

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA LA INSTALACION DE
HORNOS INTERMITENTES CON ATMOSFERA INERTE PARA
RECOCIDO DE ROLLOS DE LAMINA DE ALUMINIO
EN SUS DIVERSAS ALEACIONES

T E S I S

que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

GUILLERMO MANJARREZ AYALA

193

México, D. F.

1974



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 esta 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.

A mis padres con gran agradecimiento y
cariño, por su esfuerzo y sacrificio.

A mi esposa con amor y devocion

A mi Escuela, Maestros y Compañeros por
la cooperacion que recibí.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

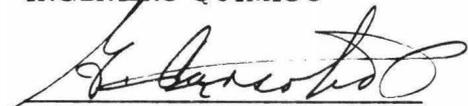
ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA LA INSTALACION
DE HORNOS INTERMITENTES CON ATMOSFERA INERTE -
PARA RECOCIDO DE ROLLOS DE LAMINA DE ALUMINIO -
EN SUS DIVERSAS ALEACIONES.

Sustentante: MANJARREZ AYALA GUILLERMO

Número de Cuenta: 561028

Carrera: INGENIERO QUIMICO

Asesor del Tema:


ING. GUILLERMO CARSOLO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA.

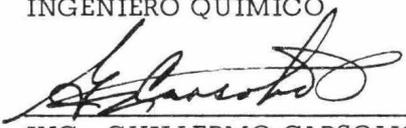
ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA LA INSTALACION
DE HORNOS INTERMITENTES CON ATMOSFERA INERTE -
PARA RECOCIDO DE ROLLOS DE LAMINA DE ALUMINIO -
EN SUS DIVERSAS ALEACIONES.

Sustentante: MANJARREZ AYALA GUILLERMO

Número de Cuenta: 561028

Carrera: INGENIERO QUIMICO

Asesor del Tema:


ING. GUILLERMO CARSOLO

C O N T E N I D O

	Pag.
INTRODUCCION.....	1
CONCLUSIONES.....	3
RECOMENDACIONES	5
GRAFICAS DE ALTERNATIVAS.....	7
COSTOS TOTALES.....	8
ANALISIS DEL ESTUDIO POR APENDICES.....	9
A.- DESCRIPCION COMPARATIVA ENTRE EL PRO- CESO ACTUAL Y EL PROPUESTO.....	11
B.- DIMENSIONADO DEL EQUIPO NECESARIO ...	33
C.- DEFINICION DE LAS CONDICIONES DE OPE- RACION DE LAS NUEVAS INSTALACIONES....	44
D.- DATOS ECONOMICOS Y RESULTADOS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	77

I.- I N T R O D U C C I O N .

Actualmente los requerimientos de acabados más limpios y brillantes en las láminas de aluminio usadas en litografía, arquitectura, en la industria de envases y envolturas, y en la industria en general, exigen materiales más depurados, que permitan acabados de superficie más perfectos. Esto a su vez, requiere materiales con ciertas características de acabado y composición

Estas demandas de la industria que en México, elabora productos de aluminio, demandan nuevos procesos de fabricación, para cumplir dichas exigencias, así como también, un abatimiento en los precios para mantenerse en competencia.

El proceso actual de recocido en horno abierto, necesita largos tiempos de operación y altas temperaturas, lo cual origina un alto costo de recocido, así como defectos en el acabado y la configuración cristalográfica, limitando el uso de los materiales de aluminio. En los procesos propuestos

en esta Tesis, los tiempos de recocidos son cortos y a bajas temperaturas, lo que ofrece una ventaja económica ya que los consumos de gas natural y energía eléctrica, se abaten considerablemente, además de que el recocido se efectúa en una atmosfera no oxidante, que produce materiales limpios y brillantes, pudiéndose recocer nuevas aleaciones, con alto contenido de magnesio, que se empiezan a usar en una forma más amplia en la industria. Todo lo anterior amerita una evaluación técnica y económica que conduzca a utilizar de estos sistemas el mas eficiente.

Se evalúan dos alternativas para acondicionar las instalaciones, siendo la diferencia básica, el modo de obtener la atmósfera inerte. Estas alternativas serán denominadas "A" y "B". La primera es a base de un generador de atmósfera inerte, con quemador de gas natural y la otra con gas nitrógeno embotellado, de alta pureza.

II.- CONCLUSIONES .

Según se detalla en los Apéndices (Punto VI del A al C), técnicamente es viable modificar las instalaciones actuales, para disponer de un proceso que permita el recocido de la lámina de aluminio, de manera que se obtenga un producto final, adecuado a las exigencias modernas de la industria. Esto es válido para las alternativas denominadas "A" y "B". La alternativa de sólo reparar las instalaciones actuales, no permitiría obtener un producto de la calidad deseada, con lo cual esta alternativa se descarta, pues sería invertir en un proceso obsoleto frente a las necesidades de calidad.

La capacidad de producción de las dos alternativas "A" y "B", es superior a la que se obtendría con la sola reparación de las actuales. En vista de la gran demanda del producto, esto es un atractivo más, pues se podría absorber el aumento de producción, para una mejor satisfacción del mercado. Dicha capacidad es de 4,500 Toneladas por año.

En el futuro se pueden ampliar fácilmente - las instalaciones propuestas con una mínima inversión - lo cual conduciría a absorber los costos fijos en un - mayor volumen y, por tanto, a reducir el costo total.

Económicamente, de las alternativas "A" y - "B", resulta más atractiva la "A" (recocido en atmós - fera inerte a base de un generador), con una inversión fija de \$ 422,000.00, un punto de equilibrio de 3437 - toneladas por año y una utilidad a capacidad de - - \$ 9'114,000.00 (antes de impuestos), comparadas con - los valores de la alternativa "B" (recocido en atmós - fera de nitrógeno) que son respectivamente: - - - - - \$ 310,000.00 de inversión fija, un punto de equilibrio de 15740 toneladas por año y pérdida neta dentro del - rango de capacidad de producción.

III.- RECOMENDACIONES .

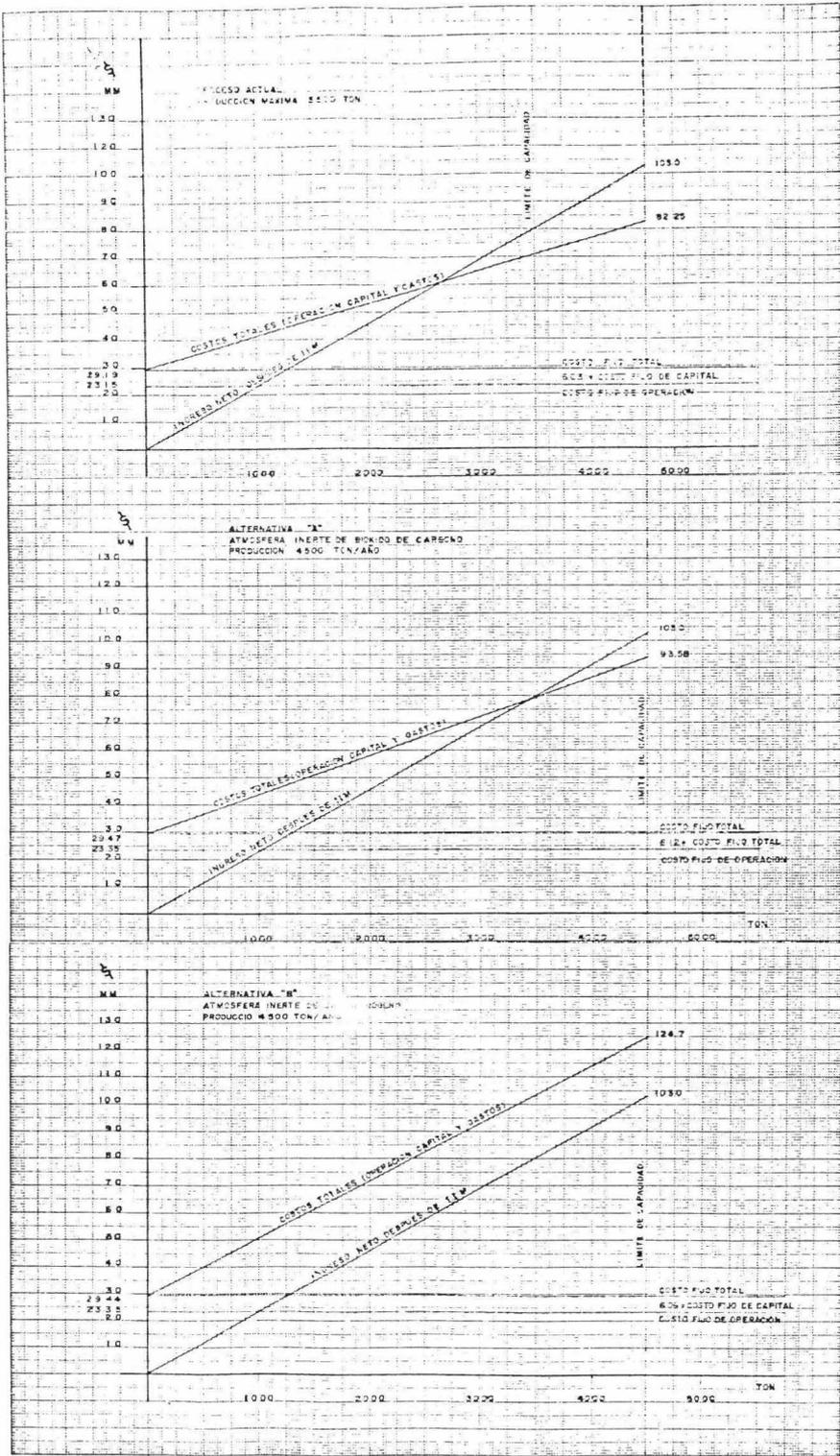
Por todo lo anteriormente mencionado, se -
recomienda modificar las instalaciones, mediante el -
acondicionamiento de los hornos y adquisición del - -
equipo necesario para generar la atmósfera inerte - -
con las siguientes ventajas.

- 1.- Mejoramiento en la calidad del material
recocido que tiene acabado brillante y -
limpio, con lo que se pueden recocer a -
leaciones de alto contenido de magnesio,
y material específico para cierto tipo -
de industrias litográficas.

- 2.- Aumento de 50% en la capacidad de recorrido en los hornos, cubriendo así futuras expansiones, con aumento de producción.

- 3.- Mejores resultados económicos que las alternativas restantes.

IV... COMPARACION GRAFICA DE ALTERNATIVAS



V.- C O S T O S T O T A L E S .

Alternativas

Costo variable de Operacion	9,123.00	10,795.00	17,500.00
Costo variable de Capital	69.33	69.33	69.33
Gastos	3,600.00	3,600.00	3,600.00
S u m a s	11,792.33	14,464.33	21,169.33
Nivel de Operación Toneladas por año	X 4,500	4,500	4,500
P r o d u c t o	53'065,485.00	65,089,485.00	95'261,985.00
Costo Fijo Total Anual	29'194,000.00	29'476,600.00	29'443,000.00
COSTO TOTAL ANUAL	\$ 82'259,485.00	94'566,085.00	124'704,985.00

VI.- A P E N D I C E S .

Los detalles técnicos se presentan en varios apéndices que son:

APENDICE "A".° " Descripción comparativa entre el proceso actual y el propuesto "

Este apéndice trata el proceso actual, explicando los pasos previos al recocido de rollos de lámina de aluminio, así como también porque es necesario un recocido. A la vez presentan los estudios previos realizados, para proponer el proceso nuevo a base de atmósfera controladas.

APENDEICE " B " .- "Dimensionado del horno y del generador de atmósfera inerte " .

En este apéndice, se dimensionan los equipos para establecer una carga fija de rollos de lámina de aluminio, así como el volumen del horno y determinar así la capacidad del generador.

APENDICE " C " .- " Definición de las condiciones de operación de las nuevas instalaciones".

En esta parte de la tesis, se establecen las

condiciones de operación de las nuevas instalaciones, - en cuanto a forma de operación, demanda de atmósfera - inerte, consumo de gas natural o gas nitrógeno, ins- - trumentación, etc.

APENDICE "D".- "Datos Económicos y Resulta - dos de las diferentes alternativas".

En este apéndice se presentan los datos ba - sicos y resultados de cada una de las tres alternati - vas, para destacar los elementos economicos principa - les que conducen a las conclusiones y recomendaciones - expuestas.

A P E N D I C E " A "

DESCRIPCION COMPARATIVA ENTRE EL
PROCESO ACTUAL Y EL PROPUESTO.

Proceso actual.- Actualmente se fabrican rollos de lámina de aluminio, generalmente de aleaciones no tratables térmicamente, que por sus propiedades características se prestan mejor, tanto para la fabricación como para su utilización.

La diferencia que existe entre las aleaciones de aluminio tratadas térmicamente y las no tratadas térmicamente, es la siguiente:

Aleaciones tratables térmicamente.- Son aquellas aleaciones en las que los distintos grados de resistencia, se obtienen por tratamientos térmicos o añejados naturales.

Aleaciones no tratables térmicamente.- Son aquellas aleaciones, en las que los distintos grados de resistencia mecánica, se obtienen por trabajo en frío sobre el material,

Una vez definidas las aleaciones con las cuales se fabrican los rollos de lámina de aluminio, diremos que la elaboración de estos rollos de lámina involucra varios procesos de fabricación, perfectamente delimitados que se mencionan a continuación:

- a).- Precalentado de lingote.
- b).- Laminación en caliente.
- c).- Laminación en frío.
- d).- Recocido.
- e).- Templado.

Se hará una descripción somera de estos procesos, para establecer la diferencia y relaciones que existen entre cada uno de estos procesos de fabricación y entre el sistema actual de hecho ya establecido y el propuesto.

a).- Precalentado.- El precalentado consiste en introducir los lingotes de aluminio en hornos y llevarlos de la temperatura ambiente, a la temperatura cercana a su punto de fusión, para homogeneizar la aleación, además de que a esa temperatura el material se hace más dúctil y se puede efectuar así una laminación en caliente.

b).- Laminación en caliente.- Este es un proceso que se efectúa como anteriormente se indicó, a una temperatura cercana al punto de fusión del aluminio y se parte de un lingote rectangular, cuyas dimensiones dependen de la capacidad de la maquinaria de que se dispone.

Estos lingotes se pasan alternativamente por entre los rodillos de un tren de laminación, los cuales en cada pase le dan un desbaste debido a la presión que estos ejercen sobre la superficie y esto ocasiona que el material refleje en cada pase una disminución en el espesor del lingote y un aumento en el largo del mismo.

Este proceso continúa hasta que el material se enfría y adquiere un cierto espesor, para continuar su elaboración. En este proceso es conveniente hacer notar, que la estructura cristalina del aluminio no es alterada, ya que solo se llevan a cabo desplazamientos de los cristales, debido al efecto suavizador, que le confiere la temperatura cercana a su punto de fusión.

c).- Laminación en frío.- En este proceso de laminación, se utilizan, un molino que consta de dos rodillos de trabajo y dos rodillos de presión, así como un enrollador de lámina, trabajando ambos en forma sincronizada, como se describe a continuación.

Por entre los rodillos de trabajo, pasa la placa de aluminio, soportando una cierta presión que le infieren éstos, lo cual hace que el espesor se vea reducido y la longitud se vea aumentada, ya que al frente del molino, al salir la hoja por entre los rodillos, ésta se enhebra en un enrollador el cual somete a la lámina a un esfuerzo de tensión, a la vez que la va enrollando sobre si mismo. Este proceso se repite varias veces, hasta que el material se endurece a tal grado que es ya difícil laminarlo.

El proceso combinado de presión y tensión se hace en un baño de aceite, quedando la superficie de la lámina, totalmente impregnada desde el principio de la laminación hasta la terminación de la misma. El efecto que producen las tensiones y presiones en la estructura cristalina del material, es una deformación y ruptura de la misma, destrozando en tal forma los cristales, que resultan cristales elongados o de tipo fibroso. Esto afecta notablemente las propiedades mecánicas del material, elevándose su esfuerzo de ruptura, dureza superficial y aumento de su punto cedente, así como una disminución en el por ciento de elongación.

Estas variaciones mencionadas en las propiedades mecánicas del aluminio, algunas son proporciona

les a la cantidad de trabajo aplicado al material, durante el proceso de laminación en frío, como lo son el esfuerzo de ruptura, dureza superficial, punto cedente y otras, son inversamente proporcionales como lo es la variación de la elongación.

El conjunto de propiedades mecánicas antes mencionadas que presenta un metal en determinado momento se denomina "Temple". Así pues, temple es una condición que se obtiene por el tratamiento mecánico sobre el material y que le imparte estructura y propiedades mecánicas características.

Al igual que los otros metales, el aluminio se endurece y aumenta su resistencia mecánica cuando se le trabaja en frío.

En la gráfica anexa (Gráfica # 1), se ilustra el efecto que produce el trabajo en frío en las propiedades mecánicas de una aleación típica no tratada térmicamente, como lo es la aleación 3003 (Denominación de la Aluminum Association).

GRAFICA DE ELONGACION, ESFUERZO CEDENTE
Y ULTIMO DE LA ALEACION
ALUMINIO 3003 .

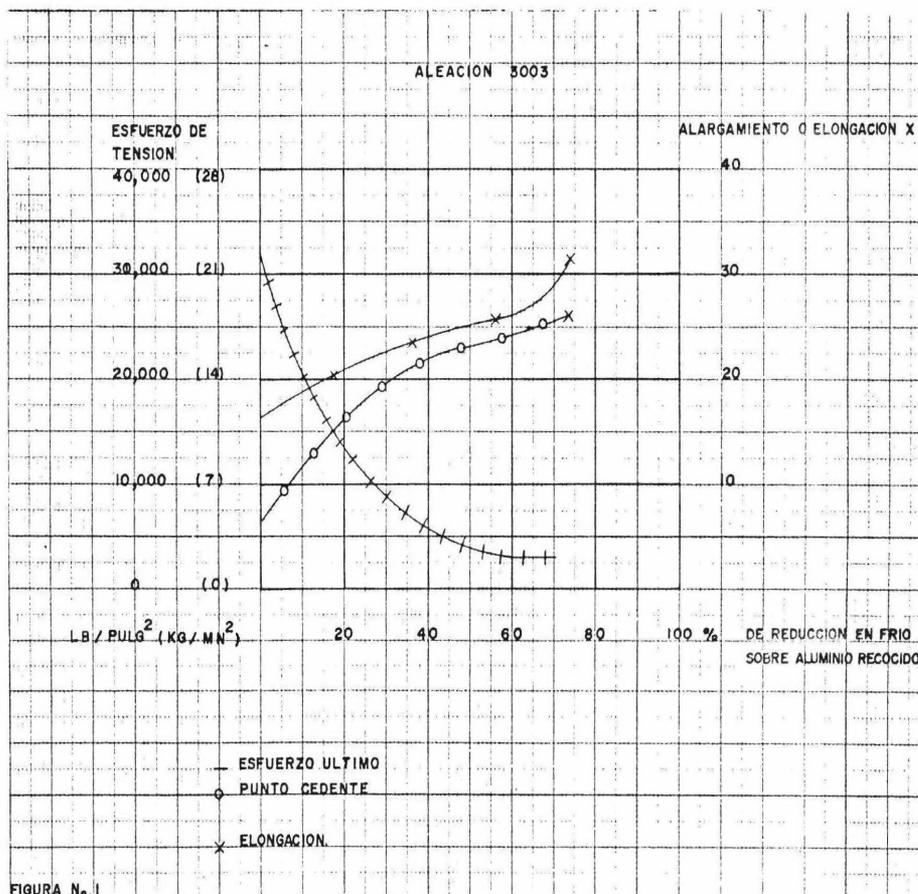


FIGURA No. 1

Ahora bien, cuando al material se le aplica tal cantidad de trabajo, se vuelve muy difícil de laminar, ya que su estructura se ha deformado en tal modo que su dureza superficial se ha elevado considerablemente, volviéndose resistente a la presión y adquiriendo una gran resistencia a la tensión. Para eliminar estos factores, se procede a darle al material un tratamiento térmico para así poder seguir trabajándolo al darle características de un temple "C" ó sea totalmente blando.

d).- Recocido.- En este proceso, los cristales de la lámina de aluminio que han sufrido rompimientos y acomodos bruscos por la laminación en frío, se recristalizan por el efecto de la temperatura.

e).- Recristalización.- El trabajo en frío de cualquier metal, en este caso el aluminio, es realizado por medio de rodillos y en este paso, es donde se rompen los granos cristalinos de estructura atómica regular en un número mayor de pequeños cristales y fragmentos.

Al mismo tiempo el número de planos de fácil deslizamiento o acomodo, se ven disminuidos al igual que la resistencia a la plasticidad del metal, por la

crecimiento de esfuerzos, en estas condiciones se dice que el material está endurecido o templado, ya que está mas duro y resistente que antes.

Teniendo el metal en las condiciones anteriormente mencionadas, es difícil aplicarle trabajo en frío, pero si ahora se calienta por encima de una cierta temperatura, empieza una distorción de los granos endurecidos, por decirlo así y son gradualmente reemplazados a su estado natural, es decir a granos sin distorción, - tomando su estructura atómica natural y regular.

Este proceso es conocido como recristalización y esto continúa hasta que toda la estructura peculiar del trabajo en frío sea reemplazada por granos en su estado original sin distorción, generalmente esto - empieza a aparecer en las zonas en que el material ha - sido más fuertemente trabajado.

El rango de temperatura sobre el cual tiene lugar la recristalización, no es una propiedad estricta de una aleación ya que depende de las condiciones de - producción y del modo de calentamiento, pero podemos - decir que las aleaciones fraguadas no tratadas térmicamente pueden eliminarse los efectos del trabajo en frío calentando a 350°C., pero para algunas aleaciones son - necesarios 400°C.

Por lo general solo se necesita llevar el metal a la temperatura de 350 - 375°C., el tiempo suficiente para que todas las partes tengan la temperatura adecuada para efectuar su recristalización.

Consideramos que el tiempo razonable y suficiente para que el metal que se cargue al horno alcance su pleno recocido, es de una hora a temperaturas entre 350 - 375°C. El régimen de enfriamiento no es de mucha importancia a menos que se trate de aleaciones especiales y se especifique.

Los recocidos que se efectuán actualmente, no están dentro de las normas señaladas anteriormente, ya que se eleva la temperatura de los rollos de aluminio hasta 400 - 410°C., lo cual llega en ocasiones frecuentes a formar una recristalización irregular en el material llamado comunmente "Grano gigante", que son cristales macroscópicos, que en algunos casos se observan a simple vista.

Esta elevación de temperatura en el recocido se debe a que solo así se elimina la mancha café que produce el aceite de laminación, ya que no siempre se lavan los rollos de aluminio con tricloro etileno por lo elevado del costo.

Otro factor adverso al proceso de recocidos actual es que el tiempo de permanencia dentro del horno es demasiado largo, ya que oscila entre 6 y 8 horas y en ocasiones más tiempo, si los rollos tienen manchas cafés apreciables al cabo de ese lapso.

Todos los factores mencionados anteriormente, ven en detrimento de la calidad del producto final, ya que su brillantez y acabado final se ven desmerecidos, principalmente en aleaciones con alto contenido de magnesio.

Templado.- Una vez recocido el material, será producto terminado si se requiere Temple "0" o sea el más blando, En caso de que se requiera un temple más duro se hará un último desbaste para llegar al espesor deseado y por lo mismo al temple requerido.

Proceso Propuesto.- En el proceso propuesto los pasos para fabricar rollos de lámina de aluminio no se ven alterados en lo más mínimo, excepto en el proceso de recocido, en el cual se alteran las condiciones, para obtener un mejor acabado y hacer aptas las instalaciones, para recocer aleaciones de aluminio especiales, que requiere la industria de México. En base a lo anterior, se detalla a continuación el sistema propuesto de recocido en hornos de atmósfera controlada:

A.- Objetivos:

- Acabado limpio y brillante en la superficie de la lámina de aluminio.
- Evitar pérdidas de producción por generación de grano gigante.
- Evitar pérdidas de producción por manchado de aceite al recocer (debido a la pirólisis del mismo sobre la superficie del aluminio).
- Evitar el lavado de los rollos de lámina de aluminio, con tricloro etileno, ya que este proceso es de costo elevado y requiere gran cantidad de mano de obra.

B.- Detalles sobre el recocido de lámina de aluminio en hornos de atmósfera controlada.

Para obtener los objetivos mencionados anteriormente, es necesario hacer el recocido en una atmósfera exenta de oxígeno, para evitar la pirólisis del aceite de laminación, del que viene impregnado el rollo de lámina de aluminio, así como para evitar la oxidación

de la superficie de aluminio evitando así las manchas - y el acabado opaco, obteniéndose una superficie blanca y brillante.

Otra gran ventaja que presenta este sistema, - es que como no es necesario en este tipo de atmósfera - elevar la temperatura demasiado para calcinar el aceite de laminación, porque éste se pierde por simple evapo - ración, evita los manchados y reduce a cero las posibi - lidades de obtener "Grano Gigante".

Los medios que se pueden usar para tener la - atmósfera inerte, pueden ser por medio de un generador - de atmósfera inerte o por medio de nitrógeno embotella - do.

El generador de atmósfera inerte, consiste de - un quemador de gas natural, en una recámara de combus - tión donde entre aire y gas natural, debidamente balan - ceados, para producir bióxido de carbono a más del nitró - geno, que como es sabido en el aire se encuentra a razón del 79%, que está inerte antes y después de la combus - tión.

Se considera la siguiente reacción básica en - la recámara del generador de gas inerte.



Como en el aire existe el nitrógeno y no participa en la reacción, se desprende que básicamente tendremos una mezcla de bióxido de carbono, agua y nitrógeno, lo cual es muy aceptable para nuestros propósitos.

La otra alternativa mencionada, es usar (gas nitrógeno embotellado,) para lo cual es necesario la instalación de un tanque estacionario, para almacenar el nitrógeno que lo pueden surtir por medio de gasoducto o carro tanque.

Este gas nitrógeno tiene una pureza de 99%, ya que su obtención es a base de una destilación fraccionada del aire líquido.

Los requerimientos de equipo son mínimos, ya que solo es necesario el tanque estacionario y la válvula reguladora. Así pues un balance económico y otro de viabilidad técnica demostrará que medio se puede usar para obtener el gas inerte.

Para determinar las condiciones de operación y límites de temperatura así como tiempos de retención a las diferentes temperaturas, en que se puede recocer el material de aluminio ya laminado, se efectuaron varias pruebas de laboratorio para así tener una base --

solida sobre la cual evitar los diferentes problemas - que se desean eliminar con este nuevo proceso.

La explicación de las pruebas efectuadas sobre los defectos mencionados anteriormente como lo son el (manchado café, /grano gigante) y una prueba que no es propiamente un defecto sino que se hace para determinar a qué temperatura en el lapso de una hora se ablanda el aluminio después de haber sido trabajado en frío, se detallan a continuación:

Manchado Café.- Manchado café de un aceite - en un metal, se define, como la propiedad que tienen - los aceites de manchar los metales, en este caso el aluminio, como consecuencia de la polimerización, que se - efectúa por descomposición térmica del aceite en la superficie de la lámina de aluminio.

Se hicieron pruebas para determinar los límites y efectos del manchado café en el aluminio, según - técnica de "Journal of Institute of Metals". El material empleado para esta prueba es:

Mufla eléctrica con capacidad hasta 700°C.

Aceite problema (aceite de laminación en frío)

Laminillas de aluminio (discos y cintas)

Latas de aluminio de 5 cms. de diámetro por -

4 cm. de altura.

Técnica.- En la lata de aluminio, previamente limpia y desengrasada, se le coloca en su interior la cinta de aluminio también desengrasada y limpia y se le agregan 3 gotas de aceite a la cinta en cuestión y se tapa la lata con un cuadro de aluminio de modo que quedan adherido al borde y se le hacen tres orificios. Una vez preparado lo anterior, se mete a la mufla y se hace variar la temperatura a un tiempo constante y se obtienen los resultados, según la siguiente tabla comparativa:

Clasificación de resultados:

- 0.- Nada de mancha.
- 1.- Amarillo claro brillante
café claro mate, con pequeñas regiones irizadas
- 2.- Café claro brillante con manchas rojizas
café plateado con manchas irizadas.
café claro con manchas café oscuro o amarillentas.
- 3.- Amarillo rojizo
Dorado rojizo claro
Café cobrizado mate
Violeta claro
Morado claro
Bronceado mate.

4.- Café rojizo

Sepia claro

Parduzco claro con regiones irizadas

Magenta morado

5.- Café violáceo

Verde violáceo

Café dorado

Café oscuro mate

El resultado, se da como un número formado -
con los dígitos anteriores, colocando primeramente el -
que corresponde a la tapa, luego al de la cinta lateral -
y el final al del disco del fondo.

Exactitud del procedimiento.- La exactitud -
del procedimiento depende de la habilidad del laborato -
rista al comparar el manchado del aceite problema, con -
los manchados fijados como tipo.

Es recomendable tener tipos de manchados de -
aceites limpios y de preparación reciente, debido a que -
el tiempo de reposo cambia gradualmente la intensidad -
del manchado. A continuación presentamos dos pruebas -
efectuadas con la técnica anterior, siendo constantes -
el tiempo y variando la temperatura.

Resultados:

- Tiempo constante de una hora para cada prueba
- Primera prueba a temperatura de 350°C.
Manchado 5-4-5 (ver clasificación anterior)
- Segunda prueba a temperatura de 400°C.
Manchado 1-1-2 (ver clasificación anterior)
- Tercera prueba a temperatura de 450°C.
manchado 0-0-0 (ver clasificación anterior)

Conclusiones:

Es necesario elevar la temperatura hasta 450°C. para poder obtener una superficie limpia de manchas de aceite.

Ahora, repetiremos las mismas pruebas anteriores, solo que en una atmósfera inerte no oxidante, lo cual lo conseguimos con una inyección de gas nitrógeno embotellado, la cual se conecta por medio de una manguera al interior de la mufla y de ahí al interior de la lata de prueba por medio de un tubito de acero inoxidable.

El gas nitrógeno está entrando constantemente al interior de la mufla y a la lata de prueba, con lo cual se consigue desalojar en poco tiempo y en forma constante, el oxígeno presente en el aire y que en un

principio se encuentra en la mufla, después solo manteniéndose una cierta presión en el interior de la mufla, evitamos la entrada de aire y consecuentemente la de oxígeno.

Resultados:

- Primera prueba a temperatura de 300°C.
Manchado 0-0-0 (ver clasificación anterior)
- Segunda prueba a temperatura de 450°C.
Manchado 0-0-0 (ver clasificación anterior)
- Tercera prueba a temperatura de 400°C.
Manchado 0-0-0 (ver clasificación anterior)

Conclusiones:

Es posible recocer lámina de aluminio a 300°C. sin tener manchado café, siempre y cuando sea en atmósfera inerte.

Grano Gigante.- Grano gigante es una forma de recristalización anómala en la cual los cristales son de mayor tamaño que los normalmente presentes en la estructura cristalina del aluminio.

Para determinar los límites de los factores, que ocasionan el grano gigante presentamos a continuación, 4 pruebas efectuadas a muestras tomadas de una misma pieza de aluminio.

La prueba consiste en trabajar en frío el aluminio, al mismo espesor al que se desbasta en producción normal y recocerlo después a diferentes temperaturas y posteriormente observar su estructura al microscopio, después de haber limpiado su superficie con una mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico.

La prueba se hace variando las temperaturas y dando un tiempo constante de una hora, a esa temperatura en la mufla del laboratorio.

Resultados:

- Primera prueba a temperatura constante de 350°C. durante una hora.

Se aprecian al microscopio granos finos y de normal configuración, así como homogeneidad en su superficie.

A simple vista no se aprecia nada anormal.

- Segunda prueba a temperatura constante de 375°C., durante una hora.

Se obtienen las mismas características que la prueba anterior.

- Tercera prueba a temperatura constante de 400°C.

Se aprecian al microscopio, granos grandes de normales configuraciones pero no se aprecia homogeneidad en el tamaño.

A simple vista se nota ligeramente granuloso el material.

- Cuarta prueba a temperatura constante de 450°C. durante una hora.

Se aprecian al microscopio granos sumamente grandes y esporádicos con cierta continuidad, llamado comunmente grano gigante.

A simple vista se observan los cristales gigantes.

Conclusión:

Se nota, de las pruebas mencionadas anteriormente, que entre 350 y 375°C., se obtiene un grano fino, pero ya a 400°C., aunque la apariencia superficial a simple vista es normal al microscopio ya se observan granos grandes, pero a 450°C., ya se presenta en forma franca el grano gigante.

Así pues tenemos que el rango de temperaturas más aceptable en una hora para recocer el material es entre 350°C. y 375°C., sin el peligro de formación del grano gigante.

Temple.- Otra condición necesaria para obtener un buen recocado, es que el material que se ha sometido a un trabajo en frío, queda completamente duro, y al recocerlo deberá quedar completamente blando.

Diremos pues que existen tres grados de dureza, aparte del totalmente blando, y estos son:

Completamente duro cuya denominación es:	H-18
Tres cuartos de duro cuya denominación es:	H-16
Medio duro cuya denominación es:	H-14
Completamente suave (recocido):	0

Estos temple se encuentran definidos por las propiedades mecánicas del material y que son típicas a cada temple y a cada aleación, estas propiedades mecánicas típicas son:

Elongación (en por ciento)

Punto cedente.

Dureza superficial

Para determinar los límites de temperatura a los cuales se puede obtener un material bien recocido, partiremos de varias laminillas en temple H-18 o sea -- previamente trabajadas en frío y las calentaremos en la mufla a diferentes temperaturas durante un tiempo constante de una hora, y una vez frías se les toman sus propiedades mecánicas.

Resultados:

- Primera prueba a 325°C.

Temple H-12

Vista al microscopio presenta falta de -

na.

- Segunda prueba a 350°C.

Temple 0

Vista al microscopio presenta grano fino y uniformidad en su configuración.

- Tercera prueba a 375°C.

Temple 0 y mismos resultados que la anterior prueba.

Conclusiones:

De las pruebas anteriores, se deduce que la temperatura mínima en la cual se puede obtener un buen recocido es de 350°C.

CONCLUSIONES FINALES:

En este nuevo sistema propuesto, y a partir de las pruebas mencionadas anteriormente, se deduce que las nuevas instalaciones deberán trabajar bajo las siguientes condiciones para obtener un buen recocido del material con los objetivos que anteriormente se mencionaron son:

Condiciones óptimas de trabajo:

Temperatura - En un rango de 350 a 375°C

Tiempo a esa temperatura - Una hora

Ambiente - Atmósfera exenta de oxígeno.

Proceso Propuesto.- Así pues basándonos en estas experiencias, proponemos un sistema de recocido en hornos de atmósfera controlada, pudiéndose llevar esto a cabo, mediante un estudio técnico económico, para ver cual de las siguientes alternativas es más apta para el recocido.

Alternativa A.- Recocido con atmósfera inerte obtenida a partir de gas natural.

Alternativa B.- Recocido con atmósfera inerte obtenida con nitrógeno embotellado

A P E N D I C E " B "

DIMENSIONADO DEL EQUIPO NECESARIO.

Dimensionado del horno.- Para el dimensionado del horno, tomaremos en cuenta la capacidad de la maquinaria actual, para fabricar, cargar y transportar los rollos de aluminio al horno. Actualmente los rollos de aluminio son de 1. m. de diámetro y 1.30 m. de largo, con un peso aproximado de 800 a 900 Kg. Estos se acomodan en unas mesas rectangulares de 2.50 m. de ancho por 4.50 m. de largo, en las cuales se colocan dos rollos de las dimensiones antes mencionadas en la superficie de la mesa sobre unos soportes instalados para tal efecto, y uno más en el medio y encima de los primeros.

En estas mesas es posible acomodar tres de estas cargas, una detras de otra colocadas en la misma forma, lo que viene haciendo un total de nueve rollos con peso aproximado de 8,000 Kg.

Las mesas son cargadas fuera del horno y posteriormente se deslizan al interior por medio de un soporte continuo, de bolas de hierro que ruedan sobre canales también de hierro, la fuerza necesaria para efec

tuar este movimiento, lo proporciona un impulsor que puede introducir o extraer la mesa según sea necesario.

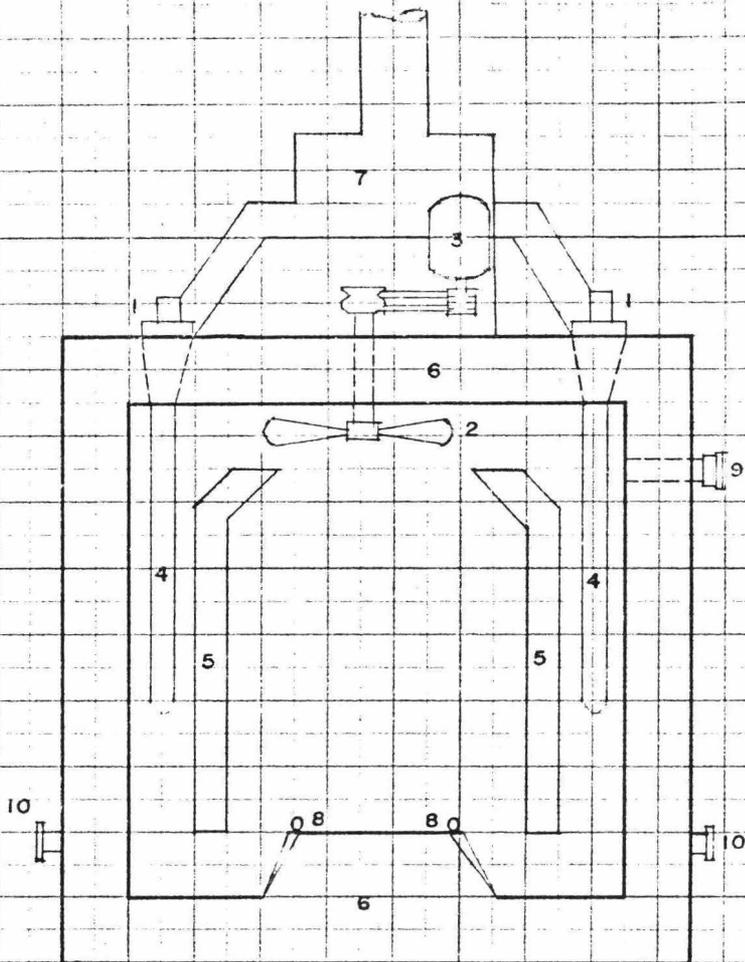
El horno deberá ser de tal dimensión y capacidad que pueda alojar y calentar la carga mencionada en párrafos anteriores. Los hornos normalmente empleados para estos fines constan de un cuerpo de tabiques refractarios, forrado por la parte exterior con una coraza de placa de hierro, armados con viguetas de tipo H, interiormente tienen un recubierto de lámina de acero inoxidable. El interior del horno consta de dos mamparas paralelas a las paredes laterales construidas de tabique refractario y lámina de acero inoxidable y entre las mamparas y las paredes se colocan tubos radiantes, que son calentados por gas natural.

En la parte superior del interior del horno, se encuentran dos ventiladores para forzar la circulación de la atmósfera en el interior del horno y facilitar así la trasmisión de calor por convección a los rollos de aluminio.

En la figura se ven las dimensiones que deberá tener el horno y éste deberá ser de tipo hermético para evitar la introducción de aire así como de fugas de la atmósfera inerte.

Dimensionado del generador de gas inerte.- El-

CORTE ESQUEMATICO DEL HORNO MODIFICADO.



- 1. _ QUEMADOR DE GAS
- 2. _ VENTILADOR
- 3. _ MOTOR
- 4. _ TUBOS U DE CALEFACCION
- 5. _ MAMPARAS
- 6. _ CUERPO DE TABIQUE REFRACTARIO
- 7. _ TIRO DE LA CHIMENEA
- 8. _ CARRILES DE BALAS DESLIZANTES
- 9. _ VALVULA DE ALIVIO TIPO CHECK
- 10. _ ENTRADA DE GAS INERTE

generador de gas inerte, que funciona básicamente como un quemador de gas natural con oxígeno del aire produciendo bióxido de carbono y arrastrando en su combustión el nitrógeno del aire que es también un gas inerte y que pasa inalterable en la combustión.

Para determinar la capacidad del generador, habrá que tomar en cuenta, que el gas inerte producido, tendrá que desplazar el volumen del aire presente en el interior del horno, menos el volumen de la carga en un tiempo razonable, de tal modo que se elimine el oxígeno del interior del horno, hasta una proporción menor a 0.2% del oxígeno residual.

Procederá entonces primeramente a calcular el volumen del horno menos el volumen de la carga, por tanto tenemos:

Cálculo del volumen del horno:

Dimensiones:	Ancho -	3 m.	-	a
	Largo -	4 m.	-	L
	Altura-	3 m.	-	h

Volumen = aLh = 3x4x3 = 36 m³.

Cálculo del volumen de los rollos:

Dimensiones: Radio - 0.5 m. - r

Largo - 1.30 m. - L

No.de rollos - 9 - n

Volumen = $r^2L = 3.1416 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.30 = 1.02 \text{ m}^3$.

Volumen total = $n \times 1.02 = 9 \times 1.02 = 9.18 \text{ m}^3$.

Los volúmenes de las mamparas y tubos radian -
tes así como los tubos donde se enrollan las hojas de -
aluminio se considerarán despreciables.

Consecuentemente el volumen por desalojar será:

$V_f = \text{Volumen del horno} - \text{volumen de la carga}$

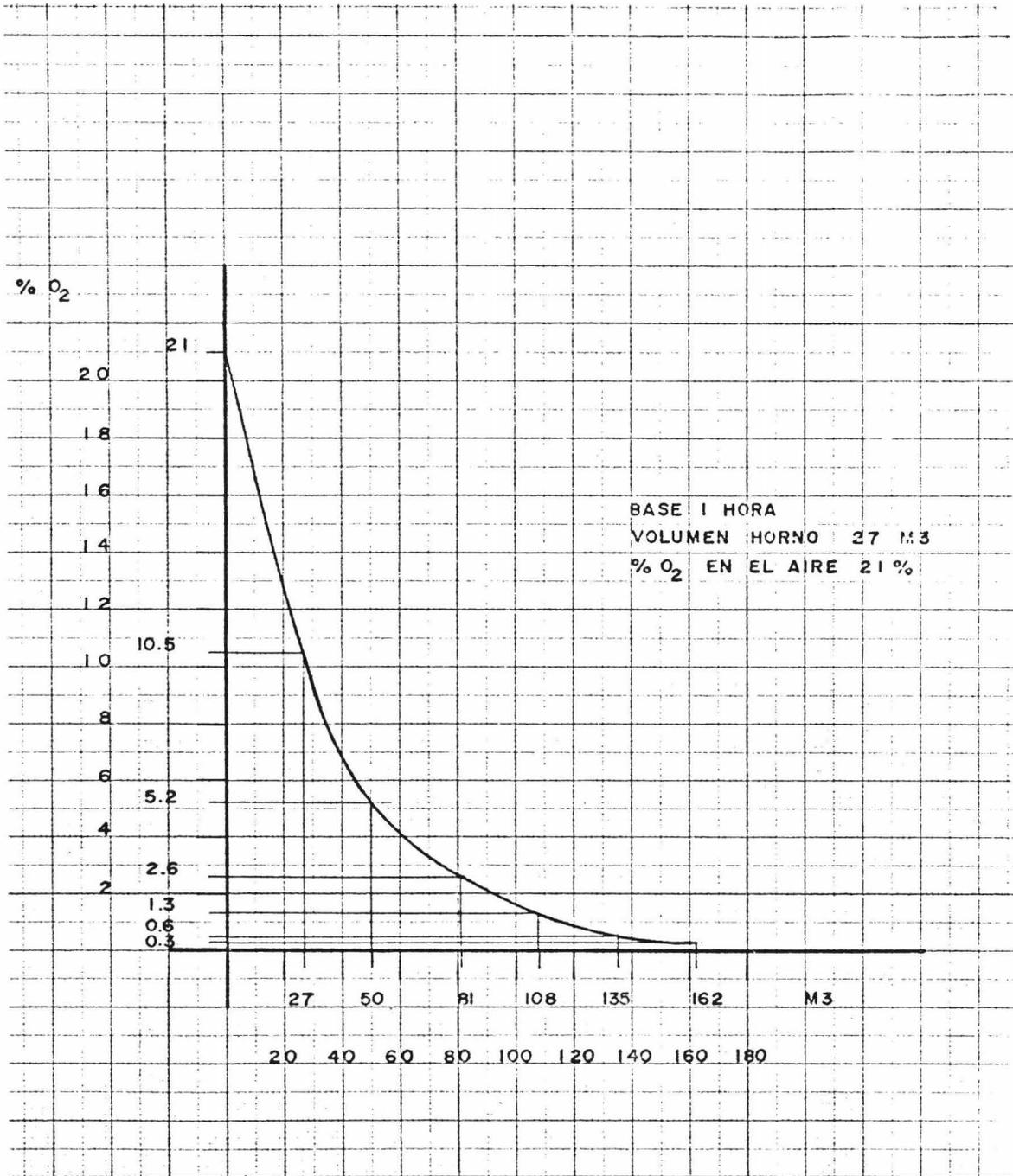
$= 36 - 9.18 = 26.8 \text{ m}^3$. o sea aproximada--

mente 27 m³.

Una vez calculado el volumen del horno, tene -
mos que ese volumen deberá de ser desplazado en una hora,
para eliminar el oxígeno del aire, que se encuentra en -
el interior del horno.

Para realizar esta operación, que se llamará -
purga del horno, se procederá primeramente a cerrar - -
herméticamente el horno dejando libre solamente una vál-
vula tipo Check, que solo permite la salida de gases --
del horno a determinada presión, superior a la atmosfé -
rica.

CONCENTRACION ESPERADA DE OXIGENO EN EL HORNO.



Tomando en cuenta que el volumen de aire dentro del horno es de 27 m³. de los cuales el 21% es de oxígeno libre, tendremos que suministrar al generador de atmósfera inerte el volumen del horno o sea 27 m³. el contenido de oxígeno baja a la mitad y así sucesivamente, hasta llegar al nivel mínimo recomendable de 0.3% de oxígeno residual.

Para determinar la cantidad de gas inerte necesaria en una hora, recurrimos a la gráfica de Volumen de gas inerte suministrado contra el % de oxígeno en el horno, la cual nos da una idea lo más aproximadamente posible para determinar la capacidad del generador.

Esta gráfica se hace sobre la base de una hora de purga y operación constante del generador.

De la gráfica resulta que la capacidad del generador deberá ser de 162 m³/hr. de gas inerte o sea de 5785 pies³/hr. dado que la capacidad de los generadores está especificada en estas últimas unidades y que el más inmediato es de 6000 pies³/hr. se tomará este para los cálculos siguientes:

Dimensionado del tanque almacenador de gas nitrógeno.- Las compañías fabricantes del gas nitrógeno, obtienen este gas por medio de una destilación fraccionada del aire líquido, obteniendo purezas bastante buenas de un 98 a 99.5 %.

Para el suministro del nitrógeno hay la facilidad de instalar un gasoducto de una de estas compañías hasta nuestra planta, por lo cual la inversión requerida será solamente de un tanque almacenador de nitrógeno, para que de ahí sea tomado este gas para los hornos.

Por la información proporcionada por la compañía expendedora de nitrógeno, el volumen que nos puede surtir es para un tanque de 5 m³. de nitrógeno líquido.

Para saber qué cantidad de gas nitrógeno a temperatura y presión ambiente tenemos:

Densidad del nitrógeno líquido.

a - 197.5°C y 300 psig. (Condiciones de entrega 8.1 Kg/lt.

Peso molecular del Nitrógeno 28.016

Calculo del peso en Kg. del nitrógeno en el tanque de almacenamiento a su máxima capacidad.

Peso = 5000 lt. x 0.91 Kg/lt.=4050 Kg. de Nitrogeno.

Cálculo de los Kg-mol de nitrógeno

$4050 \text{ Kg.} / 28.016 = 142 \text{ Kg.-mol.}$

Volumen a condiciones standard

1 Kg-mol.= 22.414 m³. por lo tanto:

$142 \text{ Kg.-mol.} \times 22.414 \text{ m}^3./\text{kg.-mol} = 3183 \text{ m}^3.$

Ahora partiendo de las condiciones standard o sean 760 mm. de mercurio y 0°C. de presión y temperatura respectivamente, hacemos las correcciones necesarias de presión y temperatura para determinar el volumen a las condiciones ambientes en que se efectuara la purga del horno.

Formula:

$$V_2 = V_1 (P_1/P_2) (T_2/T_1)$$

V_1 = Volumen en condiciones standard (3183 m³)

P_1 = Presión standard 760 mm. de Hg.

T_1 = Temperatura standard 0°C. (273° K)

V_2 = Volumen a condiciones ambientes de presión y temperatura.

P_2 = Presión ambiente en la Ciudad de México - 586 mm. de Hg.

T_2 = Temperatura ambiente (20°C) (293°K)

Sustitución de valores:

$$V_2 = 3183 (760/586) (293/273) = 4138 \text{ m}^3.$$

Por lo tanto, concluimos que el tanque almacenador, es suficiente para las necesidades de operación.

Cálculo del tanque almacenador.- Este tanque deberá ser cilindrico vertical con tapas toriesféricas construido en lámina de acero al carbón con válvula reguladora de presión a la salida.

El tanque deberá tener una capacidad para -
5000 lt. y estar diseñado para una presión de 350 psig.

Dimensiones del tanque:

D = Diámetro = 152 cms. (60 pulg.)

R = Radio = 76 cms. (30 pulg.)

h = Altura del lado recto = 274 cm. (108 pulg.)
= 152 cm. (60 pulg.)

Cálculo del espesor de la placa del cuerpo -
del tanque:

Formula:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

Donde:

t = Espesor mínimo de placa (pulg.)

P = Presión máxima permisible (psi.)

R = Radio del cuerpo del tanque (pulg.)

S = Esfuerzo permisible para lámina de acero
al carbón expresada en psi. igual a 13,750

E = Eficiencia de junta en por ciento (80%)

Sustitución de valores:

$$t = \frac{(350)(30)}{13750(0.8) - 0.6(350)} = 0.980 \text{ pulg.}$$

Tomando en cuenta que la medida comercial inmediata superior es 1 pulg. tendremos pues esa medida de espesor para el cuerpo del tanque.

Cálculo del espesor de la placa de las tapas.

Fórmula:

$$t = \frac{0.885 PL}{SE - 0.1 P}$$

Donde:

t = espesor mínimo de placa (pulg.)

P = presión máxima permisible (psi.)

L = radio de curvatura de la tapa toriesferica para un diametro de tanque de 60 pulg.

S = Esfuerzo permisible para lámina de acero al carbón 13750 psi.

E = eficiencia de juntas en por ciento (80%)

Sustitución de valores:

$$t = \frac{0.885 (350) (60)}{13750 (0.8) - 0.1 (350)} = 1.350 \text{ pulg.}$$

Consideraremos placa de 1 3/8 pulg. que es la medida comercial inmediata superior.

Para efectos de cálculo de costos, calcularemos en este capítulo el peso del tanque:

Tomando en cuenta que en los cálculos se ha usado el sistema inglés, daremos los pesos por pie cuadrado de lámina de acero al carbón en las medidas que se han determinado con anterioridad.

Cálculo del peso del tanque:

Fórmula para determinar el peso del cuerpo cilíndrico del tanque:

$$\text{Peso del cuerpo} = \pi(D) (h) (d)$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

D = diámetro en pies del cilindro

h = altura del lado recto del tanque en pies

d = peso en lb. de cada pie cuadrado de placa de 1 pulg. de acero al carbón (40.8 lb/pie²)

Sustitución de valores:

$$\text{Peso del cuerpo} = 3.1416 (5)(9)(40.8) = 5800 \text{ lb.} = 2636 \text{ Kg.}$$

Formula para determinar el peso de cada una de las tapas:

$$\text{Peso de las tapas} = \pi(R^2) (d)(2)$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

R' = Radio de la tapa extendida en pies.

d = peso en lb. de cada pie cuadrado de placa de $1\frac{3}{8}$ de pulg. de espesor de lámina de acero al carbón (56.1 lb/pie^2).

Sustitución de valores:

Peso de las tapas = $3.1416 (3)(3)(56.1)(2) = 3160\text{ lb} = 1436\text{ Kg.}$

Peso del tanque = $1436 + 2636 = 4072\text{ Kg.}$

Este tanque está soportado por 4 patas hechas de canal de fierro estructural de 8 pulg. tipo "U" de un metro de alto. El peso de cada pata es de 17.11 Kg.- ya que ese es el peso de cada metro de canal de ese tipo.

Peso total del tanque = $4072 + 17.11(4) = 4140\text{ Kg.}$

A P E N D I C E " C "

DEFINICION DE LAS CONDICIONES DE OPERACION
DE LAS NUEVAS INSTALACIONES.

1.- Definición de las condiciones de operación del generador de atmósfera inerte, así como la determinación de los consumos de gas natural.

Como se mencionó anteriormente, el generador de atmósfera inerte, básicamente es un quemador de gas natural, el cual se encuentra debidamente carburado, para evitar exceso de oxígeno en la combustión y así poder usar sus gases resultantes, los cuales estarán exentos de oxígeno libre.

El generador de atmósfera inerte es un quemador de gas natural, formado por una línea de este gas y otra línea de un dosificador de aire, los cuales se unen antes de la entrada a la boquilla del quemador en un tubo tipo Ventury para obtener un efectivo mezclado y uniformidad en el flujo de la mezcla gas-aire. La regulación de las cantidades de gas, se hace por medio de presión diferencial y estas presiones se calibran por medio de un analizador de gases a la salida del generador. -

Cuando el análisis obtenido a la salida es el deseado, se fijan las presiones de cada línea y así se carbura el generador de atmósfera inerte.

El encendido de la mezcla gas-aire que entra a la cámara de combustión, se hace por medio de una bujía formada por dos electrodos, entre los cuales salta continuamente una chispa eléctrica. Una vez encendido el generador, los gases resultantes de la flama que se encuentra siempre presente en la cámara de combustión, pasan a través de unos anillos Rashing, y de ahí al horno. En la parte inferior del generador existe un sello de agua, para amortiguar falsas explosiones y eliminar la humedad resultante de la combustión.

Los gases resultantes del generador, están formados básicamente por una mezcla de Nitrógeno, bióxido de carbono, monóxido de carbono y algo de hidrógeno y gas metano, lo cual nos indica que los constituyentes no son oxidantes y que por lo tanto son ideales para los fines que se persiguen.

Calcularemos ahora la demanda de gas natural para nuestros posteriores balances económicos.

Análisis considerado para este estudio del aire ambiente que se utilizará en la combustión:

Oxígeno	21%
Nitrógeno	79%

Se consideran despreciables los demás componentes.

Análisis considerado para la composición del gas natural suministrado por Petroleos Mexicanos por medio de gasoducto a la planta.

Constituyente	Por ciento en Volumen
Metano	92.446
Etano	6.304
Propano	0.989
Butano	0.037
Pentano	0.010
Bióxido de Carbono	0.214

Cálculo de la cantidad necesaria de oxígeno para reaccionar con cada uno de los hidrocarburos componentes del gas natural.

La cantidad de oxígeno necesaria para quemarse con el gas natural se puede calcular cuando se conoce la composición del gas combustible y sus reacciones químicas con el oxígeno, partiendo de esto se procederá a determinar la cantidad de oxígeno necesaria para cada componente del gas natural, a partir de sus reacciones químicas.

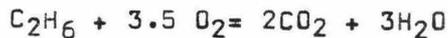
Reacciones químicas:

a).- Metano con oxígeno.



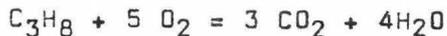
Cantidad necesaria de oxígeno = 2 volúmenes

b).- Etano con oxígeno



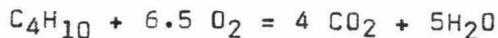
Cantidad necesaria de oxígeno = 3.5 volúmenes

c).- Propano con oxígeno.



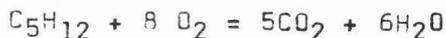
Cantidad necesaria de oxígeno = 5 volúmenes.

d).- Butano con oxígeno.



Cantidad necesaria de oxígeno = 6.5 volúmenes

e).- Pentano con oxígeno



Cantidad necesaria de oxígeno = 8 volúmenes.

BALANCE DE MATERIALES.

(Base de 100 moles de gas natural)

Componentes	Lb - Mol	Lb-atomo de C.	Lb-mol de H ₂	Lb-mol de O ₂ necesarias
CH ₄	92.446	92.446	148.892	184.892
C ₂ H ₆	6.304	12.608	18.912	22.064
C ₃ H ₈	0.989	2.967	3.956	4.945
C ₄ H ₁₀	0.037	0.148	0.185	0.240
C ₅ H ₁₂	0.010	0.050	0.060	0.080
CO ₂	0.214	_____	_____	_____
		108.219	208.005	212.221

Consideremos ahora una combustión de un 95% a CO₂ y el 5% restante a CO (monóxido de carbono).

108.2 moles de C. quemadas (0.95 moles de CO₂ formadas)
moles de C. Quemadas

102.8 moles de CO₂

Por lo tanto:

108.2 moles de C. quemadas - 102.8 moles de C. a CO₂ =

5.4 moles de CO

Corrección a la demanda de oxígeno:

Moles necesarias de O₂ para formar CO₂ 102.8

Moles necesarias de O₂ para formar CO 2.7

Moles necesarias de O₂ para formar H₂O 104.0

† total de moles de O₂ 209.5

Cálculo de las moles presentes de nitrógeno en la combustión 209.5 moles de O_2 ($\frac{79 \text{ moles de nitrógeno}}{21 \text{ moles de oxígeno}}$) = 790 moles de N_2

Balance final para determinar la composición de los gases resultantes o sea correspondientemente al análisis que se obtendría con un Analizador tipo Orsat.

Componente	Moles	Moles de C.	Moles de H_2	Moles de O_2
CO_2	103.0	103.0	- -	102.8
CO	5.4	5.4	- -	2.7
O_2	0.0	- -	- -	- -
N_2	790.0	- -	- -	- -
N_2O	208.0	- -	208.0	104.0
	<u>1,106.4</u>	<u>108.4</u>	<u>208.0</u>	<u>209.5</u>

Análisis Orsat resultante

CO_2	11.4 %
CO	0.6 %
O_2	0.0 %
N_2	88.0 %
Total	<u>100.0 % en volumen</u>

De los calculos anteriores, podemos deducir que por cada 100 moles de gas natural tenemos 1,106 moles de gases resultantes, que descontando las 208 moles de vapor de agua que se eliminan en el generador nos quedan 898.4 moles de gases aprovechables para nuestros fines.

Como el por ciento en mol se ha considerado igual al por ciento en volumen, tenemos por lo tanto que para calcular la cantidad de gas natural para generar los 168 m³ necesarios para el horno será necesaria la siguiente relación.

$$168 \text{ m}^3 \text{ de gas inerte } \left(\frac{100 \text{ m}^3 \text{ de gas natural}}{898.4 \text{ m}^3 \text{ de gases inertes}} \right) =$$
$$= 18.7 \text{ m}^3. \text{ de gas natural (por hora)}$$

2.- Definición de las condiciones de operación del tanque almacenador de gas nitrógeno.- Basicamente el tanque almacenador de nitrógeno, no requiere control ni tiene complicación su operación, ya que a la salida del tanque y antes de la entrada al horno, tendrá una válvula reductora y reguladora de presión con la cual se controla el flujo, para alimentar la cantidad necesaria del horno. El gas como hemos mencionado anteriormente será suministrado por la compañía expendedora de este producto.

3.- Definición de las condiciones de operación del horno.- El horno para recocido será del tipo hermético y está calentado por medio de gas natural. La transmisión de calor se hará por medio de tubos radiantes, los cuales calentarán la atmósfera y por medio de convección transmitirán el calor a los rollos de aluminio ya que la circulación de la atmosfera inerte se forzara por medio de dos ventiladores que estarán colocados en la parte supe

rior del horno.

Como primer paso para la operación de este horno, se procederá a efectuar la carga del mismo, con el material por recocer y posteriormente llenar el horno con gas inerte para eliminar el oxígeno. Cuando el nivel de oxígeno sea menor a 0.3% se procederá al encendido del horno y a recocer el material a la temperatura necesaria para su perfecto recocido.

El horno deberá tener instrumentación para controlar presión, temperatura y demás analizados de gases, dado que éste último aspecto requiere una dedicación especial, dedicamos en este mismo apéndice un inciso para instrumentación del equipo en general.

La purga del horno se realizará por medio de inyección de gas inerte sea cual fuere la fuente de donde se obtenga y habrá una válvula Check para permitir la salida de aire a determinada presión, para así ir desalojando el aire que se encuentra en el horno hasta llegar al nivel deseado de contenido mínimo de oxígeno y así proceder al encendido del horno permaneciendo así hasta que el material llegue a la temperatura de recocido y mantenga esa temperatura durante una hora y posteriormente enfriar un poco la carga y sacarla.

En todo este proceso el contenido de oxígeno-
deberá ser mantenido constante para lo cual se contará -
con analizador de oxígeno para verificar con cierta perio-
dicidad el contenido en el interior del horno.

4.- Instrumentación del horno y el generador -
de atmósfera inerte.

a).- Usando generador de atmósfera inerte. Pa-
ra controlar las operaciones de los equipos, es necesario-
instrumentar las instalaciones para tener así una idea --
clara de lo que sucede en el interior del horno, así como-
en el generador de atmósfera inerte. La instrumentación -
necesaria, sera como sigue:

Presion.- Dos manómetros, siendo uno para ver
la presión dentro del horno y otro -
para instalarse a la entrada del -
gas inerte.

Análisis.-Un equipo Orsat, para determinar -
oxígeno, nitrógeno, bióxido de car-
bono y monóxido de carbono de ope-
ración manual, Un equipo analiza-
dor de hidrógeno, nitrógeno, oxíge-
no, bióxido y monóxido de carbono,-
así como metano y agua. Este equi-
po será un cromatógrafo de gases, -
el cual deberá estar formado por -

las siguientes partes:

Dos válvulas de muestreo, una para el generador de atmósfera y otra para el interior del horno.

b).- Usando tanque de nitrógeno. En esta alternativa, la demanda de equipo es menor y será como sigue:

Presión.- Tres manómetros, uno para el horno, otro para la línea de entrada al horno y otro más para el tanque almacenador.

Análisis.-Un equipo Orsat para determinar oxígeno, nitrógeno, bióxido y monóxido de carbono de operación manual. Un equipo analizador de oxígeno del tipo para magnético con graduador.

Control de temperatura para los hornos;

Estos hornos deberán tener cada uno un registrador controlador de temperatura de cuatro canales que se usarán como sigue:

Dos canales para cada una de las zonas del horno. Dos canales para dos termopares que se instalarán en sendos rollos de lámina de aluminio para detectar su temperatura.

5.- Definición de las condiciones de operación en conjunto.

a).- Usando generador de atmósfera inerte

1°.- Calibración del equipo generador de atmósfera inerte, por medio del análisis Orsat y cromatografía de gases.

2°.- Introducción de la carga al horno y cierre hermético del mismo.

3°.- Purga del horno introduciendo gas inerte al interior hasta tener menos de 0.3% de oxígeno en el interior del mismo.

4°.- Encendido del horno y operación de controles de temperatura para mantener las condiciones necesarias para un buen recocido.

b).- Usando tanque de **Nitrógeno**. Para llevar a cabo el recocido con atmósfera de nitrógeno, no es necesario un cromatógrafo de gases ya que se puede manejar el equipo con un analizador Orsat y un detector de oxígeno para el residual en el horno por consiguiente los pasos serían como sigue:

1°.- Introducción de la carga al horno y cierre hermético del mismo.

- 2°.- Introducción de gas nitrógeno al horno -
hasta purgar el horno con un mínimo de -
3% de oxígeno residual dentro del mismo.
- 3°.- Encendido del horno y operación de con-
troles de temperatura para mantener las-
condiciones necesarias para un buen re-
cocido.

A P E N D I C E "D"

DATOS ECONOMICOS Y RESULTADOS DE LAS
DIFERENTES ALTERNATIVAS .

Actualmente se cuenta con dos hornos que acondicionándolos debidamente, podrán ser totalmente herméticos, siendo este costo igual para las dos alternativas propuestas en el apéndice "A". Por tanto ya descritas las alternativas, así como su forma de operación y requerimientos necesarios, se procederá a hacer una estimación de la inversión fija, así como de los costos de producción para cada una de las mencionadas alternativas y valorar cuál sistema es más viable.

REPARACIONES A LAS INSTALACIONES ACTUALES.

- a).- Capacidad Final: 3,500 Ton/año.
- b).- Inversión Fija
(Detalle anexo) \$ 130,000.00
- c).- Costos de Producción
(Detalle anexo)
Variable: \$ 8,123.00/Ton.
Fijo \$ 23,155,000.00
- d).- Costos de Capital
(Detalle anexo)
Variable (de trabajo) \$ 60.33
Fijo (i=30%) \$ 39,000.00
- e).- Punto de Equilibrio: 2525 Tons/año
- f).- Tiempo de recuperación de la
Inversión 1.8 días hábiles.

INVERSION REQUERIDA PARA LAS REPARACIONES
DE LAS INSTALACIONES ACTUALES.

Material necesario para el - arreglo de los hornos	\$	30,000.00
Costo de dos controladores - registradores de temperatu - ra de dos canales		54,000.00
Otros instrumentos menores		8,000.00
Sub-Total		<hr/> 92,000.00
Costo de Instalación		18,400.00
Electrificación		7,800.00
Total de Costo Directo		<hr/> 118,200.00
Contingencias (10%)		11,820.00
TOTAL DE LA INVERSION FIJA	\$	<hr/> 130,020.00

COSTOS DE PRODUCCION.

Inversión Fija: \$ 130,000.00

Costos Fijos:

Mano de Obra 600,000.00

Supervisión 295,000.00

Mantenimiento 260,000.00

Seguros 300,000.00

Costos de Procesos Anteriores 10'500,000.00

Renta de equipos de Laboratorio 400,000.00

Gastos Administrativos 10'800,000.00

Total Costos Fijos. \$23,155,000.00

Costos Variables:

Electricidad 385,000.00

Gas Natural 150,000.00

Agua de Enfriamiento 20,000.00

Materia Prima 36,000,000.00

T o t a l \$36'555,000.00

COSTO VARIABLE DE PRODUCCION.

2,123.00/ Ton.

COSTOS DE CAPITAL.

Variable:	A capacidad
4 días de rollos en proceso (80 Ton. con costo aproxima do de \$ 8,000.00/Ton.)	640,000.00
1 día de lamina terminada - (20 Ton. con costo aproxima do de \$ 20,000.00/Ton.)	400,000.00
	<hr/>
	\$ 1'040,000.00

Considerado al 30% de Costo antes
de Impuestos \$ 312,000.00

Dividido por las 4,600 Ton. que -
se pueden fabricar en un año \$ 69.33/Ton.

F i j o: (Inversión Nueva y Existente)

Tomando en cuenta que el interes
es del 30%

$$0.3 \times \$ 130,000.00 = \$ 39,000.00$$

Inversión Laminado

$$0.3 \times 20,000,000.00 = \$ 6'000,000.00$$

PUNTO DE EQUILIBRIO.

$$N = \frac{\text{costo fijo de producción} + \text{costo fijo de capital}}{\text{Ingreso neto} - \text{costos} - \text{gastos} - \text{costo variable de capital}}$$

N = Numero de Tons/año en el punto de equilibrio

Gastos = 15% de precio de venta

I.I.P. = 4% de precio de venta

$$N = \frac{\$ 23'155,000.00 + 6'039,000.00}{0.96 (24,000) - 8,123 - 3,600 - 69.33} =$$

$$N = \frac{29'194,000.00}{11,247.67} = 2,595 \text{ Ton/año.}$$

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION

$$\text{Tiempo de recuperación de la inversión} = \frac{\text{Inversión Fija}}{\text{Contribución Anual}}$$

$$= \frac{\$ 130,000.00}{(11,247.67/\text{Ton})(4500 \text{ Ton/año}) - (1333/\text{Ton})(4500 \text{ Ton/año})}$$

$$= \frac{130,000.00}{50'614,515 - 6'000,000} = \frac{130,000.00}{44'614,515} = 0.0030$$

$$= 0.003 \times 365 \text{ (365/225)} = 1.8 \text{ días hábiles.}$$

ALTERNATIVA " A "

a).- Capacidad	4,500 Ton/año
base 20 Ton/día	
45 semanas/año	
5 días/semana	
b).- Inversión Fija	
(Detalle anexo: \$)	422,000.00
c).- Costos de Producción	
(Detalle anexo)	
Variable	10,795.00
Fijo	23',350,000.00
d).- Costos de Capital	
(Detalles anexos)	
Variable (de trabajo)	69.33/ton.
Fijo (i=30%)	126,600.00/año
e).- Punto de Equilibrio:	
(cálculo anexo)	3437 Ton/año
	(Gastos = 15% del precio de venta)
f).- Tiempo de recuperación de la Inversión	7.7 días hábiles

INVERSION REQUERIDA PARA LA ALTERNATIVA "A"
(usando generador de atmósfera inerte)

Inversión fija para modificar las Instalaciones:

Arreglo de los hornos para hacerlos- herméticos con puertas de cierre hi- droneumático.	\$ 40,000.00
Costo del generador de atmosfera - inerte a base de gas natural.	80,000.00
Costo de un Analizador Orsat	23,000.00
Costo de un analizador cromatográfi- co, con dos válvulas de muestreo co- lumna de destilación y graficador.	76,000.00
Costo de dos controladores registra- dores de temperatura de 4 canales.	68,000.00
Otros instrumentos menores	10,000.00
	<hr/>
Sub-Total:	\$ 297,000.00

Costo de Instalación	\$ 59,400.00
Electrificación	8,000.00
Tuberías	7,000.00
Equipo de Protección	12,000.00
	<hr/>
Total Costo Directo:	\$ 383,400.00
Contingencias (10%)	38,340.00
	<hr/>
TOTAL DE LA INVERSION FIJA:	\$ 421,740.00

COSTOS DE PRODUCCION.

Costos Fijos:

Mano de Obra	600,000.00
Supervisión	370,000.00
Mantenimiento	280,000.00
Seguros	400,000.00
Costos de Procesos anteriores	10,500,000.00
Renta de equipo de Laboratorio	400,000.00
Costos Administrativos	10,800,000.00

23'350,000.00

Costos variables:

Electricidad	390,000.00
Gas Natural	170,000.00
Agua de Enfriamiento	20,000.00
Materia Prima	48'000,000.00

48,580,000.00

COSTO VARIABLE DE PRODUCCION.

10,795.00/Ton.

COSTOS DE CAPITAL

Variable:	A capacidad
4 días de rollos en proceso (30 Ton. con costo aproxima do de \$ 8,000.00/Ton)	\$ 640,000.00
1 día de lámina terminada - (20 Ton. con costo aproxima do de \$ 20,000.00/Ton.)	400,000.00
	<hr/>
	\$ 1'040,000.00
Considerado al 30% de Costo antes de Impuestos	\$ 312,000.00
Dividido por las 4,500 Ton. que se pueden fabricar en - un año	\$ 69.33/Ton
Fijo: (Inversión nueva y existente)	
Tomando en cuenta que el interes es del 30% $0.3 \times \$ 422,000.00 =$	\$ 126,600.00
Inversion Laminado: $0.3 \times 20,000,000 =$	\$ 6'000,000
T o t a l	\$ 6'126,000.00

PUNTO DE EQUILIBRIO.

$$N = \frac{\text{costo fijo de producción} + \text{costo fijo de capital}}{\text{Ingreso neto} - \text{costos} - \text{gastos} - \text{costo variable de capital}}$$

N = Numero de Tons/año en el punto de equilibrio

Gastos = 15% de precio de venta.

I.I.M. = 4% de precio de venta.

$$N = \frac{\$ 23'350,000.00 + \$ 6'126,600.00}{0.96 (24,000.00) - 10,795.00 - 3,600.00 - 69.33}$$
$$= \frac{29'476,600.00}{8,575.67} = 3,437 \text{ Ton/año.}$$

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION

Tiempo de recuperación de la inversión = $\frac{\text{Inversión Fija}}{\text{Contribución anual}}$

$$= \frac{422,000.00}{(8575.67/\text{Ton})(4500 \text{ ton/año}) - (1333/\text{Ton})(4500 \text{ Ton/año})}$$

$$= \frac{422,000.00}{38'590,515.00 - 6'000,000.00} = \frac{422,000.00}{32'590,515.00} = 0.013 \text{ año}$$

$$0.013 \times 365 \quad (265/225) = 7.7 \text{ días hábiles.}$$

A L T E R N A T I V A " B "

- a).- Capacidad 4,500 Ton/año
Base 20 Ton/día
45 Semanas/año
5 días/semana
- b).- Inversión Fija (Detalle anexo): 310,000.00
- c).- Costos de Producción (Detalles anexos)
Variable \$ 17,500.00/Ton.
Fijo 23'350,000.00/año
- d).- Costos de Capital (detalle anexo)
Variable (de trabajo) 69.33/Ton.
Fijo (i = 30%) \$ 93,000.00/año
- e).- Punto de Equilibrio 15,740 Ton/año
(Costos = 15% del precio de venta)
- f).- Tiempo de recuperación de la Inversión: 103 días hábiles.

INVERSION REQUERIDA PARA LA ALTERNATIVA " B "

(usando tanque de gas nitrógeno)

Inversión fija para modificar las instalaciones:

Arreglo de los hornos para hacerlos - herméticos con puertas de cierre hi - droneumático .	\$	40,000.00
Costo del tanque almacenador de nitro geno con válvula reguladora.		35,000.00
Costo del analizador Orsat.		23,000.00
Costo del analizador de oxígeno.		38,000.00
Costo de dos controladores registrado- res de temperatura con 4 canales.		68,000.00
Utros instrumentos menores.		10,000.00
		<hr/>
Sub-Total	\$	214,000.00

Costo de instalación	\$	42,800.00
Electrificación	\$	6,000.00
Tuberías	\$	7,000.00
Equipo de protección	\$	12,000.00
		<hr/>
Costo Total Directo	\$	281,800.00
Contingencias (10%)	\$	28,180.00
		<hr/>
TOTAL DE LA INVERSION FIJA:	\$	309.980.00

COSTOS DE PRODUCCION.

Costos Fijos:

Mano de Obra	\$	600,000.00
Súpervisión		370,000.00
Mantenimiento		280,000.00
Seguros		400,000.00
Costos de Procesos anteriores	10'	500,000.00
Renta de equipo de Laboratorio		400,000.00
Gastos Administrativos	10'	800,000.00
		<hr/>
	\$	23' 350,000.00

Costos Variables:

Electricidad		390,000.00
Gas Natural		170,000.00
Água de Enfriamiento		20,000.00
Materia Prima	48'	000,000.00
Nitrogeno	30'	000,000.00
Otros Gastos		170,000.00
		<hr/>
	\$	78' 750,000.00

Costo variable de Producción \$ 17,500.00/Ton.

COSTOS DE CAPITAL.

Variable:	A capacidad
4 días de rollos en proceso - (80 Ton. con costo aproxima- do de \$ 8,000.00/Ton.)	\$ 640,000.00
1 día de lámina terminada - 20 Ton con costo aproximado - de \$ 20,000.00/Ton.)	400,000.00
	<hr/>
	\$ 1'040,000.00
Considerado al 30% de Costo - antes de Impuestos	312,000.00
Dividido por las 4,500 Ton. - que se pueden fabricar en un - año	69.33/Ton.
 Fijo (Inversión Nueva y Existente	
Tomando en cuenta que el interes es del 30%	
0.3 x \$ 310,000.00 =	93,000.00
Inversión Laminado	
0.3 x 20,000,000.00 =	6'000,000.00
 Total =	 6,093,000.00

PUNTO DE EQUILIBRIO

$$N = \frac{\text{costo fijo de producción} + \text{costo fijo de capital}}{\text{Ingreso neto} - \text{costos} - \text{gastos} - \text{costo variable de capital}}$$

N = Número de Tons/año en el punto de equilibrio

Gastos = 15% de precio de venta

I.L.M. = 4% de precio de venta.

$$N = \frac{\$ 23'350,000.00 + \$ 6'093,000.00}{0.96 (24,000.00) - 17,500 - 3,600 - 69.33}$$

$$= \frac{\$ 23'350,000 + 6'093,000}{1,870.67}$$

$$= 15,740 \text{ Tons/ año.}$$

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

- 1.- Metals Handbook
Vol. I, II
Edit. American Society for Metals.
- 2.- Stoichiometry for Chemical Engineers.
Williams & Johnson
Mc. Graw-Hill Book Co. 1958
- 3.- Perry's Chemical Engineers Handbook
4a. Edición
Mc. Graw-Hill Book Co.
- 4.- Journal of the Institute of Metals
Development of cold rolling Lubricants
for aluminium alloys.
Vol. 88 Pag. 482
1959-1960
- 5.- Industrial Furnaces
Vol. I
W. Trinks
Edit. M.H. Mawhinney 1962
- 6.- Chemical Engineers Cost Estimations
Aries & Newton
Mc. Graw-Hill book Co. 1965
Peters M.S. Engineers.