nueva máquina, ésta tendrá que ser capaz de estañar el número de kgs. que actualmente se estañan en la máquina que se seleccione reemplazar, más los necesarios para cubrir el excedente de demanda interna (estimada para los próximos 5 años).

Selección de la máquina a reemplazar

Analizando las condiciones de la demanda, nos damos cuenta que la falta de capacidad para estañar alambre de cobre se encuentra para los calibres del 8 AWG al 25 AWG, estañados actualmente en las estañadoras 01 y 02. De ahí que la decisión para escoger cuál de ellas reemplazar por una de mayor capacidad dependerá de las condiciones de operación de las mismas.

Tomando en cuenta que la capacidad de producción (en kgs.) de la estañadora 01 es mucho mayor que la de la 02, debido principalmente a la menor capacidad calorífica de la tina de estañado de la segunda y a la menor velocidad de los enrolladores instalados en la misma. Y considerando además que éstos últimos se encuentran en mal estado (todo esto mencionado en el Capítulo de las características técnicas de la maquinaria), resulta evidente que la estañadora que resultaría más conveniente reemplazar sería la estañadora 02.

Ahora bien, para proceder a establecer las características que tendrá que cumplir la estañadora a comprarse consideraremos lo siguiente:

- Tendrá que ser capaz de estañar alambre de cobre para un rango mínimo del 8 al 25 AWG.
- La velocidad a la que deberá de trabajar será de 393 m/min. -- (velocidad promedio máxima probada, a la que se pueda estañar alambre de cobre, con una longitud mínima de inmersión de 50 - cm).
- El número de posiciones de la misma dependerá directamente de la demanda a satisfacer, considerando una velocidad constante de 393 m/min., por posición que nos dará el máximo de productividad. Por consiguiente, el número de quemadores y la capacidad de los mismos también dependerá del calibre máximo a estañarse y del número de posiciones, para poder ser capaz de compensar las pérdidas de calor y mantener la temperatura necesaria para el proceso.
- Las dimensiones de la misma no deberán exceder del espacio disponible para ella, ya que el espacio mínimo entre estañadora y estañadora debe ser de 1.5 m (como se indica en el método de - trabajo, descrito en el Capítulo III).

El espacio disponible es de 14.2 x 1.3 m como se puede apreciar en el plano de distribución del área.

DETERMINACION DEL NUMERO DE POSICIONES

Como datos fundamentales tenemos:

Velocidad promedio por posición = 393 m/min.

Y haciendo la misma consideración, de que para fines prácticos consideraremos un calibre representativo por máquina, tenemos que la demanda que tendrá que cumplir corresponde a la que debería cumplir la estañadora 02, más la que no puede cumplir la estañadora 01 en las condiciones actuales, como se puede apreciar en la siguiente tabla:

CALIBRE (AWG)	PESO (KG/M)	DEMANDA (KG/MES)
12	0.02942	41,520
24	0.00182	136,000

Si consideramos la capacidad de producción por máquina (CP) como:

$$CP = (V) (P) (N) \text{ ---- } A$$

donde:

CP = Capacidad de producción en kg/min.

V = Velocidad del enrollado en m/min.

P = Peso en kg/m del calibre de alambre de que se trate.

N = Número de posiciones de la estañadora.

Nota: Consideraremos según datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería Industrial, 1 hora de paro por posición/turno (7 horas efectivas/turno).

Sustituyendo:

Calibre 12

$$CP = (393 \text{ m/min}) (0.02942 \text{ kg/m}) N$$

$$CP = (11.56 \text{ kg/min}) (N) = (4856 \text{ kg/t}) (N)$$

Calibre 24

$$CP = (393 \text{ m/min}) (0.00182 \text{ kg/m}) (N)$$

$$CP = (0.715 \text{ kg/min}) (N) = (300.41 \text{ kg/t}) (N)$$

Ahora bien, tenemos 78 turnos disponibles para producir el total de kgs. (hipotéticos) para cada calibre, por lo tanto, si dividimos la demanda mensual de cada uno de los calibres entre su capacidad de producción y sumamos ambos, igualando finalmente con el número de turnos disponibles (78) obtenemos la ecuación característica de esta máquina, con la cual posteriormente despejando obtendremos el número de posiciones requeridas:

$$\frac{78 \text{ T}}{\text{mes}} = \frac{\text{Demanda Cal. 12}}{\text{CP}} + \frac{\text{Demanda Cal. 24}}{\text{CP}}$$

$$\frac{78 \text{ T}}{\text{mes}} = \frac{41,520 \text{ kgs/mes}}{(4856 \text{ kg}) (\text{N})} + \frac{136,000 \text{ kgs/mes}}{(300.41 \text{ kg}) \text{N}}$$

$$\frac{78 \text{ T}}{\text{mes}} = \frac{8.55}{\text{N}} \frac{\text{T}}{\text{mes}} + \frac{452.71}{\text{N}} \frac{\text{T}}{\text{mes}}$$

$$78 = \frac{8.55 + 452.71}{\text{N}}$$

$$78 = \frac{461.26}{\text{N}}$$

$$\text{N} = \frac{461.26}{78}$$

N = 5.9 Por lo tanto, N = 6

Una vez conocidos el número de posiciones que requerimos -- (6) y la velocidad óptima de estañado, procederemos a seleccionar de las máquinas estañadoras existentes en el mercado, la más conveniente para nuestros requerimientos. Las 2 opciones que tenemos son:

- A) Comprar una estañadora por inmersión, o bien
- B) Comprar una estañadora electrolítica

De ambas opciones optaríamos por comprar una por inmersión, ya que las electrolíticas existentes en el mercado tienen una capacidad de estañado menor a nuestros requerimientos. La más rápida (marca Steuler), puede estañar a una velocidad de 5 m/seg., o sea, 300 m/min., velocidad inferior a la que se puede obtener en una por inmersión (393 m/min). Por otra parte, aunque el estañado electrolítico es de mayor calidad y costo equivalente al estañado por inmersión, nuestros requerimientos internos de calidad son sobradamente cumplidos con un estañado por inmersión, ya que el estaño se aplica al conductor de cobre para protegerlo de una posible oxidación por humedad, o generada cuando se vulcaniza sobre el conductor para aislarlo. De ahí que la calidad superficial (mejor en el estañado electrolítico) no sea de gran relevancia para nuestros fines. Finalmente, si consideramos que el costo aproximado de una estañadora electrolítica en comparación con una por inmersión de la misma capacidad es 5 veces más elevado, queda justificado de sobra el optar por una estañadora por inmersión, en caso de optarse por comprar una nueva estañadora.

Ahora bien, de las estañadoras por inmersión existentes en el mercado, la más conveniente tanto económica como funcionalmente para nuestros requerimientos, resulta ser la estañadora marca Cook, modelo 180, que presenta las siguientes características --relevantes:

a) Descripción

Marca	COOK
Proceso	Estañado por inmersión
No. Posiciones	6
Calentamiento	Quemadores de gas (12)

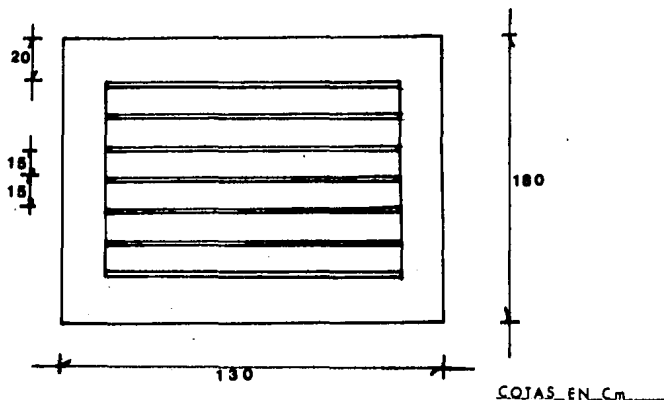
b) Capacidad (trabajando simultáneamente las 6 posiciones)

Rango de diseño	6 a 36 AWG
Velocidad de estañado	200 a 400 m/min.
Bobina de salida	150, 300 ó 600 lbs.

c) Tina de estañado

La tina de estañado está formada por 6 tinas calentadas independientemente, montadas en una misma estructura. La capacidad de cada una de ellas es de 600 kgs. de estaño:

VISTA DE PLANTA (SIN ACCESORIOS)



d) Espacio total ocupado

El espacio total ocupado por esta estañadora es de 1.3 x 12.8 m (menor al ocupado actualmente por la estañadora 02, que es de 1.3 x 14.2 m).

e) Consumos

Los 12 quemadores de gas instalados (2 por c/tina) consumen un total de $180 \text{ m}^3/\text{turno}$.

La estañadora tiene un total de 15 KW instalados entre motores y resistencias.

El factor de utilización de los mismos es de 0.7.

f) Costo

El costo total de la misma, ya instalada en la planta es de \$ 27'000,000.00, y el tiempo de entrega es de un mes.

Como se puede apreciar, esta estañadora cumple perfectamente con los requerimientos de producción que se tienen, sólo faltando por evaluar los costos derivados de estañar en la misma.

A continuación se calcula la capacidad de producción de esta estañadora:

CAPACIDAD DE PRODUCCION

Para calibre 12 AWG:

$$\text{De A } CP_{12} = (393 \text{ m/min}) (0.02942 \text{ kg/m}) (6)$$

$$CP_{12} = 69.37 \text{ kg/min } \frac{(60 \text{ min})}{1 \text{ hr.}}$$

$$CP_{12} = 4162.34 \text{ kg/hr.}$$

Considerando 7 horas de producción efectiva por turno, tenemos:

$$CP_{12} = 4162.34 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \frac{(7 \text{ hrs.})}{1 \text{ T}}$$

$$CP_{12} = 29136 \text{ kg/T}$$

Para calibre 24 AWG:

(De la misma forma)

$$\text{De A } CP_{24} = (393 \text{ m/min}) (0.00182 \text{ kg/m}) (6)$$

$$CP_{24} = 4.29 \text{ kg/min } (60 \text{ min/1 hr.})$$

$$CP_{24} = 257.49 \text{ kg/hr.}$$

$$CP_{24} = (257.49) \text{ kg/hr } (7 \text{ hr/1T})$$

$$CP_{24} = 1802.5 \text{ kg/T}$$

ALTERNATIVA II

"MODIFICAR LAS CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ESTAÑADORAS EXISTENTES"

Para poder analizar adecuadamente las modificaciones necesarias, para dejar trabajando óptimamente a las estañadoras existentes, consideraremos los datos asentados en la siguiente tabla (ya mencionados aisladamente en los Capítulos anteriores):

CONDICIONES DE OPERACION	OPTIMAS	EN 01	EN 02	EN 03
Velocidad de estañado (m/min)	V=393	$75 \leq V \leq 375.5$	$212 \leq V \leq 335$	V=393
Temperatura de la tina de estañado (°C)	T=280	T=280	T=280	T=280
Distancia entre una posición y otra del alambre con respecto a las paredes de la tina (cm)	D>2	D≈18	D≈3.6	D≈2.3
Longitud de inmersión (cm)	L>50	L=180	L=90	L=90

MODIFICACIONES A LAS CONDICIONES DE OPERACION DE LAS ESTAÑADORAS

Estañadora 01 (1 Posición)

Como se puede apreciar en la tabla anterior, esta estañadora trabaja a velocidades inferiores a la óptima, debido por una parte a la velocidad máxima a la que puede trabajar el enrollador instalado (375.5 m/min) y por otra, a la limitada capacidad calorífica efectiva de las resistencias con que cuenta (15 KW) -

para calentar la tina donde se efectúa el estañado, ya que con su capacidad calorífica actual, no puede compensar las pérdidas de calor ocasionadas por radiación al medio ambiente y por el paso del alambre de cobre a través del estaño.

Resulta evidente que a mayor diámetro del alambre a estañar, mayores serán las pérdidas de calor ocasionadas por el mismo a su paso por la tina que contiene el estaño, y de igual manera, a mayor velocidad del alambre, mayores serán las pérdidas de calor, ya que pasará más masa de cobre por la tina en menor tiempo. De ahí que la velocidad de estañado, así como el número de posiciones que se manejen, dependen fundamentalmente de la capacidad calorífica con que se cuenta para calentar la tina.

Por lo tanto, para aumentar la productividad de esta estañadora, se requiere por una parte, modificar o cambiar el enrollador existente para alcanzar una velocidad de 393 m/min. y por otra, de aumentar la capacidad calorífica con que se cuenta para calentar la tina.

Podría pensarse también en aumentar el número de posiciones a estañarse en la misma, puesto que se cuenta con suficiente espacio, sin embargo, debemos de considerar la relación mínima estaño-cobre (1 kg. estaño por cada 50 grs/min de cobre), así como la cantidad máxima conveniente de estaño por tina (1000 kgs.), - ambos explicados en el Capítulo II, para definir la conveniencia o no de llevarlo a cabo.

La forma de obtener el número de gramos por minuto de cobre dentro de la tina está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{GPM} = (P) (V) (N) - A'$$

donde:

GPM = Gramos por minuto de cobre

P = Peso del alambre de cobre (gr/min)
(varía según el calibre de que se trate)

V = Velocidad de estañado (m/min)

N = Número de posiciones a estañar simultáneamente

Por otra parte, la forma de obtener el volumen mínimo de estaño para cierta cantidad de cobre, considerando la relación cobre-estaño está dada por la fórmula:

$$V_{Sn} = \frac{(GPM_{Cu}) (1) \text{ Kg}}{50 \text{ gr/min}} \quad - \text{ B}$$

donde:

$$V_{Sn} = \text{Volumen de estaño requerido (kg)}$$

$$GPM_{Cu} = \text{Gramos por minuto de cobre}$$

Una vez establecidas las fórmulas A' y B y considerando que $V_{Sn} \leq 1000 \text{ kg.}$, que el calibre máximo a estañarse en esta máquina es el 8 AWG (de peso = 74.39 gr/m), y que la velocidad máxima a la que se estañaría en esta máquina (una vez modificado - el enrollador) será de 393 m/min, procederemos a definir el número de posiciones máximo conveniente.

Sustituyendo en A' tenemos:

$$GPM_{Cu} = (74.39 \frac{\text{gr}}{\text{m}}) (393 \frac{\text{m}}{\text{min}}) \quad (\text{N})$$

$$GPM_{Cu} = (29235.27 \frac{\text{gr}}{\text{min}}) \quad (\text{N}) \quad - \text{ C}$$

Sustituyendo ahora C en B:

$$V_{Sn} = \frac{(29,235.27 \text{ gr/min}) (\text{N}) (1 \text{ kg})}{50 \text{ gr/min}} \quad - \text{ D}$$

Si consideramos a $V_{Sn} = 795 \text{ kgs.}$, que es la capacidad actual de la tina de estañado de esta máquina y sustituyamos en D, tenemos:

$$795 \text{ kgs.} = \frac{(29,235.27 \text{ gr/min}) (\text{N}) (1 \text{ kg})}{50 \text{ gr/min}}$$

Si despejamos N, obtendremos el número máximo de posiciones que se pueden estañar en esta máquina con las características que tiene actualmente:

$$N = \frac{(795 \text{ kgs.}) (50 \text{ gr/min})}{(1 \text{ kg}) (29,235.27 \text{ gr/min})}$$

$$N = 1.36$$

Como se puede apreciar, no es posible estañar más de una posición para su capacidad actual de 795 kgs. de estaño. Si suponemos que se ampliará su capacidad a 1000 kgs., tendríamos:

$$1000 \text{ kgs.} = \frac{(29,235.27 \text{ gr/min}) (N) (1 \text{ kg})}{50 \text{ gr/min}}$$

despejando N:

$$N = \frac{(1000 \text{ kgs}) (50 \text{ grs/min})}{(1 \text{ kg}) (29,235.27 \text{ grs/min})}$$

$$N = 1.71$$

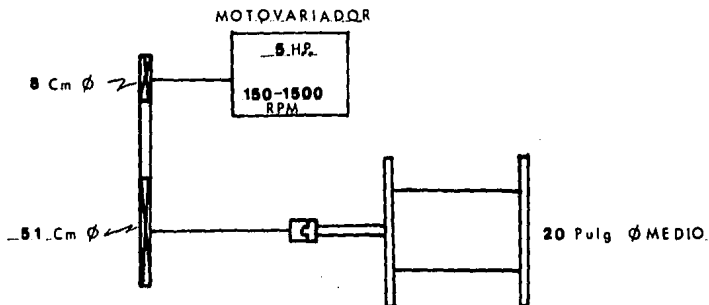
Como se puede apreciar, aún cuando se ampliara la capacidad de la tina a 1000 kgs., no se podría incrementar el número de posiciones, ni siquiera a 2. La única forma de ampliar el número de posiciones considerando la relación Cu-Estaño, sería teniendo 2 tinas calentadas independientemente, sin embargo, esto no sólo significaría tener un mayor consumo de energéticos para calentarlas, sino también hacer una serie de modificaciones en toda la máquina, que incluirían la compra de nuevos enrolladores, modificaciones a cada una de las tinas, etc., que en costo casi equivaldría a comprar una nueva estañadora (opción ya considerada en la Alternativa I).

Por consiguiente, nos enfocaremos para aumentar la productividad de esta máquina, primeramente a considerar el aumento en la velocidad del enrollador de 375.5 a 393 m/min y posteriormen-

te a las modificaciones necesarias para aumentar la cantidad de calor suministrado a la tina, para conseguir con ésto el estañar todos los calibres al máximo de velocidad.

1. Modificación al enrollador

El cinemático actual del enrollador (según se puede apreciar en el Capítulo III), es el siguiente:



Donde la velocidad promedio máxima (ya calculada en el Capítulo III es de 375.5 m/min).

Resulta claro el hecho de que con sólo reducir el diámetro de la polea conducida, obtendremos la velocidad óptima de trabajo (393 m/min).

Obtención del diámetro necesario

Para fines prácticos consideraremos la máxima velocidad del motor variador que es de 1500 rpm.

La ecuación de velocidad para este enrollador está dada por la fórmula:

$$V = (1500 \frac{\text{rev}}{\text{min}}) \left(\frac{2\sqrt{11} \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \frac{(\phi_1)}{\phi_2} \frac{(\phi_{Bo})}{2} - I$$

donde:

V = Velocidad de enrollado de la bobina (m/min)

ϕ_1 = Diámetro de la polea motriz (cm)

ϕ_2 = Diámetro de la polea conducida (cm)

ϕ_{Bo} = Diámetro medio de la bobina (m)

Considerando que la velocidad que queremos alcanzar es de - 393 m/min, y sustituyendo los datos con que contamos:

$$393 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 1500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{2\sqrt{11} \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \frac{(8 \text{ cm})}{\phi_2} \frac{(0.508 \text{ m})}{2}$$

Despejando ϕ_2 :

$$\phi_2 = \frac{(1500 \text{ rev/min}) (2\sqrt{11} \text{ rad/1 rev}) (8 \text{ cm}) (0.508 \text{ m})}{(393 \frac{\text{m}}{\text{min}}) (2)}$$

$$\phi_2 = \frac{38,302.29763 \text{ cm}}{786}$$

Por lo tanto, el diámetro de la polea conducida requerida será de:

$$\phi_2 = 48.7 \text{ cm} \approx 19 \frac{1}{8} \text{ Pulg}$$

Costo de la modificación:

El único costo derivado de aumentar la velocidad del enrollador será el de una nueva polea de 19 1/8", del mismo material y ancho de la banda de las ya instaladas.

En el mercado el precio de la misma es de \$ 45,000.00.

Nota: El costo derivado de su instalación lo consideramos despreciable, ya que el Departamento de Mantenimiento de la empresa se encargaría de ello, y el instalarla o no, no modifica los gastos fijos generados por el Departamento de Mantenimiento, ya que se haría en horas normales de trabajo. (De preferencia un lunes durante el tiempo de arranque).

2. Aumento de la capacidad calorífica

Como ya se mencionó con anterioridad, la razón fundamental por la cual no se trabaja a la velocidad óptima de trabajo en esta estañadora es la de que no se cuenta con la suficiente capacidad calorífica en la tina, para compensar las pérdidas de calor. Por lo tanto, primeramente procederemos a determinar la cantidad de calor que se requiere mediante un balance térmico.

Balance térmico

1. Obtención de la cantidad de calor que suministra el sistema para calentar el estaño.

La fórmula que utilizaremos para obtenerla es la siguiente:

$$Q_T = m \bar{C}_p (T_{\max} - T_1) + m \lambda$$

donde:

Q_T = Cantidad de calor necesario para calentar el estaño de T_1 a T_{\max} [E=] Cal

M = Masa de estaño dentro de la tina.

T_1 = Temperatura inicial del estaño (medio ambiente) [E=] °C

T_{\max} = Temperatura máxima alcanzada por el estaño [E=] °C

\bar{C}_p = Capacidad calorífica del estaño a presión constante [E=] cal/gr °C

λ = Calor específico del estaño [E=] cal/gr

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Consideraciones:

$$\begin{aligned}T_{\max} &= 330^{\circ}\text{C} \\T_1 &= 20^{\circ}\text{C} \\ \bar{c}_p \text{ (Sn)} &= 0.055 \text{ cal/gr } ^{\circ}\text{C} \\ \lambda \text{ (Sn)} &= 13.4 \text{ cal/gr} \\ m &= 795 \text{ kg}\end{aligned}$$

A partir de los datos anteriores obtenemos:

$$Q_T = 795 \text{ Kg} \left[\frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \right] (0.055 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^{\circ}\text{C}}) (330-20)^{\circ}\text{C} + (795000 \text{ gr}) (13.4 \text{ cal/gr})$$

$$Q_T = 13'554,750 \text{ Cal} + 10'653,000 \text{ Cal}$$

$$Q_T = 24'207,750 \text{ Cal} = 24,207.75 \text{ Kcal}$$

Considerando 2 horas para el calentamiento del metal, se --
tiene que se necesitan:

$$Q_T^I = \frac{24,207.75 \text{ kcal}}{2 \text{ horas}}$$

$$Q_T^I = 12,103.875 \text{ kcal/hr}$$

Considerando 12% de pérdidas por radiación (de tablas*, para
el área que se tiene en contacto con el medio ambiente), la can-
tidad de calor que se requiere será de:

$$Q_T^{II} = (12,103.875) (1.12) \text{ kcal/hr}$$

$$Q_T^{II} = 13,556.34 \text{ kcal/hr}$$

2. Obtención de la cantidad de calor que absorbe el alambre de
cobre al pasar por la tina.

* Las tablas a las que nos referimos son a tablas termodinámicas
elaboradas experimentalmente por el Departamento Técnico
de la Empresa.

El máximo calibre de alambre de cobre que se desea estañar en esta máquina es 8 AWG, el cual entra frío a la tina - - (20°C) y por lo mismo, absorbe calor saliendo a una temperatura cercana a la del estaño fundido, por lo que es necesario calcular las pérdidas de calor por este concepto, -- considerando como velocidad máxima de trabajo 393 m/min.

ALAMBRE DE COBRE 8 AWG

Diámetro: $\phi = 0.1285" = 3.264 \text{ mm}$
Area (secc. transversal): $A = 8.367 \text{ mm}^2$
Peso: $P = 74.39 \text{ kg/km} = 74.39 \text{ gr/m}$

Como esta máquina estaña una sola posición, el peso en la misma es de:

$$P = 74.39 \text{ gr/m}$$

Si la velocidad a la que operará este calibre será de 393 m/min, tenemos que el peso del cobre que absorbe calor (P_T) será:

$$P_T = (74.39 \text{ gr/m}) (393 \text{ m/min})$$

$$P_T = 29,235.27 \text{ gr/min}$$

Considerando que cuando la temperatura del estaño llega al punto final (temperatura de trabajo), el calor suministrado sólo será para compensar las pérdidas al exterior y las pérdidas por el cobre, procederemos a calcular las pérdidas debidas al cobre, para ver si el calor necesario para calentar al estaño es suficiente también para compensar las pérdidas.

Tenemos como ecuación fundamental:

$$Q = M C_p \Delta T - A$$

Donde:

Q = Cantidad de calor que absorbe el alambre de cobre. $[=]$ cal/min.

M = Masa de cobre que absorbe calor $[=]$ moles/min.

ΔT = Temperatura de trabajo menos temperatura ambiente $[=]$ °C

Consideraciones:

$T_a = 20^\circ\text{C}$ (temp. ambiente)

$T_t = 280^\circ\text{C}$ (temp. de trabajo)

C_p (cobre) = 6.28 cal/°C mol

$$M = \frac{29235.27 \text{ gr/min}}{63.54 \text{ gr/mol}} = 460.1 \text{ moles/min}$$

Sustituyendo en A, tenemos:

$$Q = (460.1 \text{ moles/min}) (6.28 \text{ cal/}^\circ\text{C mol}) (280-20)^\circ\text{C}$$

$$Q = 751,251.28 \text{ cal/min} = 45,075 \text{ kcal/hr}$$

Como se puede apreciar claramente, este valor (de pérdidas por el cobre), es mucho mayor al calor necesitado por el estaño para llegar de T_1 a T_{max} , por lo que consideraremos este último valor como el calor necesario para calentar el estaño y para absorber las pérdidas por el cobre, faltando por considerar las -- pérdidas por radiación, y las pérdidas durante la transmisión de calor a través de la tina.

Es así que si analizamos ahora las condiciones de operación de la máquina, nos damos cuenta (ver Capítulo III), que de los 18 KW instalados se aprovechan efectivamente 15 KW (83.3% del total), por lo que consideraremos que en la transmisión de calor -- de esta tina hay pérdidas equivalentes al 16.7% de la capacidad calorífica instalada. Por lo tanto, la cantidad de calor requerida será:

$$Q_R = (45,075 \text{ kcal/hr}) (1.167)$$

$$Q_R = 52602.5 \text{ kcal/hr} \left(\frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg}} \right) \left(\frac{4.185 \text{ KW}}{1 \text{ kcal/seg}} \right)$$

$$Q_R = 61.15 \text{ KW}$$

Con el fin de repartir homogéneamente el calor consideraremos a Q_R con un valor de 63 KW, repartidos en 3 resistencias de 21 KW cada una conectadas en delta (como actualmente se encuentran instaladas).

El costo estimado por el Departamento de Ingeniería de la propia Empresa por las tres resistencias, más el de su instalación, es de \$ 225,000.00.

Estañadora 02 (4 Posiciones)

Como se puede apreciar en la tabla de condiciones de operación de esta estañadora, el único problema que presenta la misma con relación a las condiciones óptimas de operación, es el de -- que no puede trabajar a mayor velocidad, ya que presenta dos limitantes fundamentales:

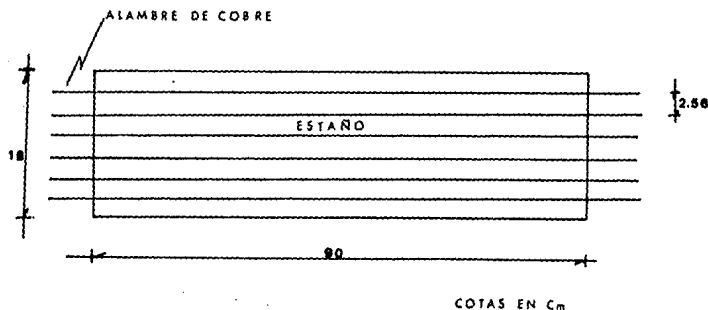
- a) La velocidad máxima de los enrolladores instalados (335 m/min) y el mal estado de los mismos.
- b) La falta de capacidad calorífica de los quemadores instalados en la tina para poder compensar las pérdidas de calor, - considerando una velocidad promedio máxima de 393 m/min.

Por otra parte, nos damos cuenta de que con el espacio disponible en la tina es posible aumentar en 2, el número de posiciones actuales.

Es así que para esta estañadora analizaremos la posibilidad de aumentar el número de posiciones de 4 a 6 aumentando la velocidad de 335 a 393 m/min y debido a estos cambios aumentando también la capacidad calorífica de la tina.

Incremento del Número de Posiciones

Según las dimensiones de la tina la distribución de las 6 - Posiciones a través de ella sería como se muestra a continuación:



La distancia entre alambre, considerando que el calibre máximo que se estaña en esta máquina es el 20 AWG (0.0320" = 0.0813 mm), es de aproximadamente 2.56 cm, con lo que se cumple que la distancia entre alambres sea mayor a 2 cm (indicado en el Capítulo II).

La tina de estañado tiene una capacidad de 239 kg (Estaño - 100%). Es así que si consideramos como calibre máximo a estañar es el 20 AWG de peso igual a 4.61 gr/m y que se desean estañar 6

Posiciones a la vez a una velocidad promedio máxima de 393 m/min tenemos que la masa de cobre que entra por minuto será:

$$M = (4.61 \text{ gr/m}) (6) (393 \text{ m/min})$$

$$M = 10870.38 \text{ gr/min} = 10.87 \text{ kg/min}$$

Por lo tanto, la relación cobre-estaño será:

$$239 \text{ kg Estaño por } 10.87 \text{ kg/min de Cu}$$

es decir:

$$1 \text{ kg Estaño por } 0.04548 \text{ kg/min de Cu}$$

$$1 \text{ kg Estaño por } 45.5 \text{ gr/min de Cu}$$

Como se puede apreciar el volumen de estaño en la tina es suficiente para mantener la relación mínima de estaño con relación al cobre que debe estañarse (1 kg de Sn por cada 50 gr/min de alambre de cobre).

Por otra parte el volumen de estaño dentro de la tina es menor a 1000 kg, por lo que el calentamiento de la misma no presentará problemas.

Como conclusión del análisis anterior podemos decir que es factible aumentar el número de posiciones a 6, sin mayores problemas. Los cambios convenientes para llevar a cabo esto son -- los que se proponen a continuación:

- 1) Puesto que en todas las tinas se cuenta con espacio de sobra a lo ancho (como se puede apreciar en los diagramas del Capítulo III), únicamente se tienen que hacer 2 barrenos adicionales en cada una de ellas considerando la misma distancia entre alambres propuesta para la tina de estañado.
- 2) Instalar las poleas guidoras, dados limpiadores, inmersores, etc., necesarios para las 2 Posiciones adicionales.

- 3) Instalar un nuevo enrollador similar a los instalados en la estañadora 03 de 6 Posiciones (3 HP = 2.2 KW), ya que éste cumple perfectamente con nuestros requerimientos de producción.

Nota: Debido al mal estado de los enrolladores instalados actualmente (que tienen constantes descomposturas) y a la imposibilidad práctica de aumentarles la velocidad (como se puede apreciar en el diagrama cinemático del mismo, Capítulo III), lo más conveniente es pensar en la compra de nuevos enrolladores, como se propone.

Los costos de estas acciones son estimados por el Departamento de Ingeniería de la propia Empresa, como sigue:

Para las modificaciones 1 y 2	\$ 150,000.00
Costo del nuevo enrollador marca (COOK)	\$ 6'000,000.00

Además de los cambios mecánicos ya considerados, tenemos -- que calcular la capacidad calorífica total que se necesitará para trabajar las 6 Posiciones, para ello es necesario realizar un balance térmico (similar al realizado para la estañadora 01).

BALANCE TERMICO

1. Obtención de la cantidad de calor, que suministra el sistema para calentar el estaño.

$$Q_T = M\bar{C}_p (T_{\max} - T_1) + M\lambda$$

Consideraciones:

$$T_{\max} = 330^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$\bar{C}_p (\text{Sn}) = 0.055 \text{ cal/gr}^\circ\text{C}$$

$$\lambda (\text{Sn}) = 13.4 \text{ cal/gr}$$

$$M = 239 \text{ kg}$$

A partir de los datos anteriores obtenemos:

$$Q_T = 239 \text{ kg} \left[\frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \right] \left[0.055 \frac{\text{cal}}{\text{gr}^\circ\text{C}} \right] (330-20)^\circ\text{C} + (239,000 \text{ gr}) (13.4 \text{ cal/gr})$$

$$Q_T = (4'074,950) + (3'202,600) \text{ cal}$$

$$Q_T = 7'277,550 \text{ cal} = 7,277.55 \text{ kcal}$$

Considerando dos horas para el calentamiento del metal, se tiene que se necesitan:

$$Q_T^1 = \frac{7,277.55 \text{ kcal}}{2 \text{ hr}}$$

$$Q_T^1 = 3,638.775 \text{ kcal/hr}$$

Considerando 15% de pérdidas por radiación (de tablas, para el área que se tiene en contacto con el medio ambiente), la cantidad de calor que se requiere será de:

$$Q_T^u = (3,638.775) (1.15) \text{ kcal/hr}$$

$$Q_T^u = 4,184.59 \text{ kcal/hr}$$

2. Obtención de la cantidad de calor que absorbe el alambre de cobre al pasar por la tina.

El máximo calibre de alambre de cobre que se desea estañar en esta máquina es 20 AWG, el cual entra frío a la tina -- (20°C) y por lo mismo absorbe calor saliendo a una temperatura cercana a la del estaño fundido, por lo que es necesario calcular las pérdidas de calor por este concepto, considerando como velocidad máxima de trabajo 393 m/min.

ALAMBRE DE COBRE 20 AWG

Diámetro:	$\emptyset = 0.813 \text{ mm}$
Area (secc. transversal):	$A = 0.519 \text{ mm}^2$
Peso:	$P = 4.61 \text{ gr/m}$

Como esta máquina estañará 6 Posiciones:

$$P = (6) (4.61 \text{ gr/m}) = 27.66 \text{ gr/m}$$

Si la velocidad a la que operará este calibre será de 393 - m/min, tenemos que el peso del cobre que absorbe calor (P_T) será:

$$P_T = (27.66 \text{ gr/m}) (393 \text{ m/min})$$

$$P_T = 10,870.38 \text{ gr/min}$$

Considerando que cuando la temperatura del estaño llega al punto final (temperatura de trabajo), el calor suministrado sólo será para compensar las pérdidas al exterior y las pérdidas por el cobre, procederemos a calcular las pérdidas debidas al cobre, para ver si el calor necesario para calentar el estaño es suficiente también para compensar las pérdidas.

$$Q = M C_p \Delta T$$

Consideraciones;

$$T_a = 20^\circ\text{C}$$

$$T_t = 280^\circ\text{C}$$

$$C_p (\text{Cu}) = 6.28 \text{ cal/}^\circ\text{C mol}$$

$$M = \frac{10,870.38 \text{ gr/min}}{63.84 \text{ gr/mol}} = 171.08 \text{ moles/min}$$

Sustituyendo tenemos:

$$Q = (171.08 \text{ moles/min}) (6.28 \text{ cal/}^\circ\text{C mol}) (280-20)^\circ\text{C}$$

$$Q = 279,339.42 \text{ cal/min} = 16,760 \text{ kcal/hr}$$

Como se puede apreciar, este valor (de pérdidas por el cobre) es mucho mayor al calor necesario por el estaño para llegar de T_a a T_{max} , por lo que consideraremos este último valor como el calor necesario para calentar el estaño y para absorber las - pérdidas por el cobre, faltando por considerar las pérdidas por radiación y las pérdidas durante la transmisión de calor a través de la tina.

Es así que si analizamos ahora las condiciones de operación de la máquina, nos damos cuenta (ver Capítulo III), que de los 30,000 BTU/hr instalados se aprovechan efectivamente 24,000 BTU/hr (80% del total), por lo que consideraremos que en la transmisión de calor de esta tina hay pérdidas equivalentes al 20% de la capacidad calorífica instalada, por lo tanto, la cantidad de calor requerida será:

$$Q_R = (16,760 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}) (1.20)$$

$$Q_R = 20,112 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \left[\frac{1 \text{ BTU}}{0.252 \text{ kcal}} \right]$$

$$Q_R = 79,809.5 \text{ BTU/hr}$$

Ahora bien, con el fin de repartir homogéneamente el calor, consideraremos a Q_R con un valor de 90,000 BTU/hr, repartidos en 3 quemadores (similares a los ya instalados y de mismas dimensiones) con capacidad de 30,000 BTU/hr cada uno, con lo que tendremos un margen en nuestra capacidad calorífica.

El consumo de gas estimado por el fabricante es de 6.5 m^3 - por hora de trabajo (es decir, $52 \text{ m}^3/\text{turno}$) para cada uno. El costo comercial de cada uno es de \$ 49,000.00 (marca Eclipse), - lo que da un total de \$ 147,000.00 por los tres y el costo estimado por el Departamento de Ingeniería para la instalación de -- los tres, es de \$ 17,000.00.

Por lo que el costo total de aumentar la capacidad calorífica es de aproximadamente \$ 164,000.00.

Estañadora 03 (12 Posiciones)

Si analizamos la tabla de condiciones óptimas nos damos - - cuenta de que esta estañadora se encuentra trabajando óptimamente, y por lo mismo no se debe modificar.

Una vez analizadas las modificaciones convenientes procederemos a evaluar el aumento en la capacidad de producción que se obtendría con las mismas.

En la estañadora 01 únicamente se incrementaría la velocidad, es así que teóricamente tendríamos una producción (sin considerar tiempo improductivo por paros y arranque) para el calibre representativo de esta máquina (12 AWG) dada por la siguiente fórmula:

$$\text{PROD} = (N) (P) (V) - 1$$

donde:

PROD = Producción en gr/min

N = Número de Posiciones

P = Peso del alambre a estañar en gr/m

V = Velocidad de estañado en m/min

Consideraciones:

ALAMBRE DE COBRE 12 AWG

P = 29.42 gr/m N = 1 Posición

V = 393 m/min

Sustituyendo en 1:

PROD = (1) (29.42 gr/m) (393 m/min)

PROD = 11,562.06 gr/min

PROD = $(11,562.06 \frac{\text{gr}}{\text{min}}) \cdot \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \right)$

PROD = 693.7 kg/hr

Considerando un turno de 8 hr tendríamos:

PROD = 5,549.6 kg/turno

Este valor es totalmente teórico, ya que no se consideran los paros por cambio de bobina, ni el tiempo de arranque en el primer turno del lunes.

El Departamento de Ingeniería Industrial considera un tiempo de paro de 1 hora por Posición/turno para todas las máquinas. - (Esto en base a estudios de tiempos que ha realizado experimentalmente).

Es así que considerando este valor tendríamos para esta máquina una producción de:

$$\text{PROD} = (693.7 \text{ kg/hr}) (7 \text{ hr/turno})$$

$$\text{PROD} = 4855.9 \text{ kg/turno}$$

y si consideramos un total de 78 turnos disponibles por mes, tendríamos:

$$\text{PROD} = 4855.9 \frac{\text{kg}}{\text{turno}} \frac{78 \text{ turnos}}{\text{mes}}$$

$$\text{PROD} = 378,760.2 \text{ kg/mes}$$

Si comparamos este valor contra la demanda máxima estimada para los próximos 5 años de 210,000 kg/mes para los calibres manejados en esta máquina, nos damos cuenta de que con las medidas propuestas se tendría incluso capacidad de sobra.

De la misma manera, analizando el aumento de capacidad para la estañadora 02, para el calibre representativo de la misma (24 AWG), tenemos:

Consideraciones:

ALAMBRE DE COBRE 24 AWG

$$P = 1.82 \text{ gr/m}$$

$$V = 393 \text{ m/min}$$

$$N = 6 \text{ Posiciones}$$

Sustituyendo en 1:

$$\text{PROD} = (6) (1.82 \text{ gr/m}) (393 \text{ m/min})$$

$$\text{PROD} = 4,291.56 \text{ gr/min}$$

$$\text{PROD} = 4,291.56 \text{ gr/min} \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \right)$$

$$\text{PROD} = 257.5 \text{ kg/hr}$$

Considerando igual que para la estañadora 01, un tiempo de paro de 1 hora por Posición/turno tendríamos una producción de:

$$\text{PROD} = (257.5 \text{ kg/hr}) \left(\frac{7 \text{ horas}}{\text{turno}} \right)$$

$$\text{PROD} = 1802.5 \text{ kg/turno}$$

y si consideramos 78 turnos disponibles por mes tendremos:

$$\text{PROD} = (1802.5) \frac{\text{kg}}{\text{turno}} \left[\frac{78 \text{ turnos}}{\text{mes}} \right]$$

$$\text{PROD} = 140,595 \text{ kg/mes}$$

Comparando este valor contra la demanda máxima estimada para los próximos 5 años de 136,000 kg/mes para los calibres manejados en esta máquina, nos damos cuenta de que con las modificaciones propuestas la capacidad de producción de la máquina sería suficiente.

COSTO. El costo total de las modificaciones que implica esta alternativa será:

<u>Estañadora 01</u>	
Modificación del enrollador	\$ 45,000.00
Compra e instalación de resistencias	\$ 225,000.00
<u>Estañadora 02</u>	
Modificación (barrenos) de tinas limpiadora y enfriadora e instalación de accesorios	\$ 150,000.00
Costo de nuevo enrollador (6 Posiciones)	\$ 6'000,000.00
Compra e instalación de quemadores	\$ <u>164,000.00</u>
COSTO TOTAL:	\$ <u>6'584,000.00</u> =====

El tiempo estimado por el Departamento de Ingeniería para realizar las modificaciones antes mencionadas, es de aproximadamente 3 semanas.

IMPLICACIONES AL METODO DE TRABAJO

Puesto que el proceso de estañado no se altera, ninguna de las dos alternativas implican un cambio en el método de trabajo que se sigue actualmente. Sin embargo, como las dos alternativas sí implican un aumento en la producción en los calibres manejados actualmente en la estañadora 01 y 02, también implica -- un mayor trabajo para el operario de las mismas (uno sólo, ver método de trabajo - Capítulo III), pues actualmente se encarga - de 5 Posiciones y considerando las Alternativas I y II tendría - que encargarse de 7 Posiciones para ambos casos.

Este problema de mayor carga de trabajo no debe de traer con secuencias negativas por parte del operador, pues el operario en cargado de la estañadora 03 se encarga de 12 Posiciones (aunque en una sola máquina y sin tener que desplazarse de una a otra máquina) percibiendo el mismo sueldo. Es así que concientizando - al operador de las estañadoras 01 y 02 de la importancia de aumentar la productividad y haciéndole ver que se le tiene igual - confianza que al operador de la estañadora 03 para manejar un ma yor número de Posiciones (mencionándoles la posibilidad de ascenso y/o bien de aumento de sueldo, para ambos operarios según el desarrollo de su trabajo, se tendrá seguramente la cooperación - de ambos operarios, pues el de las estañadoras 01 y 02 se sentirá motivado para trabajar, primeramente porque se le considera - capaz y también por el deseo de alcanzar un mejor sueldo y/o posición; en tanto que el operador de la estañadora 03 sentirá que no se le carga la mano más que al otro operador, pues el trabajo de ambos será más equitativo y asimismo, sentirá el deseo de tra bajar mejor para alcanzar un mejor sueldo y/o una mejor posición.

El mejor sueldo será posible gracias al ahorro que traerá - consigo el aumento de productividad del área, y dicho aumento po drá ser negociado en el momento adecuado con el Sindicato (como representante de los operarios).

5.2 Evaluación de Alternativas

Las dos Alternativas antes propuestas satisfacen convenientemente nuestros requerimientos. Es así, que para tomar una decisión de cuál resultaría más conveniente para nuestros fines, procederemos a evaluar económicamente cada una de ellas, considerando por una parte el monto de la inversión que cada una representa y por otra el costo de estañar para cada Alternativa. Este último punto resulta de gran relevancia, ya que en la medida en que se reduzcan los costos por kg. producido se habrá incrementado la productividad y como consecuencia, se tendrá también un gran ahorro, que podrá traducirse en precios más competitivos.

Monto de la Inversión

Alternativa I	\$ 27'000,000.00
Alternativa II	\$ 6'584,000.00

Como se puede apreciar claramente, la Alternativa II requiere de una menor inversión, además de que con la misma obtenemos una capacidad de producción mayor a la que obtendríamos si se optara por la Alternativa I, (como se puede constatar en los datos de producción calculados para cada una de las Alternativas anteriormente descritas).

Costo de Estañado

La evaluación de los costos de producción la haremos por kg. procesado, ya que de esta manera se puede apreciar más convenientemente el ahorro obtenido con una u otra Alternativa. Asimismo, para el caso del calibre representativo 12 AWG, en la Alternativa I consideraremos un costo ponderado por kg., ya que la nueva máquina propuesta en la misma sólo puede cubrir una parte de la demanda, y la otra parte sería cubierta por la estañadora 01 en las condiciones actuales.

ANALISIS DE COSTOS DE ESTAÑADO
(Calibre 12 AWG)

<u>CONCEPTO</u>	<u>ACTUALMENTE</u>	<u>NUEVA ESTAÑADORA</u>	<u>ALTERNATIVA II</u>
Calibre	12 AWG	12 AWG	12 AWG
Producción/turno (kg)	2160 kg/t	29136 kg/t	4855.9 kg/t
<u>Costo de M.O.D.</u> -----			
Mano de obra	1/2 operador	1/2 operador	1/2 operador
Costo de M.O.D. por trabajador	2,910 \$/t	2,910 \$/t	2,910 \$/t
Costo de M.O.D. real	1,455 \$/t	1,455 \$/t	1,455 \$/t
Costo de M.O.D. por kg	0.674 \$/KG	0.05 \$/kg	0.300 \$/kg
<u>Costo de materia</u> <u>les de proceso</u> <u>(Electroflux = E)</u> -----			
Consumo E. por kg procesado (obteni do experimental- mente)	0.0035 <u>kg E.</u> Kg Cu	0.0035 <u>kg E.</u> Kg Cu	0.0035 <u>kg E.</u> kg Cu
Precio del E.	315 \$/kg E.	315 \$/kg E.	315 \$/kg E.
Costo E. por kg procesado	1.1025 \$/kg	1.1025 \$/kg	1.1025 \$/kg

<u>CONCEPTO</u>	<u>ACTUALMENTE</u>	<u>NUEVA ESTANADORA</u>	<u>ALTERNATIVA II</u>
Costo de Energía Eléctrica (E.E.) -----			
Capacidad instalada (KW)	68.2 KW	15 KW	113.2 KW
Factor de utilización	0.9	0.7	0.9
Capacidad utilizada (KW)	61.38 KW	10.5 KW	101.88 KW
Costo del KW-HR	12.83 \$/KW-HR	12.83 \$/KW-HR	12.83 \$/KW-HR
Costo E.E. por turno	6300 \$/t	1077.7 \$/t	10457 \$/t
Costo E.E. por kg procesado	2.92 \$/kg	0.037 \$/kg	2.15 \$/kg
Costo de gas (natural) -----			
Consumo de gas por turno	0	180 m ³ /t	0
Costo de gas por m ³	17.91 \$/m ³	17.91 \$/m ³	17.91 \$/m ³
Costo de gas por turno	0	3223.8 \$/t	0
Costo de gas por kg procesado	0	0.11 \$/kg	0

<u>CONCEPTO</u>	<u>ACTUALMENTE</u>	<u>NUEVA ESTANADORA</u>	<u>ALTERNATIVA II</u>
Costo del estaño aplicado -----			
Peso de estaño por kg procesado	0.002 kg	0.002 kg	0.002 kg
Costo del kg de Sn	5000 \$/kg	5000 \$/kg	5000 \$/kg
Costo del Sn aplicado por kg procesado	10 \$/kg	10 \$/kg	10 \$/kg

COSTO TOTAL DEL ALAMBRE ESTANA- DO, SIN INCLUIR EL COSTO DEL -- ALAMBRE DE CO- BRE	14.7 \$/KG	11.3 \$/KG	13.6 \$/KG

Ya teniendo definido el costo de estañado actual y el correspondiente para la Alternativa II, sólo falta por definir el de la Alternativa I, que como se mencionó con anterioridad, será un costo ponderado, ya que la nueva máquina propuesta en esta Alternativa sólo cubrirá parte de la demanda. Es así que:

Demanda mensual máxima esperada:	210,000 kg	100 %
Capacidad de Producción Estañadora 01:	168,480 kg	80.23%
Producción con nueva máquina:	41,520 kg	19.77%

es así que:

$$\begin{aligned} \text{Costo total} \\ \text{Alternativa I} &= (14.7 \text{ \$/kg}) (80.23\%) + (11.3 \text{ \$/kg}) (19.77 \%) \\ &= 11.79 \text{ \$/kg} + 2.23 \text{ \$/kg} \\ &= 14.02 \text{ \$/kg} \end{aligned}$$

Resumiendo:

TABLA DE COSTOS DE ESTANADO
CALIBRE 12 AWG

ACTUAL	14.7 \\$/KG
ALTERNATIVA I	14.02 \\$/KG
ALTERNATIVA II	13.6 \\$/KG

De la misma manera para el calibre representativo 24 AWG -- (actualmente estañado en la estañadora 02) evaluaremos el costo de producción para cada Alternativa.

ANALISIS DE COSTOS DE ESTANADO
(Calibre 24 AWG)

<u>CONCEPTO</u>	<u>ACTUALMENTE</u>	<u>ALTERNATIVA I</u>	<u>ALTERNATIVA II</u>
Calibre	24 AWG	24 AWG	24 AWG
Producción/turno (kg)	1172 kg/t	1802.5 kg/t	1802.5 kg/t
<u>Costo de M.O.D.</u> -----			
Mano de obra	1/2 operador	1/2 operador	1/2 operador
Costo de M.O.D. por trabajador	2,910 \$/t	2,910 \$/t	2,910 \$/t
Costo de M.O.D. real	1,455 \$/t	1,455 \$/t	1,455 \$/t
Costo de M.O.D. por kg	1.24 \$/kg	0.81 \$/g	0.81 \$/t
<u>Costo de materia les de proceso</u> (Electroflux = E) -----			
Consumo E. por kg procesado	0.0035 <u>kg E.</u> kg Cu	0.0035 <u>kg E.</u> kg Cu	0.0035 <u>kg E.</u> kg Cu
Precio del E.	315 \$/kg E.	315 \$/kg E.	315 \$/kg E.
Costo E. por kg procesado	1.1025 \$/kg	1.1025 \$/kg	1.1025 \$/kg

<u>CONCEPTO</u>	<u>ACTUALMENTE</u>	<u>ALTERNATIVA I</u>	<u>ALTERNATIVA II</u>
Costo de Energía eléctrica (E.E.) -----			
Capacidad instalada (KW)	6.714 KW	15 KW	6.714 KW
Factor de utilización	0.6	0,7	0,6
Capacidad utilizada (KW)	4.0284 KW	10.5 KW	4.0284 KW
Costo del KW-HR	12.83 \$/KW-HR	12.83 \$/KW-HR	12.83 \$/KW-HR
Costo E.E. por turno	413.5 \$/t	1077.7 \$/t	413.5 \$/t
Costo E.E. por kg procesado	0.35 \$/kg	0.60 \$/kg	0.23 \$/kg
Costo de gas natural -----			
Consumo de gas por turno	102 m ³ /t	180 m ³ /t	156 m ³ /t
Costo ₃ de gas por m ³	17.91 \$/m ³	17.91 \$/m ³	17.91 \$/m ³
Costo de gas por turno	1826.82 \$/t	3223.8 \$/t	2793.96 \$/t
Costo de gas por kg procesado	1.56 \$/kg	1.79 \$/kg	1.55 \$/kg

<u>CONCEPTO</u>	<u>ACTUALMENTE</u>	<u>ALTERNATIVA I</u>	<u>ALTERNATIVA II</u>
Costo del estaño aplicado -----			
Paso de estaño por kg procesado	0.011	0.011	0.011
Costo del kg de Sn	5000 \$/kg	5000 \$/kg	5000 \$/kg
Costo del Sn aplicado por kg procesado	55 \$/kg	55 \$/kg	55 \$/kg

COSTO TOTAL DEL ALAMBRE ESTAÑADO, SIN INCLUIR EL COSTO DEL -- ALAMBRE DE COBRE	59.25 \$/kg	59.3 \$/kg	57.59 \$/kg

Nota: Para este caso no consideramos valores ponderados, ya que el total de la demanda de calibre 24 AWG sería satisfecha en el caso de la Alternativa I por la nueva estañadora.

TABLA DE COSTOS DE ESTAÑADO
(Calibre 24 AWG)

ACTUAL	59.25 \$/KG
ALTERNATIVA I	59.3 \$/KG
ALTERNATIVA II	57.59 \$/KG

5.3 Selección final

Después de haber evaluado la inversión necesaria para cada Alternativa, así como los costos de estañado que cada una de ellas representa, la elección más conveniente resulta ser la "Alternativa II", pues ésta representa además de una inversión muy baja (como se puede apreciar), los más bajos costos de estañado. Dando como resultado, un ahorro que hará que la inversión se pague en poco tiempo.

Para evaluar el ahorro que se tendrá por la reducción de costos para esta Alternativa, consideraremos la demanda que se tiene actualmente (1986).

<u>CALIBRE 12 AWG</u>	DEMANDA MENSUAL (KG)	COSTO POR KG	COSTO TOTAL MENSUAL (\$)	AHORRO MENSUAL (\$)
ACTUALMENTE	202,694 kg	14.7 \$/kg	\$ 2'979,601.80	0
ALTERNATIVA II	202,694 kg	13.6 \$/kg	\$ 2'756,638.40	\$ 222,963.4
 <u>CALIBRE 24 AWG</u>				
ACTUALMENTE	115,137 kg	59.25 \$/kg	\$ 6'821,867.25	0
ALTERNATIVA II	115,137 kg	57.59 \$/kg	\$ 6'630,739.83	\$ 191,127.42
			T O T A L	\$ <u>414,090.82</u>

Considerando que la inversión para esta Alternativa es de \$ 6'584,000.00, tendríamos que con el ahorro obtenido se recuperaría la inversión en 16 meses (sin considerar la depreciación - que para 1986 es del 9% anual).

Además del beneficio económico que se obtiene por la reducción en costos, se tiene un beneficio adicional difícil de cuan-

tificar, que es el de cumplir con las entregas a tiempo de alambre de cobre estañado para otros procesos, lo cual finalmente -- trasciende con entregas en corto tiempo a los clientes, con lo que se gana en imagen (muy importante en nuestros días, ya que -- debido a la mayor competencia que implica la entrada al GATT, -- además de buenos precios y buena calidad, se requiere de "buen servicio").

Por lo tanto la Alternativa a seguir por todos aspectos, es la "ALTERNATIVA II".

CONCLUSIONES

=====

El objeto de la presente tesis, es el de aplicar prácticamente la Ingeniería Industrial a un problema (muy común en nuestros días) de aumento de productividad en una área productiva de una industria manufacturera de cables, considerando todos los diversos aspectos que en una industria intervienen, como son el -- factor humano, y los recursos económicos y materiales con que se cuentan. Dando el peso adecuado a cada uno de ellos para llegar a una solución adecuada, (entendiéndose por adecuada, no una solución magnífica, sino aquella que resulta oportuna en el momento, ya que en la mayoría de los casos la falta de tiempo, o bien de dinero, impiden el obtener un resultado óptimo y, sin embargo, se tiene que tomar una decisión).

En México, el aumento de productividad en todas las ramas - industriales se hace indispensable hoy más que nunca, ya que de ser más productivos depende la supervivencia o no de muchas empresas. El caso en esta tesis presentado, es un pequeño eslabón, de muchos que se tienen que unir para alcanzar un mejor nivel productivo en la industria en específico tratada. Y que pugne de extrapolarse a otras industrias con un problema similar.

Han pasado las épocas de abundancia y los Ingenieros Industriales en específico, tenemos una responsabilidad muy grande -- con México, de luchar porque nuestros recursos se usen óptimamente, ya que con la entrada de México al GATT, ya no sólo lucharemos para exportar al extranjero, sino que en muy corto plazo lucharemos para "exportar" a nuestro propio territorio. Sí, aunque suene irónico, pues la industria extranjera podrá competir -- de tú a tú con los productos hechos en México, sin protecciones arancelarias o de otro tipo.

Espero que esta tesis sea de utilidad y despierte el interés de incrementar la productividad en todas las ramas industriales de nuestro querido México.

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

LIBROS

FREDERIK A. LOWENHEIM

"Electroplating" - Fundamentals of Surface Finishing.
Mc. Graw Hill,
U.S.A., 1978

BURNS AND BRADLY

"Protective Coating for Metals"
Reinhold, 2a. Edición,
New York, 1959

MC. CABE AND SMITH

"Unit Operations in Chemical Engineering"
Mc. Graw Hill, 3a. Edición,
New York, 1976

LANDEROS J.

"Estudio de los problemas de alambre estañado
fabricado por CONDUMEX y sus posibles soluciones"
CONDUMEX,
México, 1965

LANDEROS J.

"Reporte de las pruebas efectuadas en la estañadora
piloto de CONDUMEX con aleación Pb-Sn"
CONDUMEX,
México, 1965

DUARTE MARIO

"Manual técnico de cables y alambres de CONDUMEX"
CONDUMEX,
México, 1982

MIMILA SAUL

"Manual de características técnicas de las
máquinas estañadoras de CONDUMEX"
CONDUMEX,
México, 1984

OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO
"Introducción al estudio del trabajo"
Ginebra, Suiza, 1981

H.B. MAYNARD
"Manual de Ingeniería de la producción industrial"
(TOMO I)
Ed. Reverte, S.A.,
España, 1982

ELWOOD S. BUFFA
"Dirección técnica y administración de la producción"
Ed. Limusa,
México, 1982

SEYMOUR MELMAN
"Los factores dinámicos de la productividad industrial"
Fondo de Cultura Económica,
México, 1962

J.F. WESTON, E.F. BRIGHAM
"Fundamentos de Administración Financiera"
Ed. Interamericana, 5a. Edición,
México, 1984

PUBLICACIONES PERIODICAS

DANIELS E.J.
"The hot tinning of Copper, the attack on the
basis metal and its effects"
Journal Institute of Metals,
London, 1970

HOARE W.E.
"Hot tinning"
Tin Research Institute,
London, 1959

THWAITES C.J.

"Hot dip coating with Tin - Lead alloys"
Tin Research Institute,
London, 1962

Ingeniería Industrial - CONDUMEX

"Reporte de estándares de producción -
Area de Estañado"
CONDUMEX,
México, Abril, 1985

Departamento de Mercadotecnia - CONDUMEX

"Pronósticos de Ventas 1986"
CONDUMEX,
México, Diciembre, 1985

A P E N D I C E
=====

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL ALAMBRE
DE COBRE SUAVE ESTAÑADO

CALIBRE AWG	DIAMETROS (PLG.)				AREA A 20° C		P E S O (KG/KM)	
	ESTIRADO MIN.	MAX.	DESP. ESTAÑADO MIN.	MAX.	CMILS	PLG. ²	DES.	Cu.Sn.
6	.1620	.1623	.1604	.1635	25240	.02051	118.20	118.34
7	.1443	.1450	.1429	.1457	20320	.01635	93.80	93.92
8	.1285	.1292	.1272	.1298	15510	.01297	74.39	74.49
9	.1144	.1150	.1133	.1155	13090	.01029	58.95	59.05
10	.1019	.1024	.1009	.1029	10380	.00816	45.77	45.95
11	.0907	.0912	.0893	.0916	8230	.00546	37.06	37.14
12	.0803	.0812	.0800	.0816	6530	.00513	29.42	29.48
13	.0720	.0724	.0713	.0727	5180	.00407	23.35	23.41
14	.0641	.0644	.0635	.0647	4110	.00323	18.51	18.57
15	.0571	.0574	.0565	.0577	3250	.00256	14.69	14.74
16	.0509	.0511	.0503	.0513	2590	.00203	11.62	11.65
17	.0453	.0455	.0448	.0458	2050	.00161	9.24	9.26
18	.0403	.0405	.0399	.0407	1620	.00128	7.32	7.35
19	.0359	.0361	.0355	.0363	1290	.00101	5.81	5.84
20	.0320	.0322	.0317	.0323	1020	.000804	4.61	4.64
21	.0285	.0287	.0282	.0288	812	.000639	3.65	3.68
22	.0253	.0255	.0250	.256	640	.000503	2.88	2.90
23	.0226	.0227	.0224	.0228	511	.000401	2.30	2.32
24	.0201	.0202	.0199	.0203	404	.000317	1.82	1.84
25	.0179	.0180	.0177	.0181	320	.000252	1.44	1.45
26	.0159	.0160	.0157	.0161	253	.000199	1.14	1.15
27	.0142	.0143	.0141	.0143	202	.000158	0.908	0.920
28	.0125	.0127	.0125	.0127	159	.000125	0.715	0.725
29	.0113	.0114	.0112	.0114	128	.000100	0.575	0.585
30	.0100	.0101	.0099	.0101	100	.0000785	0.451	0.460
31	.0089	.0090	.0088	.0090	79.2	.0000522	0.357	0.365
32	.0080	.0081	.0079	.0081	64.0	.0000503	0.289	0.295
33	.0071	.0072	.0070	.0072	50.4	.0000395	0.227	0.233
34	.0053	.0054	.0052	.0054	39.7	.0000312	0.179	0.184
35	.0056	.0057	.0055	.0057	31.4	.0000245	0.141	0.146
36	.0050	.0051	.0049	.0051	25.0	.0000195	0.113	0.117