

T/620.1/ch56

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ENERGIA

**“OPTIMIZACION Y MODIFICACIÓN DE LAMINADORA  
EN NUEVA PLANTA DE COLADA Y LAMINACION  
CONTINUA DE CINTA ANCHA DE ZINC – HUNTER”**

TESIS PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO  
MECANICO

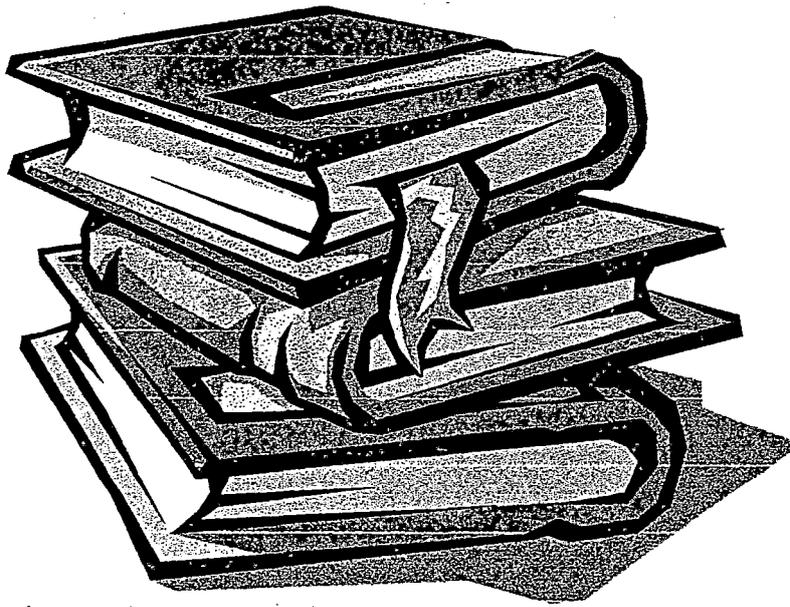
1810

**JOSE CHINCHAY AGUILAR**



~~ING ARTURO GAMARRA CHINCHAY~~  
ASESOR DE TESIS

BELLAVISTA 20 DE OCTUBRE DE 2001



Dedicatoria:

Dedico el presente trabajo a mi madre Francisca Aguilar, a mi padre José Chinchay, a mis hermanos y amigos quienes con su gran apoyo supieron estimularme para llegar a ser un profesional competente.

También agradezco a Dios por darme vida, sabiduría y fuerzas para seguir adelante en el cumplimiento de objetivos sublimes como este.

## SUMARIO

### **I. INTRODUCCIÓN**

- 1.1 Fundamentación
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Importancia y justificación

### **II. DESARROLLO DE LOS METODOS DE COLADA Y LAMINACION**

- 2.1 La problemática del método de colada y laminación con lingoteras en la planta antigua
- 2.2 Descripción de planta nueva de colada y laminación continua propuesta y su diagrama de Flujo respectivo.

### **III. PARÁMETROS BASICOS DE OPERACIÓN DE LA LAMINADORA E INSTRUCCIONES PARA EL ARRANQUE DE LA COLADA Y LAMINACION CONTINUA**

- 3.1 Parámetros de operación
  - 3.1.1 Caudal del Refrigerante
  - 3.1.2 Espesor a laminar
  - 3.1.3 Temperatura de trabajo
  - 3.1.4 Voltaje y amperaje de operación
- 3.2 Instrucciones para el arranque y funcionamiento

### **IV. PROPUESTA INGENIERIL Y TÉCNICA**

- 4.1 Estudio y selección de los rodillos de laminación.
- 4.2 Estudio y selección de los rodamientos de laminación
- 4.3 Estudio y cálculo para modificación de bastidor
- 4.4 Selección del motor principal.
- 4.5 Selección del sistema de refrigeración
- 4.6 Cálculo de la capacidad de los hornos de fundición y de la colada continua

### **V. CONTROL DE CALIDAD**

- 5.1 Inspección y ensayo en la colada y la laminación continua.
- 5.2 Auditoría de la calidad del proceso.
- 5.3 Control de calidad en defectos y causas de material colado no-conforme en coladora continua.
- 5.4 Control de calidad de las bobinas de zinc a través de los resultados de los ensayos mecánicos.

**VI. ANÁLISIS DE COSTOS**

- 6.1 Costo por obras civiles
- 6.2 Costo por obras eléctricas
- 6.3 Costo por suministro de subconjuntos de laminadora
- 6.4 Costo por suministro de materiales
- 6.5 Costo de montaje
- 6.6 Inversión total
- 6.7 Justificación económica del proyecto a través del VAN y TIR

**VII. MANTENIMIENTO DE LA LAMINADORA EN LA NUEVA PLANTA DE COLADA Y LAMINACION CONTINUA**

- 7.1 Instrucciones para el mantenimiento de la laminadora en la nueva Planta de Colada y Laminación Continua de Zinc de Cinta Ancha.
- 7.2 Instrucciones para la lubricación de la laminadora en la nueva Planta de Colada y Laminación Continua de Zinc de Cinta Ancha

**VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**IX. BIBLIOGRAFÍA**

**X. PLANOS**

**XI. ANEXOS**

## L- INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, no existe país desarrollado que no sea un país industrializado. En pleno siglo XXI esta realidad mantiene absoluta vigencia. El crecimiento económico y desarrollo social de nuestro país dependerá de la medida en que logremos repotenciar las actividades de transformación y de generación de valor agregado, única vía para superar el subdesarrollo y solucionar los problemas que compromete la estabilidad de todos los peruanos

### 1.1 FUNDAMENTACION

En un sistema económico mundial, la capacidad de innovación es sinónimo de crecimiento, competitividad y generación de empleo. Competitividad es la aptitud de las empresas para evolucionar de forma rentable en una economía de mercado.

La proyección de la innovación sobre los procesos productivos tiene como principal consecuencia una reducción de costos que le permite a las empresas rebajar precios y ganar mayor cuota de mercado, siendo el consumidor el primer beneficiario de la competencia entre productores.

Los países crecen y se enriquecen no sólo por la capacidad de trabajo y acumulación de capital, sino también, porque gracias a la innovación tecnológica producen de manera más eficiente y con mínimo esfuerzo, una gama de bienes y servicios.

De la simple curiosidad intelectual por el conocimiento científico se ha pasado, entre todos los países, a la creación y consolidación de un nuevo sector productivo que lo

Conocemos como el de la investigación y el desarrollo, I & D, de los que se espera un conjunto de tecnologías integradas bajo la forma de productos, procesos o servicios que faciliten la innovación y el desarrollo competitivo empresarial generando mejor nivel y calidad de vida para las sociedades modernas.

La transferencia internacional de tecnologías que comprende licencias, equipos y maquinarias, Know-how y asistencias técnicas, compite con la producción local de los sistemas de investigación y desarrollo.

Los gobiernos deben desarrollar políticas que faciliten la difusión de la tecnología, en especial, para apoyar a las pequeñas y medianas empresas eliminando las barreras en los mercados; estimular la información y los procesos de evaluación tecnológica a todos los niveles y establecer una atmósfera favorable al cambio tecnológico.

**Frente a esta realidad creo que debemos adquirir y mantener capacidad tecnológica con impacto en el sector productivo.**

En este sentido el Perú necesita realizar esfuerzos para la articulación de los diversos agentes involucrados en el desarrollo, que incluye a universidades, centros de investigación y desarrollo de las empresas, agencias de información y extensión tecnológicas, entidades de financiamiento, agencias de normalización y control de la calidad, firmas consultoras o departamento de proyectos al interior de las empresas, laboratorio de servicios técnicos, agencias gubernamentales de regulación y otras instituciones que interactúan en un amplio rango de actividades que van desde la concepción inicial de una idea hasta alcanzar su uso generalizado en la sociedad.

Siendo conscientes que este es el camino más viable, he desarrollado el presente proyecto "Optimización y Modificación de Laminadora en Nueva Planta de Colada y Laminación Continua de Cinta Ancha de Zinc-Hunter".

## 1.2 OBJETIVOS

### Objetivo Principal:

- Adquirir y mantener capacidad tecnológica con impacto en el sector productivo.

### Objetivos Específicos:

- Aumentar nuestra cartera de clientes (debido a que vamos a producir cintas hasta de 1200 mm de longitud).
- Lograr valor agregado a nuestros productos (debido a la mejor calidad del producto obtenido).
- Innovar nuestra tecnología.
- Reducir los costos de producción y mantenimiento.

## 1.3 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION

La presente tesis es de suma importancia porque su aporte tecnológico nos permitirá: Racionalizar las fases del proceso, simplificar el proceso de trabajo, aumentar la producción, la productividad, la calidad, la tecnología, y disminución del costo de ejercicio. También podemos afirmar que está justificada toda vez que el mundo está convencido que sin la reactivación de la industria no será posible el desarrollo sostenible de la economía nacional. Esta verdad, aunque dura, deberá ser comprendida por las autoridades del gobierno, quienes hasta el momento sólo han perfilado tímidamente una posibilidad de cambio.

## II.- DESARROLLO DE LOS METODOS DE COLADA Y LAMINACION

El primer procedimiento de laminación industrial del zinc de paquete, surgió en Bélgica a principios del siglo pasado y está hasta ahora difundido. Este fracciona el trabajo en la colada de pequeñas y numerosas placas, para reducir en espesor con una laminadora bosquejadora: El producto intermedio está compuesto sucesivamente en paquete (de allí el nombre del proceso) y es laminado junto, utilizando la elevada maleabilidad del zinc; de tal modo se obtienen las láminas o planchas de formato comercial.

Esta forma de trabajo fue introducida en el establecimiento de la sociedad Monteponi & Montevoncho de Porto (Puerto) Marguera en 1939. Los sucesivos perfeccionamientos

En innovaciones en las máquinas de laminación, las mayores potencias disponibles para las laminadoras, llevaron a la producción de las mismas láminas o planchas por medio del procedimiento a cinta.

En 1951 se puso en marcha una segunda planta: se compone de una fundición de placas, de cerca de una tonelada de peso: Tres laminadores una bosquejadora a trío, una

intermedia, una terminadora a dúo (los últimos dos reversibles) transforma la coladura en una larga bisagra, de allí en una cinta envuelta a modo de bobina, y al fin en lámina.

El método requiere de una intervención menor de mano de obra respecto al procedimiento de paquete, mejorando la productividad; Sin embargo la cantidad de energía eléctrica para la transformación de placas es aún elevada: Las diversas laminadoras están caracterizadas por fuertes potencias. El grado de utilización individual de las máquinas es hoy limitado.

El método de cinta ha representado un proceso tecnológico sobre el precedente a paquete por la mayor potencialidad de producción, por uniformidad del producto (las planchas o láminas derivan de placas de peso de una tonelada en lugar que de unas cuantas decenas de kilos) y por las cualidades superficiales y dimensionales (mayor planitud, igualdad de espesor, características mecánicas más homogéneas).

Siguiendo en esta dirección, el método de colada y laminación tenía que volverse continuo para poder lograr el máximo grado de utilización de las máquinas tales como: Loop Control (control de bucle), Pinch Roll (tirador, tensionador), Shear (cortadora), Laminadora, Edge Trimmer (cortadora de bordes), Bridle Stand (planchadora), Winder (enrollador), uniformidad en las características y economía de conducción. Todo esto podría ocurrir siempre y cuando estuviera garantizada la constancia de las condiciones de trabajo.

La misma sociedad ha querido realizar esta técnica de progreso, instalando en el año en curso una tercera planta de colada-laminación continua, integrada por laminación ininterrumpida hasta espesores finales inferiores a 1 mm.

En ello han sido racionalizadas las fases del proceso, ha sido simplificado el proceso de trabajo, ha aumentado la producción y la productividad, y disminuido el costo de ejercicio.

## **2.1 LA PROBLEMÁTICA DEL METODO DE COLADA Y LAMINACION CON LINGOTERAS EN L PLANTA ANTIGUA**

La línea consistía de 2 hornos de fusión de inducción (Ajax 2 y 3, los cuales fundían a 480 ° C aprox, según la aleación a fundir, y eran alimentados por un transformador de 630 KVA, 440 V, 1Ø), los cuales fundían los lingotes de zinc y luego los pasaban a 2 hornos mantenedores (holding furnace, los cuales eran alimentados por un transformador de 630 KVA, 460 V, 1Ø) por medio de un sistema de basculamiento el cual permitía el vaciado del metal, luego a través de canaletas de alimentación se conducía el zinc líquido hacia las lingoteras que operaban con gas, en donde el metal líquido se calentaba y enfriaba progresiva e uniformemente debido a la distribución uniforme de estufas alrededor de la lingotera, luego que el lingote se enfriaba se desmoldaban y se apilaban en una área determinada esperando ser laminadas posteriormente. Cuando un lote de lingotes estaba habilitado para laminar este se calentaba previamente en un horno de calentamiento y luego se realizaba el laminado respectivo, pasando desde laminación de desbaste (donde se rebaja de 65 mm a 3 mm), repetidas pasadas en una misma laminadora, valiéndose para ello de carros de transporte accionados por motores y transmisión con cadena, para luego pasar a la laminadora de acabado (donde se rebaja de 3 mm a 0.64 mm aprox), las dimensiones de una bobina pueden variar de 200 mm a 600 mm de ancho, de 0.64 mm a 0.68 mm de espesor, y de 700 kg. a 1600 kg. de peso por cada bobina, y la producción por día era de 60 ton/día (en 3 turnos de 8 horas cada uno). Esta planta de colada y laminación solía ser muy cara y engorrosa.

## **2.2 DESCRIPCION DE LA PLANTA NUEVA DE COLADA Y LAMINACION PROPUESTA**

- Hornos de fusión de inducción: Se emplearán los mismos de la línea anterior (Ajax 2 y 3).
- Horno mantenedor: Recepciona el metal líquido proveniente de los hornos de fusión y a través de este se distribuye a la Coladora.

- Coladora: En el cual se llevan los efectos de frente de laminación y otros fenómenos termodinámicos asociados a los fenómenos de laminación, además en el caster se lleva a cabo la laminación primaria.
- Guiadora: Control de bucle, el cual contiene un sistema de control de retroalimentación que consiste en una red continua que contiene tanto elementos de avance como elementos de retroalimentación para controlar la curva de la cinta de lámina proveniente del caster.
- Tensadora: Nos permitirá guiar y alimentar la cinta de zinc.
- Cortadora: Nos permitirá cortar los bordes de la cinta antes de su laminación.
- Mill: Laminadora, la cual contará con un motor aprox de 100 HP, esta pertenece a la línea antigua y será modificada.
- Edge Trimmer: Cortadora de bordes (con motor de 20 HP) , permite cortar lo bordes después de la laminación.
- Scrap Chopper: Enrollador de refiles, permite enrollar las tiras cortadas por el cortador de bordes.
- Bridle Stand: Tensador, permite tensar la cinta evitando las deformaciones de la misma.
- Winder: Carrete enrollado (con motor de 15 HP), permite enrollar la cinta larga conformando finalmente la bobina.

El objetivo de esta nueva línea de colada y laminación continua es obtener una producción diaria de 100 ton/día aprox. y obtener laminas de hasta 1200 mm de ancho.

El criterio de usar la maquinaria existente es válido tanto en la industria nacional como en la industria internacional, en la cual se evalúa la maquinaria existente con el fin de poder contar con ella para futuros proyecto para así de esta manera ahorrar en la millonaria inversión que implican los proyectos.

## DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LINEA DE COLADA Y LAMINACION CONTINUA:

FUNDICION DEL ZINC EN  
HORNOS AJAX

COLADA

TRANSPORTE ATRAVES  
DE CANALETAS

HORNO MANTENEDOR  
COLADA

TRANSPORTE ATRAVES  
DE CANALETAS

COLADORA

GUIADORA

TENSADORA

CORTADORA DEL  
EXTREMO DAÑADO

CORTADORA DE  
BORDES

TRANSP  
REFILES

LAMINADO

MESA TRANSP

APLANADORA

ENRROLLADOR

DESMONTAJE EN  
CARROS DE SALIDA

### III.- PARÁMETROS BASICOS DE OPERACIÓN DE LA LAMINADORA E INSTRUCCIONES PARA EL ARRANQUE DE LA COLADA Y LAMINACION CONTINUA

#### 3.1. PARAMETROS BASICOS DE OPERACIÓN DE LA LAMINADORA

##### 3.1.1. CAUDAL DEL REFRIGERANTE

El caudal del refrigerante lo estimaremos previamente para desarrollar la propuesta ingenieril y técnica

$$m' = \frac{q'}{C_e * \Delta T}$$

Donde:

$m'$  : Es el flujo másico en kg/s

$q'$  : Es el calor que deberá disipar el intercambiador de calor (57700 W)

$C_e$  : Calor específico del agua (4186 J/kg K)

$\Delta T$  : Variación de temperatura de la emulsión (K)

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Cualesquiera que sean las unidades la diferencia siempre serán 10 unidades

Reemplazando en la ecuación:

$$m' = 57700 / 4186 * 10 = 1.38 \text{ kg/s}$$

Por lo tanto 1.38 kg/s es el caudal mínimo que se requiere para disipar el calor producido por la laminación en caliente.

### 3.1.2. ESPESOR A LAMINAR

En la planta antigua se laminaba de 65 mm a 3 mm, esto significaba una gran inversión de energía y tiempo de trabajo, puesto que, para reducir al espesor deseado se tenía que realizar varias pasadas.

En la planta nueva propuesta el espesor inicial a laminar es de 6 mm y el espesor final que se obtiene después de la laminación en caliente es de 3 mm.

### 3.1.3. TEMPERATURA DE TRABAJO

La temperatura de trabajo de la laminadora es de aproximadamente 220 °C debido a la laminación en caliente que se lleva a cabo en la Nueva Planta de Colada y Laminación Continua de Zinc de Cinta Ancha

### 3.1.4. VOLTAJE Y AMPERAJE DE OPERACIÓN

La laminadora operará a 440 V, debido a que la Nueva Planta de Colada y Laminación Continua trabajará con ese voltaje por brindar mayores beneficios a la nueva línea de producción.

### 3.2. INSTRUCCIONES PARA EL ARRANQUE DE LA COLADA Y LAMINACION CONTINUA

- Fijar la temperatura del horno.
- Prefijar la abertura del rodillo de laminadora
- Regular la cortadora de bordes (edge trimmer) al ancho correcto.
- Colocar el alimentador tip entre los rodillos del Caster con 0.3 mm de luz arriba y abajo
- Prefijar la velocidad del rodillo a 1.5 m/min aproximadamente.
- Instalar la canaleta de distribución.
- Destapar a temperatura deseada (basada en prueba preliminar).
- Vaciar 10 minutos dependiendo de la caída de temperatura desde el horno a la caja principal.
- Liberar metal (el metal fluye dentro del tip).
- Llenar la cavidad del tip levantando el nivel a la altura deseada (aproximadamente 2 mm encima de la línea central horizontal del rodillo del Caster).
- Cuando el orificio del tip esté lleno cerrar el ángulo  $\frac{1}{2}$  vuelta
- Velocidad del rodillo baja a 1 m/min
- Caída de temperatura a 460 °C, molde con cinta llena.
- Alimentar de cinta al rodillo
- Usando el rodillo del loop control (control de bucle) para soportar la cinta, continuar. Alimentando a los rodillos del pinch roll. Levantar el rodillo del loop control para empujar la cinta a los rodillos del pinch roll
- Manualmente colocar los rodillos guía de los extremos tocando ambos bordes o lados de la cinta.
- Ajustar los rodillos del pinch roll (prefijar abertura de los rodillos).
- Conducir la cinta hacia la cortadora, con los rodillos del pinch roll, usando avance lento.
- Cortar la cinta (una vez que el extremo recto esté completado).
- Alimentar la laminadora (si la temperatura de la cinta está dentro del rango apropiado de 220-240 °C aproximadamente).
- La laminadora está prefijada para obtener el espesor final de 3 mm si la temperatura deseada es obtenida; si no, ajustar con calentadores infrarrojos ó enfriador de aire para lograr la temperatura de cinta deseada.
- La cinta es alimentada dentro de la laminadora (velocidad de la laminadora controlada manualmente).

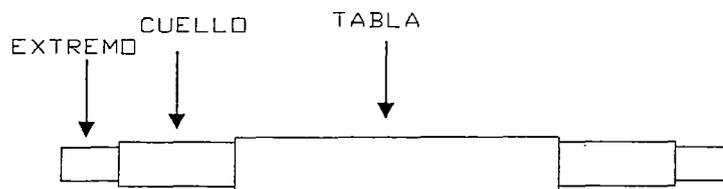
- Alimentar dentro de la cortadora de bordes (prefijar el ancho deseado).
- Alimentar dentro de los rodillos de la planchadora ó bridle stand (rodillos de la planchadora abiertos).
- Usando la mesa elevadora, alimentar de cinta dentro de ranura de agarre (un operador debe ayudar a guiarlo dentro de la ranura con una varilla guía).
- Expandir el mandril (abriendo la ranura de agarre)
- Arrancar el enrollador y colocar la mesa guía en su posición más baja.
- Ir un enrollamiento completo y cerrar los rodillos de la planchadora o bridle stand.
- Incrementar la velocidad de los rodillos del Caster a 1.12 m/min aproximadamente; La caída de temperatura en la caja principal se debe encontrar dentro de 448-450 °C aproximadamente, debido a que las temperaturas del horno caerán también proporcionalmente.
- Si se presenta combadura o arqueado, ajustar la posición del tip o inyector.
- Si la temperatura de la caja principal cae por debajo de los 448 °C incrementar la velocidad de los rodillos del Caster, si la temperatura va a 452 °C disminuir la velocidad de los rodillos del Caster.
- Detener los rodillos del pinch roll, laminadora, cortadora de bordes y enrollador
- Cortadora (cortar muestras de cinta para chequear el perfil y calidad de la misma)
- Arrancar la laminadora, cortadora de bordes y enrollador.
- Conducir la cinta hacia adelante con los rodillos del pinch roll.
- Una vez que la cinta esté más allá de la cortadora de bordes, el enrollador deberá estar listo para envolver.
- Levantar el carro portabobinas del enrollador (coil car) a la parte inferior del enrollador.
- Observar la cola extrema del enrollador, detener el enrollador cuando la cola extrema esté dentro de los 10 cm de los rodillos del carro portabobinas del enrollador.
- Colocar el mandril del enrollador en posición abierta (abrir la muesca de agarre).
- Activar la cinta y el carro transverso del enrollador.
- La muesca de agarre del enrollador debe ser reposicionado para aceptar nueva cinta (automáticamente).
- Repetir procedimiento para nuevo proceso de trabajo.

#### IV.- PROPUESTA INGENIERIL Y TECNICA

##### 4.1 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS RODILLOS DE LAMINACION

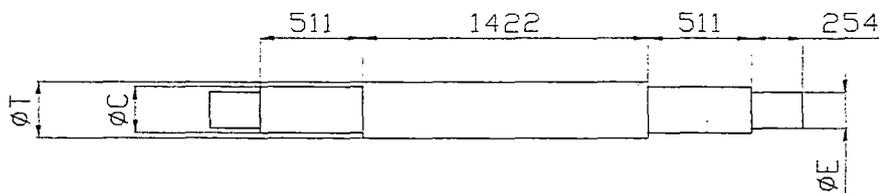
Para el cálculo de la resistencia de los cilindros de laminación tenemos que, la tabla del cilindro se calcula para flexión únicamente, los cuellos para flexión y torsión y el extremo accionado únicamente para torsión.

Fig 4.1.1 Partes de un cilindro de laminación:



Después de estimar las dimensiones longitudinales considerando que vamos a laminar cintas anchas de zinc de 1200 mm de longitud, vamos a prever rodillos robustos debido a la mayor carga que soportará nuestro rodillo de laminación. Estimaremos por resistencia de materiales los diámetros correspondientes para la tabla, el cuello y el extremo del rodillo de laminación.

Fig 4.1.2 Longitudes estimadas de cada tramo de los rodillos de laminación:



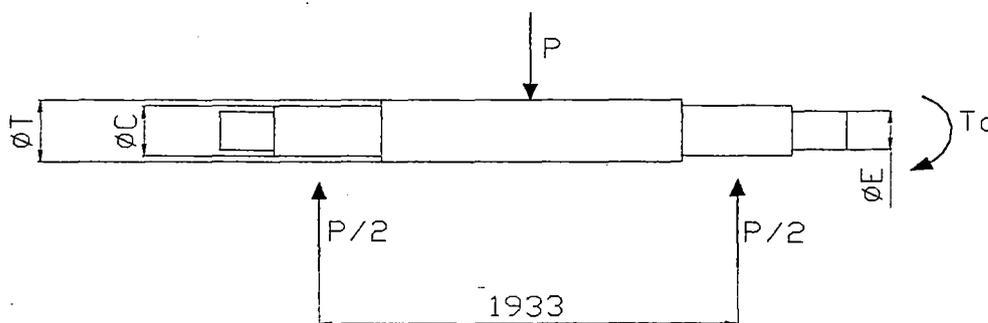
Donde:

$\varnothing T$  : Diámetro de la tabla

$\varnothing C$  : Diámetro del cuello

$\varnothing E$  : Diámetro del extremo

Diagrama de cuerpo libre:



Donde:

$P$  : Fuerza Separatriz (1500000 kgf), estimado promedio de laminadoras que laminan en caliente cintas anchas de zinc con un porcentaje de reducción del 50 %, es decir de 6 a 3 mm

$T_0$  : Torque en el extremo del rodillo (103000000 kgf.mm, estimado obtenido considerando un motor de 125 hp, el cual está conectado a 2 reductores y una caja inversora).

Diagrama de Fuerza Cortante:

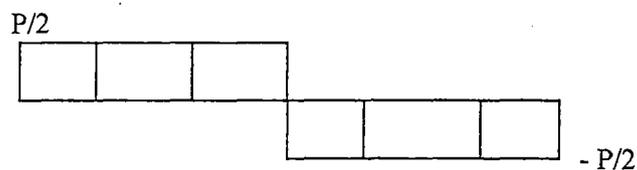
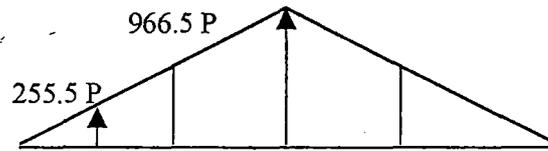


Diagrama de Momento Flector:



En el cálculo de los diámetros del rodillo en sus distintos tramos, se considerará que la tabla se calcula por flexión, el cuello por flexión y torsión, y finalmente el extremo por torsión.

Puesto que el rodillo se encuentra sometido a grandes esfuerzos consideraremos según la norma DIN 17200, para un acero aleado forjado AISI/SAE: 4140, con el cual tenemos que:

- $\sigma_f$  : Esfuerzo de fluencia (102.04 kg./mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{flex}$  : Esfuerzo a la flexión (91.84 kgf/mm<sup>2</sup>)
- $\tau_{tor}$  : Esfuerzo por momento torsor (51.02 kgf/mm<sup>2</sup>)

**Cálculo del diámetro de la tabla:**

$$\sigma_f = \frac{M * C_t}{I_t} = \frac{966.5P * C_t}{I_t} = \frac{1.85 * 10^9}{C_t^3} \dots\dots\dots(4.1.1)$$

Donde:

- $\sigma_f$  : Es el esfuerzo a la flexión en kgf/mm<sup>2</sup>
- $C_t$  : Radio de la tabla en mm

También se debe cumplir:

$$\sigma_f \leq \sigma_{flex} \dots\dots\dots(4.1.2)$$

Entonces:

$$\frac{1.85 * 10^9}{C_t^3} \leq 91.84$$

$$C_t = 267.10 \text{ mm}$$

Para contar con un margen de seguridad consideraremos un  $C_t = 300$  mm, y al reemplazarlo en 4.1.2 obtengo:

$$68.52 \text{ kgf/mm}^2 \leq 91.84 \text{ kgf/mm}^2 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Por lo tanto el diámetro de la tabla del rodillo de laminación sería 600 mm

**Cálculo del diámetro del cuello:**

$$\sigma_{fc} = \frac{MC_c}{I_c} = \frac{255.5P * C_c}{I_c} = \frac{5.16 * 10^8}{C_c^3} \dots\dots\dots(4.1.3)$$

$$\tau_c = \frac{TC_c}{J_c} = \frac{(1.03 * 10^8) * C_c}{J_c} = \frac{65.57 * 10^6}{C_c^3} \dots\dots\dots(4.1.4)$$

Debido a que tenemos esfuerzo cortante y esfuerzo por flexión, utilizaremos la Teoría del Máximo Esfuerzo Cortante “Tresca” y la Teoría de la Máxima Energía de Distorsión “Von Misses”

En ambas ecuaciones se comparan los esfuerzos debido a la flexión y los esfuerzos cortantes con el esfuerzo de fluencia.

**Según Tresca:**

$$\sigma_{XX}^2 + 4\tau_{XY}^2 \leq \sigma_F^2 \dots\dots\dots(4.1.5)$$

**Según Von Misses:**

$$\sigma_{XX}^2 + 3\tau_{XY}^2 \leq \sigma_F^2 \dots\dots\dots(4.1.6)$$

Ambas ecuaciones nos dan resultados muy similares, pero para nuestro caso utilizaremos la fórmula de Tresca por darnos el resultado más crítico.

4.1.3 y 4.1.4 en 4.1.5

$$\left( \frac{5.16 * 10^8}{C_c^3} \right)^2 + 4 \left( \frac{65.57 * 10^6}{C_c^3} \right)^2 \leq (102.04)^2$$

Donde obtenemos:

Cc = 172.10 mm (radio del cuello)

Øc = 344.2 mm (diámetro del cuello)

Para obtener el esfuerzo que sea inferior al límite de fluencia seleccionaremos un Cc = 172.50 mm

ó Øc = 345 mm

Al reemplazar en 4.1.5 obtenemos:

100.53 kgf/mm<sup>2</sup> ≤ 102 kgf/mm<sup>2</sup>.....(OK)

Por lo tanto el diámetro del cuello del rodillo de laminación es 345 mm.

**Cálculo del diámetro del extremo:**

$$\tau_E = \frac{T * C_E}{J_E} = \frac{65.57 * 10^6}{C_E^3} \dots\dots\dots(4.1.7)$$

Donde:

- $\tau_E$  : Es el esfuerzo cortante en el extremo del rodillo expresado en kgf/mm<sup>2</sup>
- T : Es el momento torsor en el extremo del rodillo expresado en kgf\*mm
- $C_E$  : Es el radio del extremo del rodillo en mm
- $J_E$  : Es el momento polar de inercia del extremo del rodillo

$$\frac{65.57 * 10^6}{C_E^3} \leq \tau_{TOR} \dots\dots\dots(4.1.8)$$

$$C_E = 108.72 \text{ mm}$$

$$\varnothing_E = 217.45 \text{ mm}$$

Para obtener el esfuerzo cortante que sea inferior al esfuerzo cortante del material que hemos seleccionado, escogeremos un  $C_E = 150 \text{ mm}$

$$\text{ó } \varnothing_E = 300 \text{ mm}$$

Al reemplazar en 4.1.8 obtenemos:

$$19.43 \text{ kgf/mm}^2 \leq 51.02 \text{ kgf/mm}^2 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Por lo tanto el diámetro del extremo del rodillo de laminación es 300 mm.

**Cálculo de la Fuerza Separatriz**

$$P = KLQ \sqrt{R(h_1 - h_2)} \dots\dots\dots(4.1.9)$$

Donde:

- P : Fuerza separatriz (kgf)
- K : Resistencia para deformación homogénea plana (kgf/mm<sup>2</sup>)
- L : Ancho de la bobina (mm)
- R : Radio del rodillo en la tabla (mm)
- h1 : Espesor inicial de la cinta (mm)
- h2 : Espesor final de la cinta (mm)
- $Q = f(R/h_2)$
- R/h2 : Relación (adimensional)
- % Red : % Reducción =  $(h_1 - h_2)/h_1 * 100$

**Para nuestro caso tenemos los siguientes datos:**

- K : 16 (kgf/mm<sup>2</sup>) para el zinc laminando en caliente a 200 °C aprox (ver fig. 4.1.1).
- L : 1200 mm
- R : 300 mm (estimación preliminar)
- h1 : 6 mm
- h2 : 3 mm

$Q = f(R/h_2)$  Ver fig. 4.1.2

R/h2 :  $300/3 = 100$

% Red : % Reducción =  $(6-3)/6 * 100 = 50 \%$

De la figura 4.1.2:

$Q = 2.6$

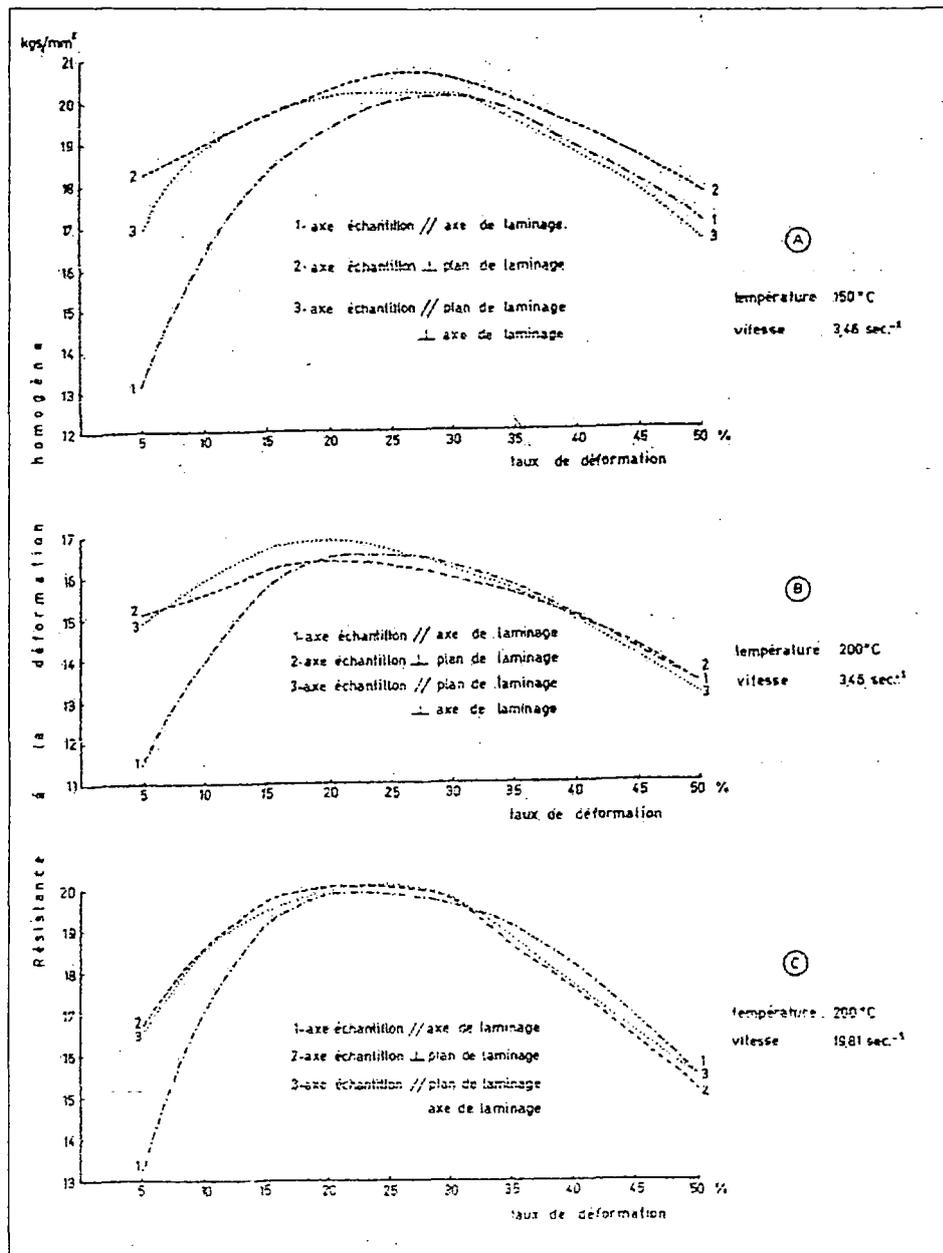


Fig. 4.1.1 Valores de la resistencia a la deformación homogénea en la aleación

Zn - Cu - Ti.

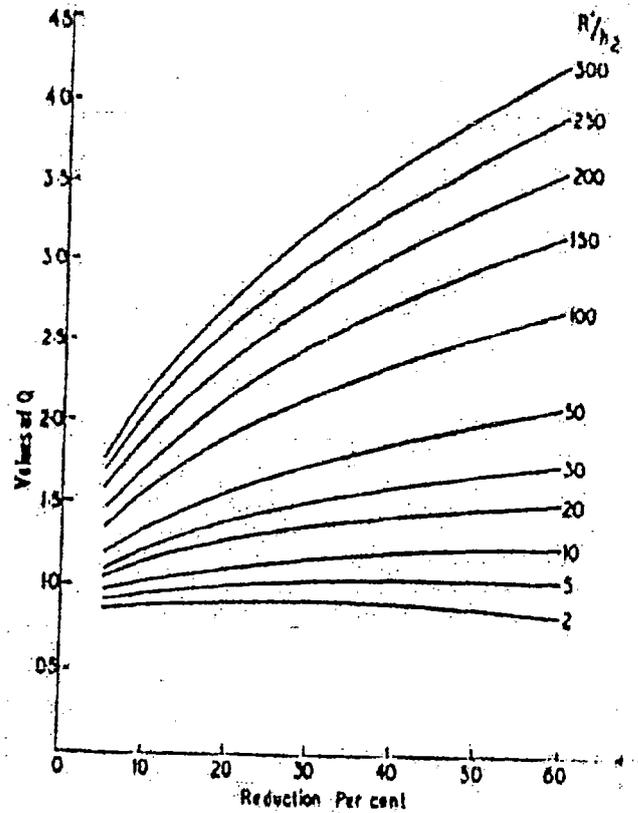


Fig. 4.1.2 Valores de Q para la ecuación 4.2.1

Reemplazando en la fórmula general:

$$P = 16 * 1200 * 2.6 * \sqrt{300(6-3)}$$

$$= 1497600 \text{ kgf}$$

**CALCULO DE LOS DIAMETROS FINALES DEL RODILLO DE LAMINACION:**

Cálculo del diámetro de la tabla según 4.1.1:

$$\sigma_{fr} = \frac{M * C_t}{I_t} = \frac{966.5P * C_t}{I_t} = \frac{1.84 * 10^9}{C_t^3}$$

Entonces:

$$\frac{1.84 * 10^9}{C_t^3} \leq 91.84$$

$$C_t = 271.60 \text{ mm}$$

Para contar con un margen de seguridad consideraremos un  $C_t = 292.10$  mm, y al reemplazarlo según 4.1.2 obtengo:

$$73.83 \text{ kgf/mm}^2 \leq 91.84 \text{ kgf/mm}^2 \quad (\text{OK})$$

**Por lo tanto el diámetro de la tabla del rodillo de laminación será 584.20 mm o 23 pulgadas. Cabe mencionar que las medidas de la tabla se suelen seleccionar para efectos de fabricación en pulgadas indicando al mismo tiempo su equivalente en mm.**

Cálculo del diámetro del cuello según la ecuación 4.1.3:

$$\sigma_{fc} = \frac{MC_c}{I_c} = \frac{255.5P * C_c}{I_c} = \frac{4.88 * 10^8}{C_c^3}$$

Según la ecuación 4.1.4

$$\tau_c = \frac{TC_c}{J_c} = \frac{(1.03 * 10^8) * C_c}{J_c} = \frac{65.57 * 10^6}{C_c^3}$$

4.1.3 y 4.1.4 en 4.1.5 considerando además el esfuerzo de fluencia ( $\sigma_f = 102.04 \text{ kgf/mm}^2$ )

$$\left( \frac{4.88 * 10^8}{C_c^3} \right)^2 + 4 \left( \frac{65.57 * 10^6}{C_c^3} \right)^2 \leq (102.04)^2$$

Donde obtenemos:

$$C_c = 170.45 \text{ mm (radio del cuello)}$$

$$\varnothing_c = 340.90 \text{ mm (diámetro del cuello)}$$

Para obtener esfuerzos que sean inferiores al límite de fluencia seleccionaremos un  $C_c = 172.91$  mm

$$\text{ó } \varnothing_c = 345.82 \text{ mm}$$

Al reemplazar según 4.1.5 tenemos:

$$93.08 \text{ kgf/mm}^2 \leq 102.0 \text{ kgf/mm}^2 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Por lo tanto el diámetro del cuello del rodillo de laminación es 345.82 mm.

Cálculo del diámetro del extremo según 4.1.7:

$$\tau_E = \frac{T * C_E}{J_E} = \frac{65.57 * 10^6}{C_E}$$

Según 4.1.8:

$$\frac{65.57 * 10^6}{C_E} \leq \tau_{TOR} \dots \dots \dots (4.1.8)$$

$$C_E = 108.72 \text{ mm}$$

$$\varnothing_E = 217.45 \text{ mm}$$

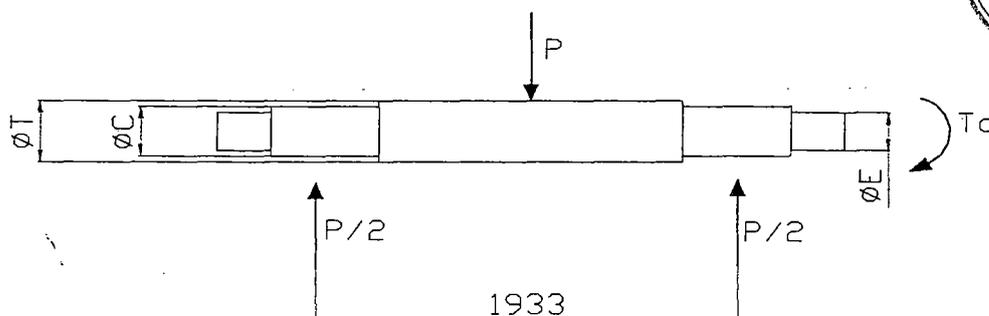
Para obtener el esfuerzo cortante que sea inferior al esfuerzo cortante del material que hemos seleccionado, escogeremos un  $C_E = 150.74 \text{ mm}$  o  $\varnothing_E = 301.48 \text{ mm}$

Por lo tanto el diámetro del extremo del rodillo de laminación es 301.48 mm.

**Resumen:**

- |                                    |   |            |
|------------------------------------|---|------------|
| - Diámetro de la tabla del rodillo | : | 584.20 mm  |
| - Diámetro del cuello del rodillo  | : | 345.82 mm. |
| - Diámetro del extremo del rodillo | : | 301.48 mm. |

## 4.2 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS DE LAMINACION



### RECALCULO DE LA FUERZA SEPARATRIZ "P"

Después de evaluar por resistencia de materiales, determinamos que el diámetro final del rodillo de laminación es 23 pulg o 584.2 mm

Para este caso tenemos los siguientes datos:

K : 16 kgf/mm<sup>2</sup> para zinc laminado a 200 °C aprox.(según fig. 4.1.1)

L : 1200 mm

R : 292.1 mm (diámetro final)

h<sub>2</sub> : 3 mm

$Q = f(R/h_2)$  Ver fig. 4.1.2

$R/h_2 : 292.1/3 = 97.36$

% Red : % Reducción =  $(6-3)/6 * 100 = 50 \%$

De la figura 4.1.2:

$Q = 2.5$

1810

$$P = 16 * 1200 * 2.5 \sqrt{292.1(6-3)}$$

Reemplazando en la fórmula general 4.1.9:

$$= 1\,420\,913.5 \text{ kgf} = 1\,420\,914 \text{ kgf}$$

Observando el diagrama de cuerpo libre podemos darnos cuenta que la carga que soporta el cuello del rodillo en el cual van alojados los rodamientos es P/2, es decir, 710 457 kgf.

Pero para efectos de prevención consideraremos un **factor de seguridad de 2**, duplicándose a 1420914 kgf la carga por bastidor. Este factor es considerado por desperfectos que podrían presentarse en la Coladora o Caster.

Debido a que la carga a considerar es alta, debo elegir rodamientos de rodillos cónicos de hilera cuádruple (dimensiones en mm).

Por lo tanto el rodamiento seleccionado es el siguiente:

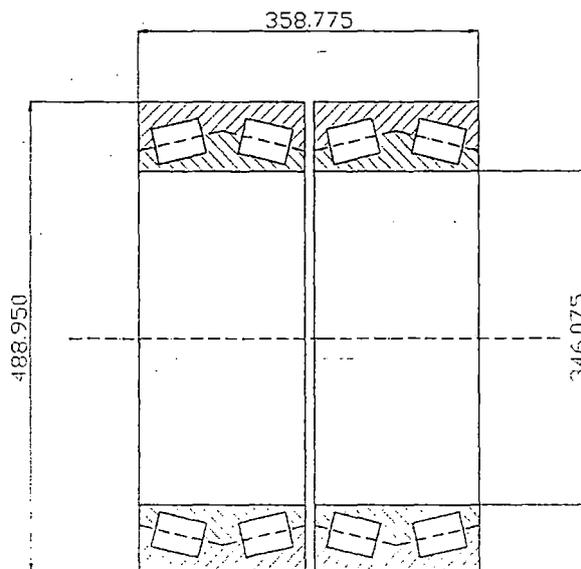


Fig. 4.2.1 Rodamiento de rodillos cónicos de cuatro hileras TQOW de la marca TIMKEN.

El rodamiento seleccionado consta con las siguientes características:

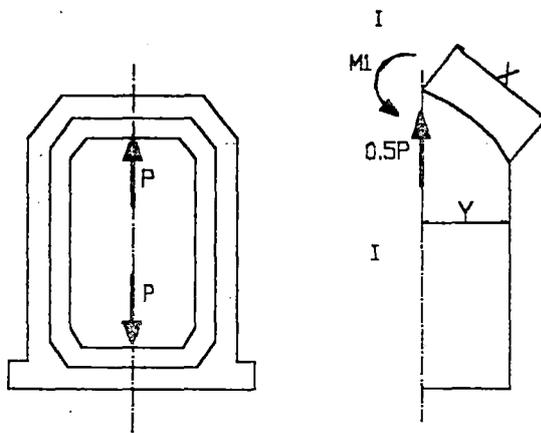
DIMENSIONES (mm)			FUERZA (kgf)	MASA	SERIE RODAMIENTO
d	D	T	CARGA RADIAL ESTATICA	(kg)	
346.075	488.950	358.775	1534694	225	HM262700

### 4.3 ESTUDIO Y CALCULO PARA MODIFICACIÓN DE BASTIDOR

#### Cálculo de la resistencia para esfuerzos verticales en los castilletes cerrados por la parte superior

En cada castillete actúan dos fuerzas "P" a lo largo de su eje. Tomemos un castillete de forma cualquiera, pero que sea simétrica alrededor del eje vertical (Fig. 4.3.1)

Seccionemos los castilletes en la mitad del travesaño superior (sección I-I). En esta sección, en cada rama del castillete, las fuerzas son: la mitad de la fuerza "P" y el momento estático indefinido M1 (además con momentos de inercia no idénticos de los travesaños superior e inferior existirá una fuerza horizontal también, la cual no consideraremos, puesto que los momentos de inercia de los travesaños difieren generalmente poco uno de otro). Como el castillete es simétrico el momento M1 puede determinarse de la energía potencial de la deformación elástica de una de sus mitades, es decir, de acuerdo con el sistema básico de la figura 4.3.1 (a la derecha).



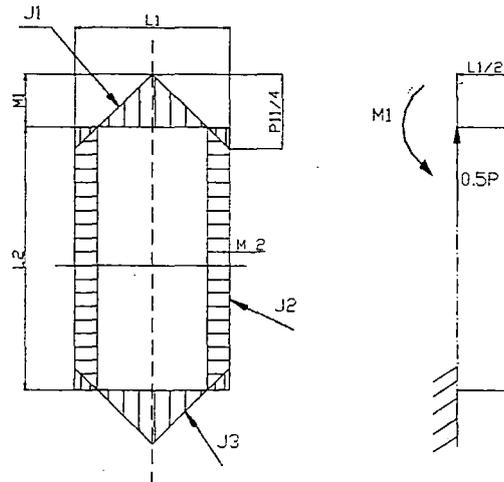


Fig. 4.3.2 Curva de los momentos flectores para castillete rectangular

El ángulo de revolución de la sección I-I bajo la carga es igual a cero, es decir, de acuerdo con el teorema de Castigliano:

$$\theta_1 = \int \frac{M_x}{EI_x} * \frac{\partial M_x}{\partial M_1} dx = 0 \dots \dots \dots (4.3.1)$$

Donde E es el módulo de elasticidad;

x es la longitud de la línea neutra del castillete entre la sección transversal I-I y la sección transversal en cuestión;

Mx es el momento flector;

Ix es el momento de Inercia de la sección del castillete en cuestión.

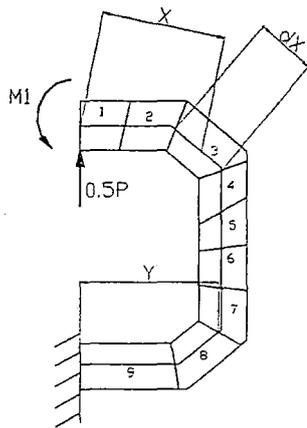


Fig. 4.3.3 Esquema de cálculo para la determinación de \$M\_1\$ por un método analítico gráfico. Consideraremos positivo el valor \$M\_x\$ si este crea tensiones de tracción en la línea interna de flujo del castillete:

$$M_x = \frac{P}{2}y - M_1 \dots \dots \dots (4.3.2)$$

Donde \$y\$ es el brazo de palanca de la fuerza \$P/2\$ con relación a la sección en cuestión. La derivada del momento es igual a:

Omitiendo \$E\$, considerada como constante, la ecuación (4.3.1) después de la sustitución queda de la siguiente forma:

$$\frac{\partial M_x}{\partial M_1} = -1$$

De aquí podemos definir el valor deseado:

$$\int \left( \frac{P}{2}y - M_1 \right) \frac{d_x}{I_x} = 0 \dots \dots \dots 4.3.1.a$$

Para encontrar \$M\_1\$ a partir de esta ecuación, es necesario expresar \$y\$ en función de \$x\$. Examinemos algunos de casos particulares.

Un castillete rectangular con diversos momentos de inercia de los travesaños (Fig 4.3.2) En conformidad con las ecuaciones reducidas, será considerado de la siguiente manera.

De la ecuación (4.3.3) determinaremos el momento \$M\_1\$

$$M_1 = \frac{P}{2} \frac{\int y \frac{d_x}{I_x}}{\int \frac{d_x}{I_x}} \dots \dots \dots (4.3.3)$$

Aquí la relación  $y = f(x)$  es simple: para los travesaños  $y = x$  y para los postes  $y = l/2$ . En consecuencia:

$$M_1 = \frac{P}{2} \frac{\int y \frac{d_x}{I_x}}{\int \frac{d_x}{I_x}}$$

$$= \frac{P}{2} \frac{\frac{1}{I_1} \int_0^{l_1/2} x dx + \frac{1}{I_2} \int_0^{l_2/2} \frac{l_1}{2} dx + \frac{1}{I_3} \int_0^{l_1/2} x dx}{\frac{1}{I_1} \int_0^{l_1/2} dx + \frac{1}{I_2} \int_0^{l_2/2} dx + \frac{1}{I_3} \int_0^{l_1/2} dx}$$

Donde  $l_1$  y  $l_2$  son las longitudes de los travesaños y los postes a lo largo de la línea neutra

$I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  son los momentos de inercia del travesaño superior, los postes y el travesaño inferior.

En consecuencia:

$$M_1 = \frac{Pl_1}{4} \frac{\frac{l_1}{4I_1} + \frac{l_2}{I_2} + \frac{l_1}{4I_3}}{\frac{l_1}{2I_1} + \frac{l_2}{I_2} + \frac{l_1}{2I_3}} \dots \dots \dots (4.3.4)$$

La curva de los momentos es dada por la ecuación (4.3.2) según la cual el momento en el poste es igual a (ver fig 4.3.2):

$$M_2 = \frac{Pl_1}{4} - M_1 \dots \dots \dots (4.3.5)$$

Las tensiones unitarias en el castillete serán:

a) **En la mitad del travesaño superior:**

En la línea interna (compresión):

$$\sigma_{int} = -\frac{M_1}{W_{int}} \dots \dots \dots (4.3.6)$$

En la línea externa (tracción):

$$\sigma_{ext} = \frac{M_1}{W_{ext}} \dots \dots \dots (4.3.6a)$$

**b) En el poste:**

En la línea interna (tracción):

$$\sigma_{int} = \frac{P}{2F_2} + \frac{M_2}{W_{int}} \dots \dots \dots (4.3.7)$$

En la línea externa:

$$\sigma_{ext} = \frac{P}{2F_2} - \frac{M_2}{W_{ext}} \dots \dots \dots (4.3.8)$$

No pudiendo predecirse de antemano si será tracción o compresión.

**c) En la mitad del travesaño inferior**

En la línea interna (compresión):

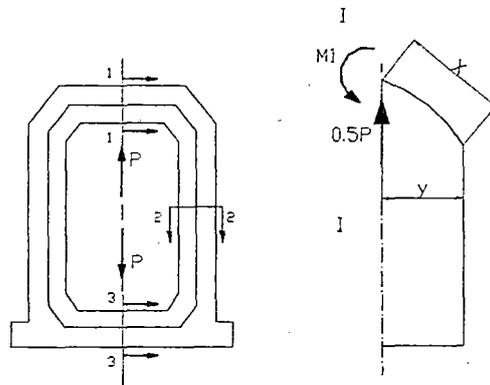
$$\sigma_{int} = -\frac{M_1}{W_{int}} \dots \dots \dots (4.3.9)$$

En la línea externa (tracción):

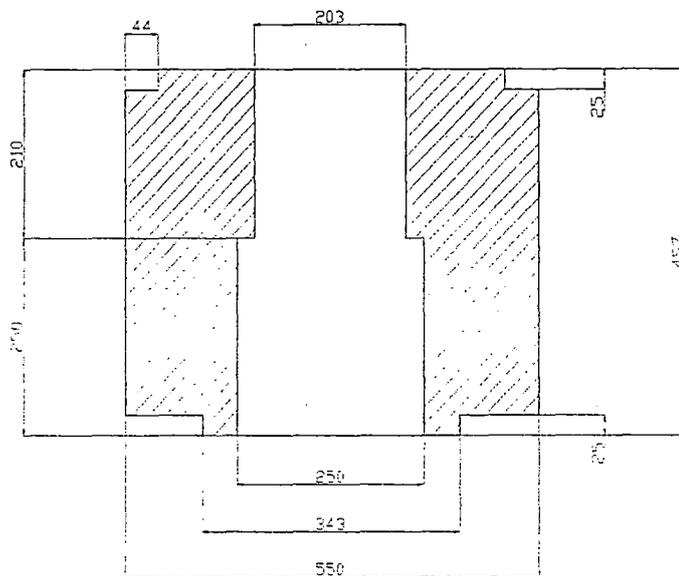
$$\sigma_{ext} = \frac{M_1}{W_{ext}} \dots \dots \dots (4.3.9a)$$

$F_2$ ,  $W_{int}$ ,  $W_{ext}$  representan las áreas de las secciones transversales del poste y los momentos de resistencia de las secciones transversales en las líneas externa e interna de los travesaños respectivamente.

**CALCULO DE LA RESISTENCIA PARA ESFUERZOS VERTICALES EN LOS CASTILLETES CERRADOS POR LA PARTE SUPERIOR**

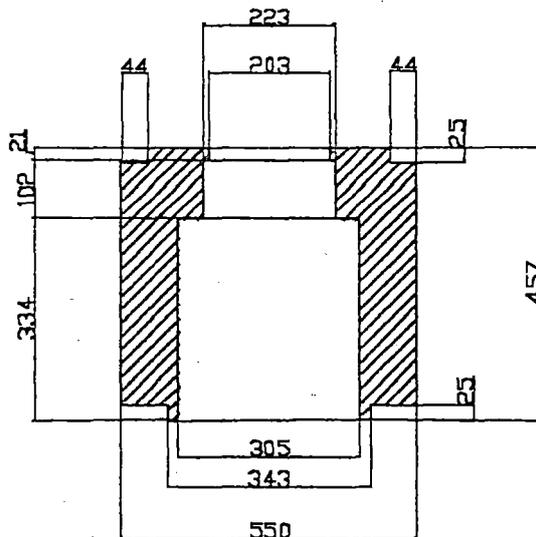


**Sección 1-1 (travesaño superior antiguo):**

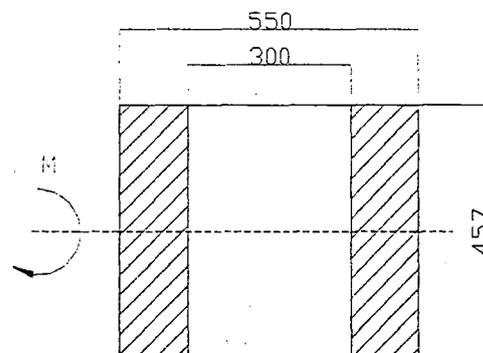


Ya que la fuerza separatriz a utilizar en el Proyecto es mayor, entonces se tiene que aumentar el diámetro del tornillo y por consiguiente su alojamiento en el travesano superior por lo tanto la sección transversal que se muestra es la sección propuesta:

**SECCIÓN 1-1 (PROPUESTA):**



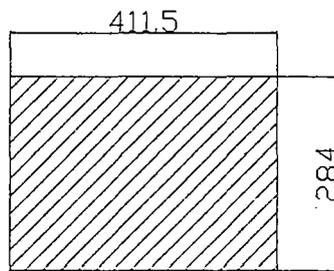
**SECCION 1-1 PROPUESTA (SIMPLIFICADA Y EQUIVALENTE):**



Momento de Inercia (I):

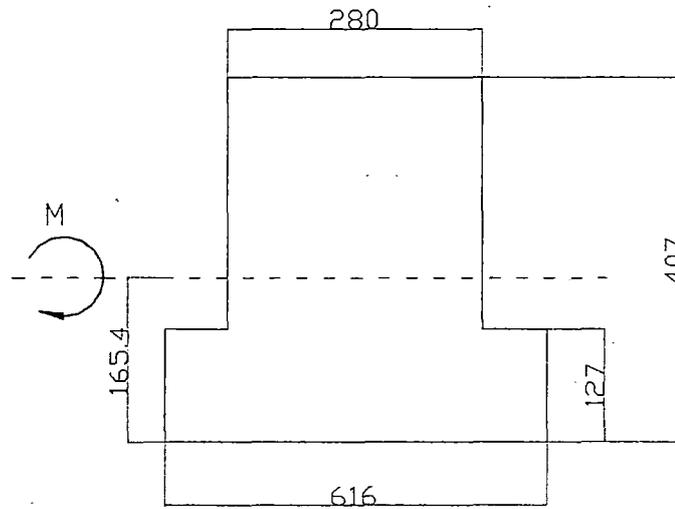
$$I_{1-1} = \frac{bh^3}{12} - \frac{b'h'^3}{12}$$
$$= \frac{550 * 457^3}{12} - \frac{300 * 457^3}{12} = 1.99 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

SECCION 2-2 PROPUESTA (Sección original 427.5 mm\* 284 mm):



$$I_{2-2} = \frac{411.5 * 284^3}{12} = 7.85 * 10^8 \text{ mm}^4$$

**SECCION 3-3 (No cambia la sección transversal):**



**Cálculo de la línea neutra:**

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n A_i y_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$y = \frac{2A_1 y_1 + A_2 y_2}{2A_1 + A_2} = \frac{2(127 * 168) * 63.5 + (280 * 407) * 203.5}{2(127 * 168) + (280 * 407)}$$

$$= 165.4 \text{ mm}$$

**Momento de Inercia (I):**

$$I_{3-3} = \sum_{i=1}^n I_i + A_i d_i^2$$

$$= 2(I_1 + A_1 d_1^2) + I_2 + A_2 d_2^2$$

$$= 2 \left( \frac{168 * 127^3}{12} + 168 * 127 * 101.9^2 \right) + \frac{280 * 407^3}{12} + 280 * 407 * 38.1^2$$

$$= 2.24 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

### Cálculo del momento M1 y M2:

De acuerdo a las fórmulas 4.3.4 y 4.3.5

Donde  $l_1$  y  $l_3$  son las longitudes de los travesaños superior e inferior y  $l_2$  es la longitud del poste a lo largo de la línea neutra.

$I_1$ ,  $I_3$  y  $I_2$  son los momentos de inercia del travesaño superior e inferior y el momento de inercia del poste.

Por otro lado tenemos que:

$$P = \text{Carga vertical} = 1\,420\,914 \text{ kgf}$$

$$l_1 = l_3 = 1021.5 \text{ mm}$$

$$l_2 = 1966.1 \text{ mm}$$

$$I_1 = I_{1-1} = 1.99 * 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_{2-2} = 7.85 * 10^8 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = I_{3-3} = 2.24 * 10^9 \text{ mm}^4$$

Reemplazando valores en (4.3.4):

$$M_1 = 3.33 * 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

De la ecuación (4.3.5):

$$M_2 = 2.99 * 10^7 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

### CALCULO DE ESFUERZOS EN EL TRAVESAÑO SUPERIOR

En la mitad del travesaño:

En la línea interna (compresión), según la ecuación 4.3.6 tenemos:

$$\sigma_{\text{int}} = - \frac{3.33 * 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{mm}}{8.71 * 10^6 \text{ mm}^3}$$

$$= - 38.24 \text{ kgf/mm}^2$$

En la línea externa (tracción) en la ecuación 4.3.6a

$$\sigma_{ext} = \frac{3.33 * 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{mm}}{8.71 * 10^6 \text{ mm}^3}$$

$$= 38.24 \text{ kgf/mm}^2$$

### CALCULO DE ESFUERZOS EN LAS COLUMNAS VERTICALES

En la línea interna (tracción)

Según la ecuación 4.3.7:

$$\sigma_{int} = \frac{1420914}{2 * 116866} + \frac{2.99 * 10^7}{3.82 * 10^6}$$

$$= 13.91 \text{ kgf/mm}^2$$

En la línea externa

Según la ecuación 4.3.8:

$$\sigma_{ext} = \frac{1420914}{2 * 116866} - \frac{2.99 * 10^7}{3.82 * 10^6}$$

$$= - 1.75 \text{ kgf/mm}^2$$

### CALCULO DE ESFUERZOS EN EL TRAVESAÑO INFERIOR

En la mitad del travesaño:

En la línea interna (compresión), según la ecuación 4.3.9 tenemos:

$$\sigma_{int} = - \frac{3.33 * 10^8 \text{ kgf} * \text{mm}}{9.27 * 10^6 \text{ mm}^3}$$

$$= - 35.92 \text{ kgf/mm}^2$$

En la línea externa (tracción) en la ecuación 4.3.9a

$$\sigma_{ext} = \frac{3.33 * 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{mm}}{13.54 * 10^6 \text{ mm}^3}$$

$$= 24.59 \text{ kgf/mm}^2$$

	ESF. LINEA INTERIOR (kgf/mm <sup>2</sup> )	ESF. LINEA EXTERIOR (kgf/mm <sup>2</sup> )
TRAVESAÑO SUPERIOR	- 38.24	38.24
COLUMNA	13.91	- 1.75
TRAVESAÑO INFERIOR	- 35.92	24.59

Consideramos el esfuerzo crítico 38.24 kgf/mm<sup>2</sup>, el cual se lleva en la sección del travesaño superior debido al agujero que permite el alojamiento del buje para el alojamiento del tornillo de la testera, el cual también trabaja como una columna durante la laminación.

**El material de los bastidores de la laminadora es de acero fundido aleado para el cual tenemos según la norma DIN 1681 los esfuerzos a tracción y compresión permisibles son aproximadamente de 70 kgf/mm<sup>2</sup>.**

Y como el coeficiente de seguridad es:

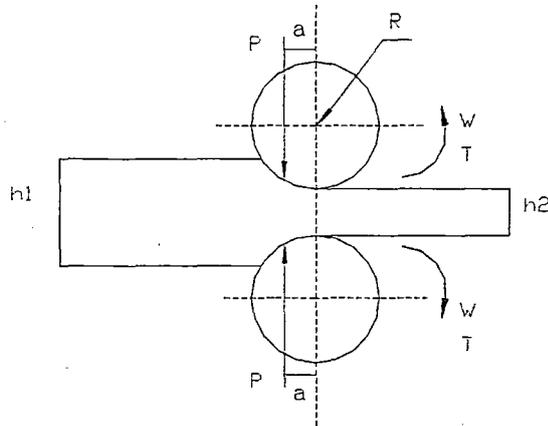
$$\text{COEFICIENTE SEGURIDAD} = \text{ESFUERZO PERMISIBLE} / \text{ESFUERZO DEMANDADO}$$

$$= 70 / 38.24 = 1.83$$

**Entonces podemos tener la seguridad que nuestro bastidor va a laminar con un coeficiente de seguridad de 1.83**

#### 4.4 SELECCIÓN DE MOTOR PRINCIPAL

Calcularemos el torque necesario para mover los rodillos de laminación:



TORQUE NECESARIO PARA EL LAMINADO:

$$T = 2 * P * a \dots \dots \dots (4.4.1)$$

Donde:

T : Torque necesario para el laminado (N \* m)

P : Fuerza separatriz (N)

a : Brazo de momento para laminación en caliente (m)

En donde:

$$a = (0.3 @ 0.5) * \sqrt{R(h_1 - h_2)} \dots \dots \dots (4.4.2)$$

POTENCIA REAL PARA EL LAMINADO

$$Pot = T * w \dots \dots \dots (4.4.3)$$

Pot : Potencia real para el laminado (wats)

T : Torque necesario para el laminado (N \* m)

w : Velocidad angular (rad/s)

**Potencia total para el laminado:**

$$Pot_{tot} = Pot / (n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5) \dots \dots \dots (4.4.4)$$

Donde:

Pot\_tot : Potencia total para el laminado (wats)

Pot : Potencia real para el laminado (wats)

n<sub>1</sub> : Eficiencia de transmisión del eje del motor principal y el eje de entrada del reductor N° 1

n<sub>2</sub> : Eficiencia de transmisión del eje de salida del reductor N° 1 y el eje de entrada del reductor N°2

n<sub>3</sub> : Eficiencia de transmisión del eje de salida del reductor N° 2 y el eje de entrada de la caja inversora

n<sub>4</sub> : Eficiencia de transmisión del eje de salida de la caja inversora y la entrada del eje de cardán que impulsa al rodillo de laminación

n<sub>5</sub> : Eficiencia de transmisión de la salida del eje de cardán y el rodillo de laminación.

**Para nuestro caso reemplazamos en 4.4.2:**

$$a = 0.5 \sqrt{292.1(6-3)}$$

$$= 14.80 \text{ mm} = 0.014 \text{ m (con el fin de encontrar el torque crítico)}$$

$$P = 1420914 \text{ kgf} = 13924957 \text{ N}$$

**Reemplazando en la fórmula del Torque 4.4.3:**

$$T = 2 * 13924957 * 0.014$$

$$= 389898.8 \text{ N m}$$

w = 0.085 rad/s = 0.817 rpm (sabiendo que el rodillo debe girar de 1@1.5 m/min, el motor gira a 900 rpm y posee 2 reductores, el primero con una relación de 29:1 y el segundo con una relación de 35:1 )

**Reemplazando en la fórmula de Potencia Real para el Laminado 4.4.3:**

$$\text{Pot} = 389898.8 * 0.817 = 33141 \text{ W} = 33.1 \text{ kW} = 44.4 \text{ hp}$$

**Reemplazando datos para la Potencia total para el laminado 4.4.4:**

$$\text{Pot}_{\text{tot}} = 44.4 / 0.98 * 0.95 * 0.95 * 0.95 * 0.95 = 55.6 \text{ hp} = 56 \text{ hp}$$

Esta potencia será multiplicada con un factor de seguridad de 2, debido ha algunos problemas que podrían presentarse en la colada.

$$56 * 2 = 112 \text{ hp}$$

Al buscar en los catálogos seleccionamos un motor estándar con las siguientes características:

Potencia	:	125 hp
Velocidad	:	900 rpm (Sync)
Fases	:	Trifásico
Frecuencia	:	60 Hz
Voltaje	:	460 V
Amperaje	:	169 A
Trabajo	:	Continuo
Factor servicio	:	1
Torque nominal:		737.4 lbf.ft
Torque arranque:		900 lbf.ft
Torque máximo:		1750 lbf.ft
Peso aprox motor:		2250 lb
Rodamiento	:	Bolas
Modelo	:	WP00908Bb

#### 4.5 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

Nuestra laminadora se encontrará refrigerada por medio de un circuito cerrado, el cual se encargará de absorber el calor excedente producido por la laminación en caliente (220 °C). El flujo de calor a intercambiar asciende a 57.7 kW aproximadamente.

Para dicho efecto seleccionaremos el intercambiador de calor, la bomba de alimentación al circuito cerrado y la bomba de retorno al tanque.

#### ESQUEMA DE CIRCUITO CERRADO PARA REFRIGERACION DE LA LAMINADORA:

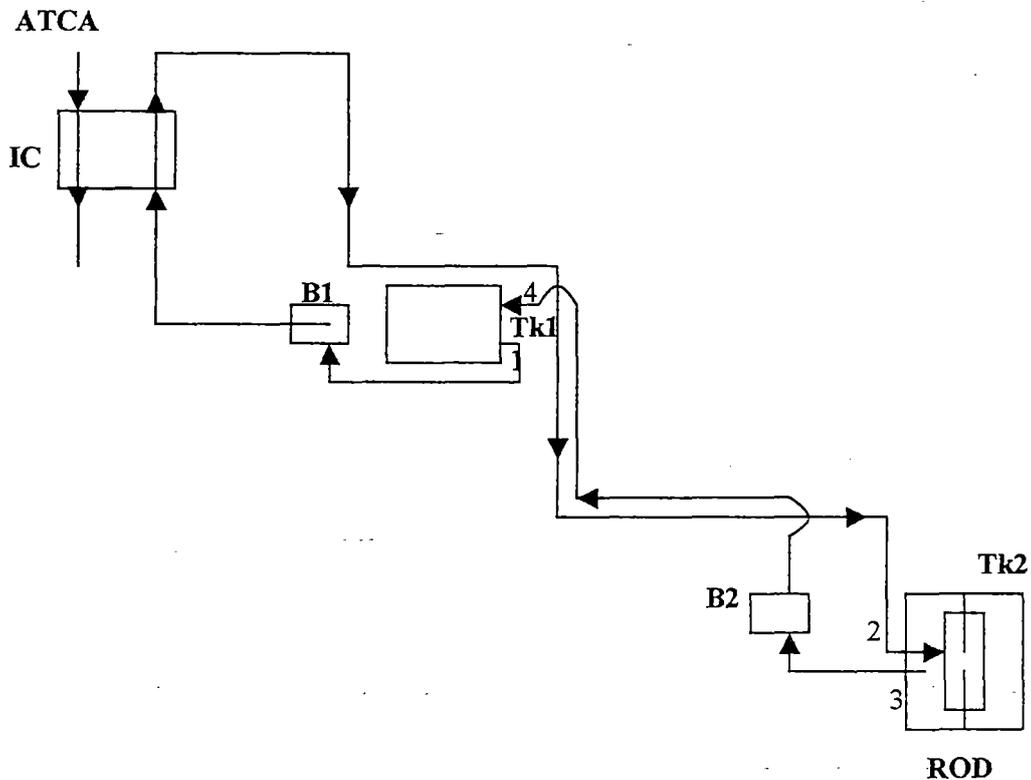


Figura 4.5.1 Esquema del circuito cerrado para la refrigeración de la laminadora

Del esquema tenemos:

ATCA : Agua de la torre del circuito abierto

IC : Intercambiador de calor

Tk1 : Tanque de emulsión N° 1 (temperatura de almacenamiento a 40° C)

B1 : Bomba N° 1 (succiona del T1 y los lleva a los rodillos para refrigerarlos)

Tk2 : Tanque de emulsión N° 2 (recepiona el refrigerante que se escurre de los

rodillos y lo almacena a 40° C aproximadamente)

- B2 : Bomba N° 2 (succiona del Tk2 y lo retorna al tanque de emulsión N°1)
- ROD : Rodillos de laminación de laminadora.
- 1: Succión del refrigerante del Tk1
- 2 : Inyección del refrigerante frío a los rodillos de laminación (30°C aprox)
- 3 : Toma del refrigerante caliente del Tk2 (40°C aprox)
- 4 : Punto de retorno del refrigerante caliente al Tk1 (40°C aprox)

### SELECCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

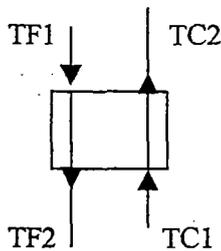


Figura 4.5.2 Esquema del intercambiador de calor para la refrigeración de la laminadora

#### Donde:

- TC1 : Temperatura de ingreso del agua de refrigeración al intercambiador de calor (40° C aprox)
- TC2 : Temperatura de salida del agua de refrigeración del intercambiador de calor (30° C aprox)
- TF1 : Temperatura de ingreso del agua blanda proveniente de la torre de enfriamiento al intercambiador de calor (27° C)
- TF2 : Temperatura de salida del agua blanda del intercambiador de calor perteneciente al circuito abierto(30° C)

En nuestro cuarto de bombas propuesto contamos con los siguientes datos de ingreso y salida en el intercambiador:

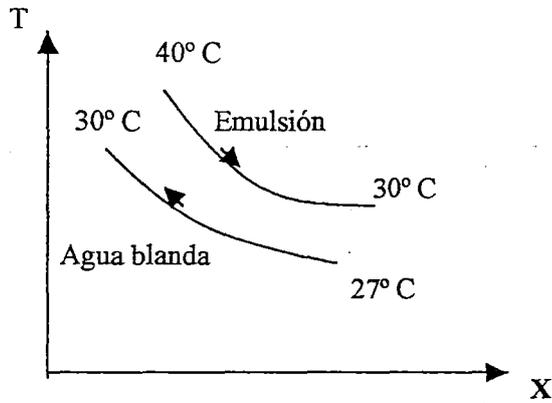


Figura 4.5.3 Esquema de las temperaturas de ingreso y salida en el intercambiador de calor para la refrigeración de la laminadora.

Estimación del flujo másico requerido en el sistema de enfriamiento

$$q' = m' C_e * \Delta T \dots\dots\dots (4.5.1)$$

$$m' = \frac{q'}{C_e * \Delta T} \dots\dots\dots (4.5.2)$$

Donde:

- $m'$  : Es el flujo másico en kg/s
- $q'$  : Es el calor excedente que debe disipar el intercambiador de calor (57700 W)
- $C_e$  : Calor específico del agua (4186 J/kg K)
- $\Delta T$  : Variación de temperatura de la emulsión (K)

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 40^\circ \text{C} - 30^\circ \text{C} = 10^\circ \text{C}$$

Cualesquiera que sean las unidades la diferencia siempre serán 10 unidades

Reemplazando en 4.5.2

$$m' = 57700 / 4186 * 10 = 1.38 \text{ kg/s (vemos que el flujo másico es pequeño)}$$

Sabemos que  $Q' = m' / \rho \dots\dots\dots (*)$

Donde:

$\rho$  : Densidad del agua ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q'$  : Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Reemplazando en (\*) tenemos el caudal:

$$Q' = 1.38 / 994$$

$$= 1.39 * 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} = 5 \text{ m}^3 / \text{h} = 22 \text{ gpm}$$

Debido a que el flujo másico es pequeño entonces el caudal también lo será.

Por lo tanto seleccionaré un intercambiador de calor de placas por presentar las siguientes características:

- **Menor caudal de agua de refrigeración**
- Mantenimiento sencillo
- Requiere poco espacio
- **Gran eficiencia térmica**
- Flexibilidad
- Bajo contenido de líquido
- Poco peso
- Bajo costo de inversión

Por otro lado tenemos que:

$$q' = UAf * LMTD \dots \dots \dots (4.5.3)$$

**Donde:**

$q'$  : Calor excedente que debe intercambiar el intercambiador calor (57700 W)

$U$  : Coeficiente global de transferencia de calor ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$A$  : Area de transferencia ( $\text{m}^2$ )

$f$  : Factor de corrección

$LMTD$  : Diferencia media logarítmica de temperatura ( $^\circ\text{C}$ )

**Reemplazando datos:**

$$\Delta T_{max} = 40 - 30 = 10$$

$$\Delta T_{min} = 30 - 27 = 3$$

$$LMTD = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}\right)}$$

$$LMTD = \frac{10-3}{\ln\left(\frac{10}{3}\right)} = 5.81^{\circ}C$$

Reemplazando datos en (4.5.3) :

$$q' = UAf * LMTD = 57700 \text{ W (potencia que necesita disipar el intercambiador)}$$

Considerando  $f = 1$  (debido a que no existen tablas para intercambiadores de calor de placas que me permitan conocer el factor de corrección)

$$q' = UA * 1 * 5.81 = 57700$$

Evaluando por iteración en tablas de intercambiadores de placas de la marca ALFA LAVAL en donde:

$$U = 4146 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}C \text{ (en servicio)}$$

$$A = 2.4 \text{ m}^2$$

Reemplazando en 4.5.3:

$$q = 4146 * 2.4 * 1 * 5.81 = 57811.8 \text{ W} = 57.8 \text{ kW}$$

Por lo tanto se ha seleccionado un intercambiador de calor de placas cuyas especificaciones técnicas de ALFA LAVAL para 22 gpm y modelo M6-M son las siguientes:

<u>DESCRIPCION</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>LADO CALIENTE</u>	<u>LADO FRIO</u>
Fluido	----	Agua	Agua
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	993.2	995.0
Calor específico	kJ/kg*K	4.18	4.18
Caudales	m <sup>3</sup> /h	5.00	16.56
Temp. de entrada	°C	40.0	27.0
Temp. de salida	°C	30.0	30.0
Calor intercambiado	kW	57.8	----
LMTD	K	5.8	----

Coefficiente de transmisión	W/ m <sup>2</sup> *K	4146	----
Area de transferencia	m <sup>2</sup>	2.4	----
Dirección de los flujos	----	En contra flujo	----
Número de placas	----	19	----
Placas efectivas	----	17	----
Material de placas / espesor	----	AISI 316 / 0.50 mm	----
Presión de diseño / prueba	barg	5.0 / 6.5	5.0 / 6.5
Temperatura de diseño	°C	40.0	30.0

Podemos observar que se requiere un intercambiador que pueda intercambiar 57.7 kW y que el intercambiador seleccionado puede intercambiar 57.8 kW (con 17 placas efectivas), pero la capacidad de intercambio podría aumentar o disminuir en función de la demanda del Sistema de Refrigeración, ya que el intercambiador de placas me permite rediseñar por simple adición, eliminación o reagrupación de las placas en el bastidor.

### SELECCIÓN DE LA BOMBA DE ALIMENTACION B1 AL CIRCUITO CERRADO

(BOMBA DE TRABAJO O BOMBA DE REPUESTO)

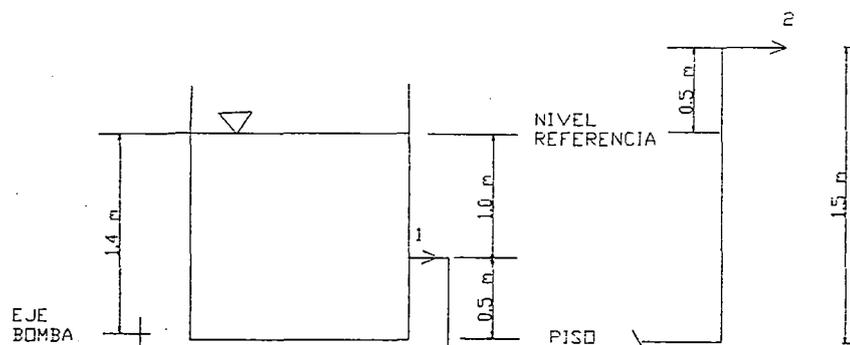


Figura 4.5.4 Succión de bomba desde el punto 1 hasta la descarga a los rodillos en el punto 2

Aplicando la ecuación de energía de Bernoulli para los puntos 1 y 2

Donde:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + HB = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + hp_{1-2}$$

$$HB = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} - \frac{P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + hp_{1-2} \dots \dots \dots (4.5.4)$$

- HB : Altura útil, neta ó efectiva
- $V^2/2g$  : Energía cinética, altura cinética, altura de velocidad ó altura dinámica
- $P/\gamma$  : Energía de presión, altura de presión, altura estática ó altura piezométrica
- Z : Altura potencial, energía potencial ó altura geodésica

**Cálculo de la energía cinética**

$$V = \frac{m'}{\rho * A} \dots \dots \dots (4.5.5)$$

- V : Velocidad (m/s)
- $m'$  : Flujo másico (kg/s)
- $\rho$  : Densidad (kg/m<sup>3</sup>)
- A : Area de la tubería (m<sup>2</sup>)

Reemplazando valores en 4.5.5

$$V_1 = 1.38 / 993.2 * 0.00114 = 1.219 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 1.38 / 993.2 * 0.0001266 = 10.975 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} = \frac{10.975^2 - 1.219^2}{2 * 9.81}$$

$$= 6.063 \text{ m}$$

### Cálculo de la energía de presión

Donde:

$P_1$  : Presión

$\gamma$  : Peso específico

Aplicando Bernoulli en el punto 1 y el espejo de agua del tanque N° 1 (considerando que el nivel de referencia se encuentra en el espejo y por consiguiente la cota debajo del nivel de referencia es negativa)

$$\frac{P_1}{\gamma} = Z_1 - \frac{V_1^2}{2g}$$

$$= 1 - \frac{1.219^2}{2} * 9.81 = 0.924 \text{ m}$$

### Cálculo de la altura potencial

Donde:

$Z_1$  : Desde el nivel de referencia al punto de la toma de agua (negativo)

$Z_2$  : Desde el nivel de referencia al punto de salida (positivo)

$$Z_2 - Z_1 = 0.5 - (-1) = 1.5$$

### Cálculo de las pérdidas primarias y secundarias

$$h_{p_{1-2}} = f \frac{LV^2}{D2g} + K \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (4.5.6)$$

### Cálculo de las pérdidas primarias

$$h_{p_{prim1-2}} = f \frac{LV^2}{D2g} \dots \dots \dots (4.5.6a)$$

Donde:

$f$  : Es el factor de fricción en tuberías

$L$  : Es la longitud total de tubería (53.45 m)

$D$  : Diámetro de la tubería 1½" (0.0381 m)

$V$  : Velocidad del fluido en la tubería (1.219 m/s)

$g$  : Aceleración de la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

Hallando  $f$ :

Para ello debemos conocer  $Re$  y  $\varepsilon'$

Donde:

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(4.5.7)$$

$Re$  : Es el número de Reynolds (adimensional)

$V$  : Velocidad del fluido en la tubería ( $1.218 \text{ m/s}$ )

$D$  : Diámetro de la tubería  $1\frac{1}{2}$ " ( $0.0381 \text{ m}$ )

$\nu$  : Viscosidad cinemática a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $8.01 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ )

Reemplazando datos:

$$Re = \frac{1.218 \cdot 0.0381}{8.01 \cdot 10^{-7}} = 57934.831$$

Se trata entonces de un flujo turbulento

Por otro lado tenemos que:

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{D} \dots\dots\dots(4.5.8)$$

$\varepsilon'$  : Rugosidad relativa

$\varepsilon$  : Rugosidad absoluta para el acero comercial ó Fe dulce ( $0.000046 \text{ m}$ )

$D$  : Diámetro de la tubería de  $1\frac{1}{2}$ " ( $0.0381 \text{ m}$ )

Reemplazando datos en 4.5.8:

$$\varepsilon' = \frac{0.000046}{0.0381} = 0.0012$$

Con  $Re$  y  $\varepsilon'$  obtengo del diagrama de Moody para el factor de fricción  $f$ :

Del diagrama obtenemos que  $f = 0.0245$

Reemplazando datos en 4.5.7

$$h_{p_{prim1-2}} = 0.0245 * \frac{53.45}{0.0381} * \frac{1.218^2}{2 * 9.81}$$
$$= 2.60 \text{ m}$$

**Cálculo de las pérdidas secundarias**

$$h_{p_{sec1-2}} = \frac{KV^2}{2g} \dots\dots\dots(4.5.9)$$

Donde:

- K : Coeficiente de resistencia para codos y accesorios
- V : Velocidad del fluido en la tubería (1.219 m/s)
- g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

DESCRIPCION	CANTIDAD	K (PROMEDIO)
Codos 90° de 1½" (estándar)	15	1.225
Válvula Lateral 1½"	1	1.5
Válvula Check 1½"	4	2.5
Valv multipropósito 1½" (compuerta)	1	5.35
Difusor (1" a 1½")	1	0.6
Difusor (1½" a 2")	1	0.6
Tobera (1½" a ½")	1	0.02
Tobera (2" a 1½")	1	0.02

Reemplazando en 4.5.9:

$$h_{p_{sec1-2}} = \frac{1.218^2}{2 * 9.81} [15 * 1.225 + 1 * 1.5 + 4 * 2.5 + 1 * 5.35 + 2 * 0.6 + 2 * 0.02]$$
$$= 2.76 \text{ m}$$

Reemplazando en 4.5.6:

$$h_{p_{1-2}} = 2.60 + 2.76 = 5.36 \text{ m}$$

Reemplazando datos en 4.5.4 para la altura útil HB:

$$HB = 6.063 - 0.924 + 1.5 + 5.36 = 12 \text{ m}$$

### Cálculo de la potencia hidráulica de la bomba

$$Pot_H = \frac{\gamma * Q' * HB}{76} \dots\dots\dots(4.5.9a)$$

Donde:

$Pot_H$  : Potencia hidráulica

$\gamma$  : Peso específico (993.2 kgf/m<sup>3</sup>)

$Q'$  : Caudal (0.001388 m<sup>3</sup>/s)

$HB$  : Altura útil (12 m)

76 : Factor de conversión para obtener la potencia en hp

Reemplazando datos en 4.5.9a

$$Pot_H = 993.2 * 0.001388 * 12 / 76$$
$$= 0.218 \text{ hp}$$

### Cálculo de la potencia al eje de la bomba

Donde:

$$Pot_{EJE} = \frac{Pot_H}{\eta} \dots\dots\dots(4.5.9b)$$

$Pot_{EJE}$  : Potencia al eje de la bomba

$\eta$  : Eficiencia de la bomba (70 %)

Reemplazando:

$$Pot_{EJE} = 0.218 / 0.70$$
$$= 0.31 \text{ hp}$$

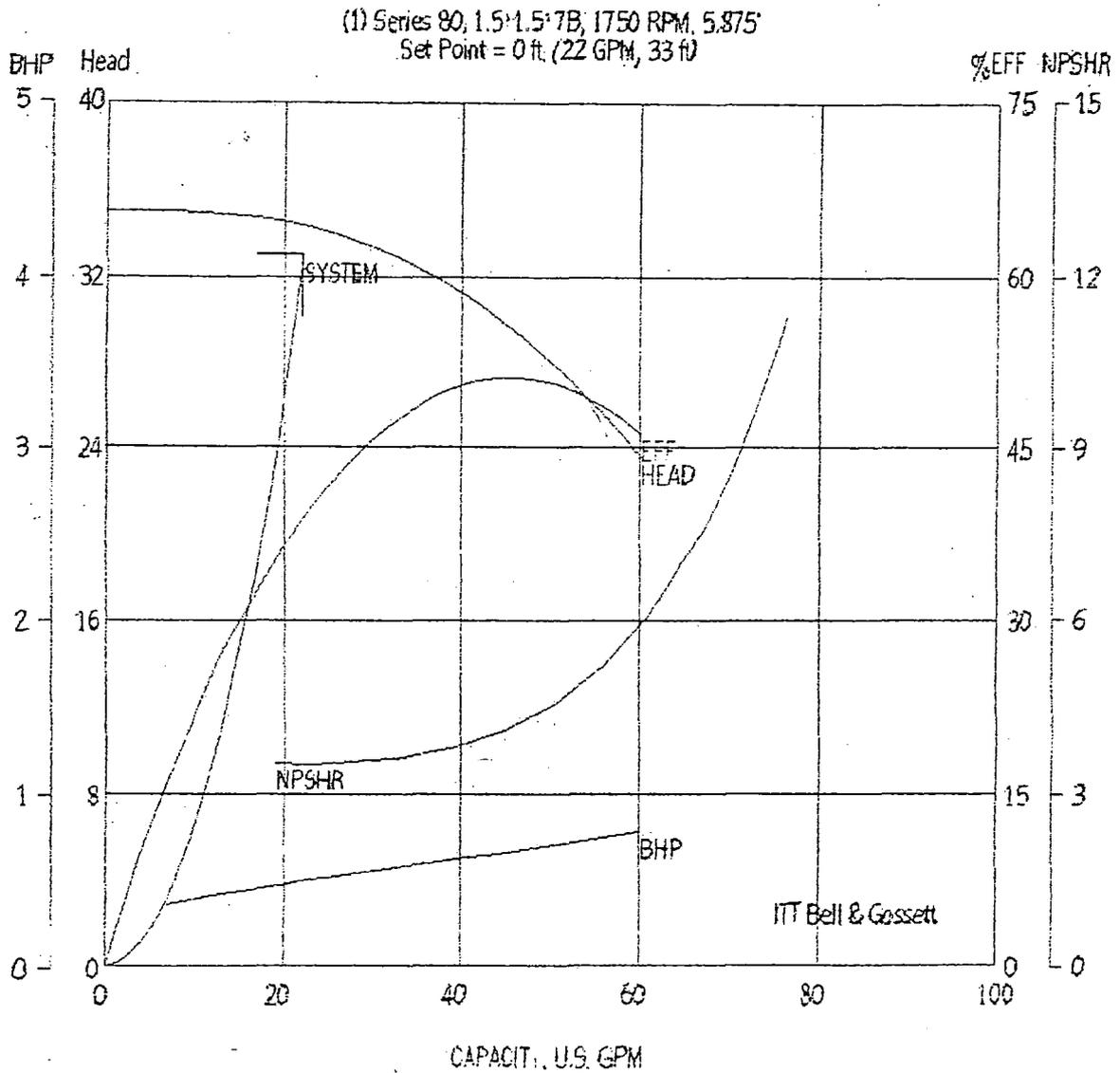


Figura 4.5.5 Curvas características referenciales para la selección de las bombas 1 y 2 (trabajo y/o repuesto)

Por lo tanto el sistema de bombeo seleccionado capaz de satisfacer la demanda de potencia al eje tiene los siguientes datos:

**Datos de la bomba:**

Caudal: 22 gpm

Diámetro del impulsor: 5.875"

Tipo de conexión: NPT  
Viscosidad: 31.00 SSU  
Tamaño de la descarga: 1.5 pulg  
Tamaño de la succión: 1.5 pulg

**Datos del motor:**

Potencia del motor: 0.75 hp  
Velocidad : 1750 rpm  
Voltage : 460 V  
Fase : Trifásico  
Frecuencia : 60 Hz

**ASEGURAMIENTO PARA LA "NO CAVITACION"**

Para esto debe cumplirse:

$$NPSH_D > NPSH_R$$

Donde:

$NPSH_D$ : Altura neta de succión positiva "DISPONIBLE" (dato proveniente de la instalación).

$NPSH_R$ : Altura neta de succión positiva "REQUERIDA" (dato proveniente del fabricante de la bomba)

$$NPSH_D < Hatm - Hsuc - h_v - \sum h_{ps} \dots \dots \dots (4.5.9C)$$

Donde:

$Hatm$ : Presión atmosférica (m)

$Hsucc$ : Altura de succión (m)

$h_v$  : Presión de vapor (m)

$\sum h_{ps}$  : Pérdida de carga en la tubería de succión (m)

Sabiendo que la planta propuesta va a operar en la Av. Elmer Faucet ubicada en la Provincia Constitucional del Callao, la cual se encuentra a 5 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

De acuerdo a los datos anteriores:

$$\begin{aligned} Hatm &= 10.33 - 0.0012 * ALTITUD \\ &= 10.33 - 0.0012 * 5 = 10.324 \text{ m} \end{aligned}$$

$H_{succ} = 1.4 \text{ m}$  (según la figura 4.5.4)

$h_v = 0.0753 \text{ kg/cm}^2 = 0.753 \text{ m}$  (a la temperatura de saturación:  $40^\circ\text{C}$ ).

$\Sigma h_{ps} = 1.0271 \text{ m}$

Reemplazando datos en 4.5.9C:

$NPSH_D < 10.324 \text{ m} - 1.4 \text{ m} - 0.753 \text{ m} - 1.027 \text{ m}$

$NPSH_D = 7.144 \text{ m}$

$NPSH_R = 3.54 \text{ pies} = 1.079 \text{ m}$  (según figura 4.5.5)

$NPSH_D$  (7.144 m) es mayor que el  $NPSH_R$  (1.079 m)

\* POR LO TANTO LA BOMBA NO CAVITARA

### SELECCIÓN DE LA BOMBA B2

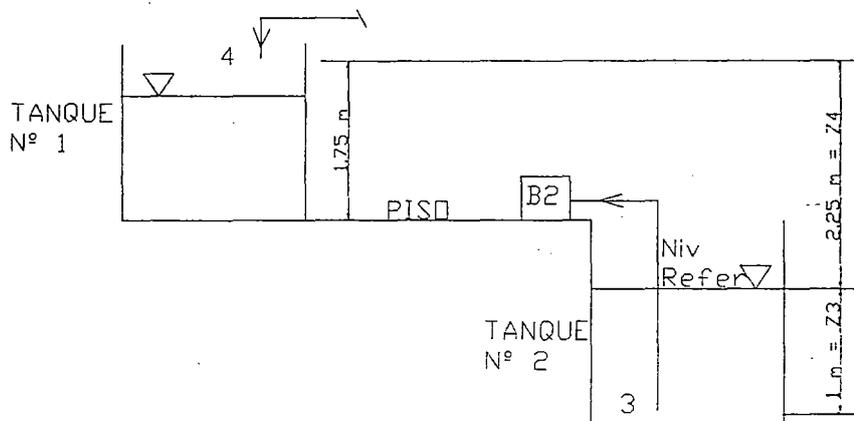


Figura 4.5.5 Succión de la bomba desde el punto 3 hasta la descarga en el punto 4

Aplicando la ecuación de energía de Bernoulli para los puntos 3 y 4

De la ecuación 4.5.4

$$HB = \frac{V_4^2 - V_3^2}{2g} - \frac{P_3}{\gamma} + Z_4 - Z_3 + h_{p_{3-4}}$$

HB : Altura útil, neta ó efectiva

$V^2/2g$  : Energía cinética, altura cinética, altura de velocidad ó altura dinámica

$P/\gamma$  : Energía de presión, altura de presión, altura estática ó altura piezométrica

Z : Altura potencial, energía potencial ó altura geodésica

### Cálculo de la energía cinética

Reemplazando valores en 4.5.5

$$V_3 = 1.38 / 993.2 * 0.00114 = 1.219 \text{ m/s}$$

$$V_4 = 1.38 / 993.2 * 0.00114 = 1.219 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_4^2 - V_3^2}{2g} = \frac{1.219^2 - 1.219^2}{2 * 9.81}$$

= 0 (debido a que el diámetro de la tubería de entrada y salida son iguales)

### Cálculo de la energía de presión

Aplicando Bernoulli en el punto 3 y el espejo de agua del tanque N° 2

$$\frac{P_3}{\gamma} = Z_3 - \frac{V_3^2}{2g}$$

Donde:

P : Presión ( $\text{kg/m}^2$ )

$\gamma$  : Peso específico ( $\text{kg/m}^3$ )

Reemplazando datos tenemos:

$$P_3/\gamma = 1 - 1.219^2/2 * 9.81 = 0.924 \text{ m}$$

### Cálculo de la altura potencial

$Z_3$  : Desde el nivel de referencia al punto de la toma de agua (negativo)

$Z_4$  : Desde el nivel de referencia al punto de descarga de la tubería (positivo)

$$Z_4 - Z_3 = 2.25 - (-1) = 3.25 \text{ m}$$

### Cálculo de las pérdidas primarias y secundarias

De la ecuación 4.5.6

$$h_{p_{3-4}} = f \frac{LV^2}{D2g} + K \frac{V^2}{2g}$$

### Cálculo de las pérdidas primarias

De la ecuación 4.5.6a

$$h_{p_{prim3-4}} = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Donde:

$f$  : Es el factor de fricción en tuberías

$L$  : Es la longitud total de tubería (31.25 m)

$D$  : Diámetro de la tubería 1½" (0.0381 m)

$V$  : Velocidad del fluido en la tubería (1.219 m/s)

$g$  : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Hallando  $f$ :

Para ello debemos conocer  $Re$  y  $\epsilon'$

De la ecuación 4.5.7

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Donde:

$Re$  : Es el número de Reynolds (adimensional)

- $V$  : Velocidad del fluido en la tubería (1.218 m/s)  
 $D$  : Diámetro de la tubería 1½" (0.0381 m)  
 $\nu$  : Viscosidad cinemática a 40 °C ( $6.58 \cdot 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s)

Reemplazando datos:

$$Re = \frac{1.218 \cdot 0.0381}{6.58 \cdot 10^{-7}} = 70525.532$$

Se trata entonces de un flujo turbulento

Por otro lado de la ecuación 4.5.8 tenemos que:

$$\varepsilon' = \frac{\varepsilon}{D}$$

- $\varepsilon'$  : Rugosidad relativa  
 $\varepsilon$  : Rugosidad absoluta para el acero comercial ó Fe dulce (0.000046 m)  
 $D$  : Diámetro de la tubería de 1½" (0.0381 m)

Reemplazando datos en 4.5.8:

$$\varepsilon' = \frac{0.000046}{0.0381} = 0.0012$$

Con  $Re$  y  $\varepsilon'$  obtengo del diagrama de Moody para el factor de fricción  $f$ :

Del diagrama obtenemos que  $f = 0.0236$

Reemplazando datos en 4.5.7

$$\begin{aligned}
 h_{p_{prim3-4}} &= 0.0236 * \frac{31.25}{0.0381} * \frac{1.218^2}{2 * 9.81} \\
 &= 1.464 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Cálculo de las pérdidas secundarias

De la ecuación 4.5.9

$$h_{p_{sec 3-4}} = \frac{KV^2}{2g}$$

Donde:

- K : Coeficiente de resistencia para codos y accesorios  
V : Velocidad del fluido en la tubería (1.219 m/s)  
g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

DESCRIPCION	CANTIDAD	K (PROMEDIO)
Codos 90° de 1½" (estándar)	9	1.225
Válvula lateral	1	1.5
Válvula check	2	2.5
Válvula de pie	1	1.5

Reemplazando en 4.5.9:

$$h_{p_{sec\ 3-4}} = \frac{1.218^2}{2 * 9.81} [9 * 1.225 + 2 * 1.5 + 2 * 2.5]$$
$$= 1.439 \text{ m}$$

Reemplazando en 4.5.6:

$$H_{p_{3-4}} = 1.464 + 1.439 = 2.903 \text{ m}$$

Reemplazando datos en 4.5.4 para la altura útil HB:

$$HB = - 0.924 + 3.25 + 2.903 = 5.229 \text{ m}$$

#### Cálculo de la potencia hidráulica de la bomba

En la ecuación 4.5.9a

$$Pot_H = \frac{\gamma * Q' * HB}{76}$$

Donde:

- $Pot_H$  : Potencia hidráulica  
 $\gamma$  : Peso específico (993.2 kgf/m<sup>3</sup>)  
 $Q'$  : Caudal (0.001388 m<sup>3</sup>/s)

*HB* : Altura útil (5.229 m)

76 : Factor de conversión para obtener la potencia en hp

Reemplazando datos en 4.5.9a

$$Pot_H = 993.2 * 0.001388 * 5.229 / 76$$

$$= 0.095 \text{ hp}$$

**Cálculo de la potencia al eje de la bomba 2 según la ecuación 4.5.9b**

$$Pot_{EJE} = \frac{Pot_H}{\eta}$$

Donde:

$Pot_{EJE}$  : Potencia al eje de la bomba

$\eta$  : Eficiencia de la bomba (70 %)

Reemplazando:

$$Pot_{EJE} = 0.095 / 0.70$$

$$= 0.136 \text{ hp}$$

Por lo tanto el sistema de bombeo seleccionado capaz de satisfacer la demanda de potencia al eje tiene los siguientes datos:

**Datos de la bomba:**

Caudal: 22 gpm

Diámetro del impulsor: 5.875"

Tipo de conexión: NPT

Viscosidad: 31.00 SSU

Tamaño de la descarga: 1.5 pulg

Tamaño de la succión: 1.5 pulg

**Datos de l motor:**

Potencia del motor: 0.75 hp

Velocidad : 1750 rpm

Voltage : 460 V

Fase : Trifásico

Frecuencia : 60 Hz

## ASEGURAMIENTO PARA LA "NO CAVITACION"

Para esto debe cumplirse:

$$NPSH_D > NPSH_R$$

Donde:

$NPSH_D$ : Altura neta de succión positiva "DISPONIBLE" (dato proveniente de la instalación).

$NPSH_R$ : \ Altura neta de succión positiva "REQUERIDA" (dato proveniente del fabricante de la bomba)

De la ecuación 4.5.9C tenemos:

$$NPSH_D < H_{atm} - H_{suc} - h_v - \sum h_{ps}$$

Donde:

$H_{atm}$ : Presión atmosférica (m)

$H_{succ}$ : Altura de succión (m)

$h_v$  : Presión de vapor (m)

$\sum h_{ps}$  : Pérdida de carga en la tubería de succión (m)

Sabiendo que la planta propuesta va a operar en la Av. Elmer Faucet ubicada en la Provincia Constitucional del Callao, la cual se encuentra a 5 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

De acuerdo a los datos anteriores:

$$\begin{aligned} H_{atm} &= 10.33 - 0.0012 * ALTITUD \\ &= 10.33 - 0.0012 * 5 = 10.324 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{succ} = 0.6 \text{ m (según la figura 4.5.5)}$$

$$h_v = 0.0753 \text{ kg/cm}^2 = 0.753 \text{ m (a la temperatura de saturación: } 40^\circ\text{C)}.$$

$$\sum h_{ps} = 0.770 \text{ m}$$

Reemplazando datos en 4.5.9C:

$$NPSH_D < 10.324 \text{ m} - 0.6 \text{ m} - 0.753 \text{ m} - 0.770 \text{ m}$$

$$NPSH_D = 8.201 \text{ m}$$

$NPSH_R = 3.54 \text{ pies} = 1.079 \text{ m}$  (según figura 4.5.5)

$NPSH_D$  (8.201m) es mayor que el  $NPSH_R$  (1.079 m)

\* POR LO TANTO LA BOMBA NO CAVITARA

#### 4.6 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS HORNOS DE FUNDICIÓN Y DE LA LINEA DE COLADA Y LMINACION CONTINUA

Cálculo de las dimensiones del Horno Mantenedor (ver plano LCC.05.03):

Sabemos que:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (1.4)$$

Donde:

La densidad se expresa como la masa entre el volumen.

La masa contenida:	60000	Kg
La densidad del zinc es:	7150	Kg / m <sup>3</sup>

Por consiguiente el volumen que ocupa el Zinc es:	8.39	m <sup>3</sup>
---	------	----------------

Pero, para dimensionar completamente el Horno mantenedor consideraremos que existe una cavidad vacía donde no llega el Zinc líquido, que es aproximadamente el 20% del volumen que ocupa el Zinc:

Por lo tanto el volumen interior es: 10.07 m<sup>3</sup>

Entonces las dimensiones del Horno Mantenedor son:--

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
2.5	2.5	1.61	10.08

Entonces podemos estimar la cantidad de zinc que podemos colar:

Area constante (m <sup>2</sup> )	Alt met sobre vent (m)	Volum sobre vent (m <sup>3</sup> )	Peso Zinc sobre vent(Ton)
6.25	0.94	5.88	42.01

Este peso de zinc sobre la ventana me podría permitir colar 14 veces, obteniendo en cada colada 3 ton

**Estimación de la capacidad de los Hornos de Fusión (Ajax 2 y 3, ver plano LCC.05.03):**

Los hornos tendrán una capacidad de de 1.5 Ton cada uno, para poder reabastecer a la colada del Horno

**Ahora estimaremos la capacidad de la Línea de Colada y Laminación Continua:**

La sección transversal de la cinta de zinc después de la laminación es de 1200 mm de ancho, y 3 mm de espesor.

Tenemos entonces la sección transversal de la cinta de zinc:

Largo (m)	Ancho (m)	Área (mm <sup>2</sup> )
1.2	0.003	0.0036

Sabiendo además que la masa de cada cinta es de : 3000 Kg

Entonces la longitud de la cinta es : 116.55 m

Como la velocidad de desplazamiento es de: 1 m/min

La longitud total es: La longitud de la bobina 116.55 m más la longitud desde el Caster al Enrollador 18.92 m.  
Es decir :

Long bobina (m)	Long de recorrido (m)	Long total (m)
116.55	18.92	135.47

Entonces el tiempo que se demora en salir del Caster hasta enrollarse es aproximadamente de:

135.47	min
--------	-----

Es decir un estimado de : 2 horas

**PRODUCCION MENSUAL TRABAJANDO 1 TURNO (8 horas) AL DIA:**

Producc en 2h (ton)	Prod en 1 turno/día (ton)	Prod en 1 semana (ton)	Producc en 1 mes (ton)
3	12	72	288

**PRODUCCION MENSUAL TRABAJANDO 2 TURNO (16 horas) AL DIA:**

Producc en 2h (ton)	Prod de 2 turno/día (ton)	Prod en 1 semana (ton)	Producc en 1 mes (ton)
3	24	144	576

Por esta razón en la justificación económica considero en el consumo, y en las ventas para el primer trimestre un total de 250 ton, y para el 2do trimestre en adelante es de 500 ton aproximadamente,

## **V.- CONTROL DE CALIDAD**

### **5.1 INSPECCION Y ENSAYO EN LA COLADA Y LAMINACION CONTINUA:**

El objetivo de la inspección y el ensayo es realizar el control del proceso y el control del producto en proceso en la Colada y Laminación Continua, para lo cual trataremos los siguientes títulos:

#### **MUESTREO Y DETERMINACION DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LAS BOBINAS EN LA COLADA CONTINUA**

##### **Objetivo:**

Tomar muestras adecuadas en la canaleta de distribución de zinc fundido, para la obtención de resultados confiables de composición química de las bobinas coladas.

##### **Documentos relacionados:**

###### **Nombre del documento**

- Inspección y Ensayo en Coladora Continua o Caster
- Análisis de composición química

##### **Equipo a usar:**

- Cuchara metálica para tomar muestra
- Molde metálico para obtención de probetas circulares

#### **MEDICION DEL PERFIL DE LA LAMINA**

##### **Objetivo:**

Determinar el perfil de las bobinas coladas, mediante mediciones de espesor a lo ancho de una muestra transversal de bobina.

##### **Documentos relacionados:**

###### **Nombre del documento**

- Inspección y Ensayo en Coladora Continua
- Boleta de bobina coladora continua
- Control de bobinas fundidas

##### **Equipo a usar:**

- Cinta métrica con graduación en milímetros
- Micrómetro con resolución de 0.01 mm, o menor
- Reglas graduadas de referencias en los siguientes anchos: 1040 mm, 1070 mm, 1100 mm, 1120 mm, 1180 mm, 1290 mm, 1360 mm, 1380 mm, 1385 mm, 1410 mm, 1430 mm, 1450 mm, 1470 mm, 1500 mm, 1510 mm, 1530 mm, 1560 mm graduados con trece puntos equidistantes.

Se debe de realizar la medición del perfil cada vez que se corte una muestra transversal, al final de cada bobina.

## **CORTE DE SECUENCIA DE COLADO**

### **Objetivo:**

Normalizar la operación de corte de secuencia utilizada para verificación y ajuste del perfil colado, en la Colada Continua.

### **Documentos relacionados:**

#### **Nombre del documento**

Registro de análisis de secuencia

### **Contenido:**

El corte de secuencia o su sinónimo “desarrollo”, es la operación en la cual, luego de un corte de bobina en la coladora o “Caster”, se cortan siete pedazos de lámina aproximadamente del mismo ancho, que abarque la circunferencia completa de los rodillos de la coladora, con el fin de determinar mediante mediciones de espesor, el perfil transversal de cada pedazo de lámina o muestra y fabricar los resultados en una tabla y una gráfica, donde se analiza tanto del perfil transversal, como el perfil longitudinal, además de la diferencia de bordes, y el material colado. Los resultados del análisis de secuencia, sirven para la verificación y/o ajuste del perfil colado y para la redefinición de la corona a usar en cada par de rodillos, de acuerdo con las condiciones del proceso; además, permite monitorear la deformación transversal y/o longitudinal en operación en función de su espesor, el caudal de agua para su enfriamiento y de otros parámetros según las condiciones de proceso.

## **DETERMINACION DE TAMAÑO DE GRANO MACROSCOPICO EN LAMINA COLADA**

### **Objetivo:**

Obtener resultados confiables de la determinación de grano macroscópico en muestras de lámina de las bobinas coladas.

### **Documentos relacionados:**

#### **Nombre del documento**

Inspección y ensayo en Coladora Continua

Preparación de Acido Tucker

Manual de especificaciones técnicas de producto en proceso

Tamaño de grano “A” (muy fino)

Tamaño de grano “B” (fino)

Tamaño de grano “C” (medio)

Tamaño de grano “D” (grueso)

Tamaño de grano “E” (muy grueso)

### **Definiciones:**

Acido Tucker: Mezcla de ácidos utilizados para el ataque de la lámina de zinc y revelación de grano macroscópico.

## 5.2 AUDITORIA DE CALIDAD DEL PROCESO

### **Objetivo:**

Realizar auditorías del proceso, con el fin de informar a los responsables sobre las desviaciones u oportunidades de mejora, para que se tomen acciones correctivas o preventivas oportunamente, para mantener los procesos bajo control y minimizar las no conformidades durante las auditorías internas o externas de calidad

### **Documentos relacionados y definiciones:**

#### **Documentos relacionados:**

##### **Nombre del documento**

Acciones correctivas y preventivas  
Manual de especificaciones técnicas de producto en proceso  
Manual de especificaciones técnicas de productos finales  
Plan de calidad para la prevención contra la oxidación  
Control estadístico de proceso  
Listado de no conformidades  
Control y evaluación de no-conformidades pendientes  
Control de no-conformidades evaluadas  
Solicitud de cambios en la documentación (SCD)  
Solicitud de acción correctiva o preventiva (SACP)  
Notificación de cambios en el proceso (NCP)  
Equipo o proceso no-conforme  
Control de goteras sin reparar  
Control de equipo o proceso no-conforme  
Control de equipo o proceso no conforme pendiente  
Horario de supervisión gerencial.

#### **Definiciones:**

**Auditoría de calidad del proceso:** Verificación realizada en las diferentes unidades de trabajo, que tiene como fin determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad, la seguridad, el orden, la limpieza y la disciplina, satisfacen las disposiciones previamente establecidas y si estas se han implementado efectivamente y son adecuadas para el logro de los objetivos propuestos.

**Sistema de calidad:** La estructura organizacional, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos para implantar la gestión y el aseguramiento de la calidad en la empresa.

**Programa SOL:** Seguridad, orden y limpieza. El objetivo del programa es conocer nuestros puestos de trabajo y tener un lugar más limpio, más ordenado, más productivo y más seguro.

**Supervisor gerencial:** Gerentes de área, jefes de departamento y mandos medios, incluidos en el horario de supervisión gerencial, que se deben de ejercer durante los fines de semana y días feriados una supervisión general de planta, cuya responsabilidad principal es supervisar la labor operativa dando apoyo a las demás labores de supervisión y realizando auditorias del proceso según la sistemática planteada.

### 5.3

## CONTROL DE CALIDAD EN DEFECTOS Y CAUSAS DE MATERIAL COLADO NO-CONFORME EN COLADORA CONTINUA

**Producto:** Lámina colada

**Unidad de trabajo:** Coladora continua

### **Descripción de defectos:**

**Adherencia a rodillos:** El material se adhiere parcialmente o en todo su ancho a uno o ambos rodillos de la coladora o "caster". Algunas veces producto de este fenómeno, que da un defecto particular de acabado en la superficie de la lámina adherida.

Este defecto puede ocurrir por deficiencias debido a la temperatura elevada en la lámina, y ocurre con mucho más frecuencia y severidad en las aleaciones de mayor dureza.

La adherencia tiende a provocar fragilidad en la lámina colada, por lo que sí el problema se produce en los bordes aumenta el riesgo de formación de grietas durante la laminación. Por otro lado, al ocurrir adherencia, para eliminarla se debe aumentar significativamente la dosificación de solución desmoldante, lo cual conlleva a un aumento de la humedad circundante a la coladora, lo que podría ser fuente de otros defectos. Es probable que la adherencia provoque algún otro efecto mecánico en el material, producto de la condición diferente de enfriamiento que representa

**Ajustes por arranque:** Aplica a aquel material durante cuya producción se han efectuado cambios en los parámetros de proceso a causa de un arranque de la coladora o "Caster". Comprende ajustes de nivel, velocidad, temperaturas, precargas entre otros, realizados con el fin de controlar el proceso o corregir algún defecto inicial en el material, tal como, huecos, bordes dañados, problemas de adherencia, mal perfil, etc.

Hasta tanto no se haya obtenido la primera bobina después de un arranque (con estabilidad en los parámetros), todas las bobinas anteriores serán ubicadas dentro de este defecto.

**Aleación:** Se da cuando según el resultado del análisis de la composición química, la aleación obtenida no corresponde a la deseada.

**Alto % H<sub>2</sub> :** El contenido de hidrógeno en el baño metálico supera el máximo especificado permisible para el producto que se está colando.

Puede ocurrir por excesivo contenido de hidrógeno disuelto en el metal fundido, el cual el filtro Snif no es capaz de remover hasta límites aceptables.

Este defecto puede provocar la aparición de huecos y microporos en material durante la laminación, especialmente en los espesores más delgados (< 20 µm).

**Bobina híbrida:** Aplica a aquellas bobinas producidas luego de una transferencia para cambio de aleación, cuya composición química no corresponde con la aleación programada o aún correspondiendo, se conoce que su composición no es uniforme a lo largo de la misma.

**Borde acampanado:** Uno o ambos bordes tienden a levantarse debido a algún efecto mecánico de la coladora.

**Borde dañado:** Se refiere a cualquier defecto presente en los bordes del material, los más comunes son los vacíos o grietas en los bordes, generado en su mayoría por problemas de nivel, temperatura, humedad u obstrucción en la boquilla.

Este defecto puede generar problemas de grietas en el proceso de laminación.

**Cambio de filtro cerámico:** Se cambia el filtro ubicado en el compartimento más cercano a la salida de la caja de filtración. El material producido durante este cambio de filtro será enviado a fundir.

Durante el cambio de un filtro se desprenden o introducen inclusiones en el metal líquido, las cuales pueden causar huecos u otros defectos superficiales durante la laminación.

**Composición de carga:** El % recirculante utilizado en el horno de fusión excede el máximo especificado para el producto que se está colando.

**Espiras flojas:** Alguna o algunas de las espiras de la bobina se aprecian flojas. Puede ocurrir por deficiencias en la tensión del enrollador de la coladora o por aflojarse las últimas espiras de la bobina antes de sujetarlas con el zuncho.

Este defecto puede provocar la aparición de fisuras durante la laminación, por fricción entre las superficies de las espiras que se encontraban flojas al momento de aplicarles tensión.

**Falla mecánica en rodillos:** Desperfecto en el mecanismo de rotación de uno o ambos rodillos de la coladora.

**Huecos:** Presencia de huecos o vacíos en la lámina colada en un sector distinto a los bordes. Este defecto es producido por causas tales como problemas de nivel, temperatura, humedad, obstrucción en la boquilla, etc. En caso de presentar este defecto en uno o ambos bordes se clasificará como "borde dañado".

**La no embobinada:** No es posible embobinar material, por lo cual la lámina es cortada cada cierta longitud, sin ser enrollada.

Esto puede deberse a la existencia de algún desperfecto en el mecanismo del enrollador de lámina.

**Lámina Rayada:** Rayas severas en la superficie de la lámina, ocasionalmente por partículas extrañas o por la acción de algunos de los rodillos o bridas de la coladora.

**Manchas:** Manchas por cualquier causa observada en la superficie de la lámina.

**Partículas incrustadas:** Partículas extrañas que caen en la lámina y se adhieren o incrustan a la misma.

**Perfil defectuoso:** Valores de corona, diferencia de bordes o diferencia longitudinal que incumpla lo especificado para el producto que se está colando.

Este defecto puede ser causante de los problemas de planidad en lámina.

**Solidificación insuficiente:** La lámina sale en estado pastoso de los rodillos, presentando grietas y superficie áspera. Este defecto se conoce como "lámina caliente".

En caso de presentarse este defecto en uno o ambos bordes, se clasificará como "borde dañado".



## VI- ANÁLISIS DE COSTOS

### 6.1 COSTO POR OBRAS CIVILES

DESCRIPCION	CANT	UNID	PRECIO UNIT US \$	MONTO TOTAL US \$
Obras civiles en general	1	glb	10000	10000
			<b>SUBTOTAL:</b>	<b>10000</b>

### 6.2 COSTO POR OBRAS ELECTRICAS

DESCRIPCION	CANT	UNID	PRECIO UNIT US \$	MONTO TOTAL US \$
Obras eléctricas en general	1	glb	10000	10000
			<b>SUBTOTAL:</b>	<b>10000</b>

### 6.3 COSTO POR SUMINISTRO DE SUBCONJUNTOS DE LA LAMINADORA

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO UNIT US \$	MONTO TOTAL US \$
1	Rodillos de laminación (2)	15000	30000
2	Rodamientos de laminación (2)	16000	32000
3	Caja de rodamientos (fundición y mecanizado)	12100	12100
4	Bastidor (mecanizado y acabado)	15000	15000
5	Motor principal de laminadora (125 hp)	15000	15000
6	Intercambiador de calor de placas	11964	11964
7	Bomba hidráulica y motor eléctrico de 0.75 hp (3)	1000.00	3000
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>119064</b>

#### 6.4 COSTO POR SUMINISTRO DE MATERIALES

DESCRIPCION	CANT	UNIDAD	PRECIO UNIT US \$	MONTO TOTAL US \$
Válvula de bola de 1½"	7	und	4	28
Tubería de acero sch-40 1 ½"	48	m	5.3	254.4
Codo de acero sch-40 1 ½"	26	und	1.54	40.04
Unión universal de acero sch-40 1 ½"	10	und	4.26	42.6
Manómetro dial de acero inoxidable	4	und	25	100
Pintura anticorrosiva	5	gal	15	75
Pintura esmalte y acabado	12	gal	15	180
Bushing (casquillo)	1	und	20	20
Sello de empaquetadura y teflón	1	glb	22	22
Reducciones	1	glb	20	20
Soldadura	1	glb	300	300
Angulos	1	glb	120	120
Tacos de expansión	1	glb	44	44
Pernos y tuercas	1	glb	300	300
Hojas de sierra	1	glb	20	20
Otros (válvulas compuerta, purga, etc)	1	glb	100	100
			<b>SUBTOTAL</b>	1666.04

#### 6.5 COSTO DE MONTAJE

DESCRIPCION	CANT	UNID	PRECIO	MONTO
Tuberías (incluye válvulas y accesorio)	48	m	6	288
Bastidor, reductores y caja inversora	96	h	10	960
Caja y rodamientos de laminación	16	h	10	160
Rodillos de laminación	18	h	10	180
Motor principal (125 hp)	4	h	10	40
Intercambiador de calor de placas, bombas y motores	12	h	10	120
Servicio de grúa de 10 ton	24	h	30	720
Servicio de alineación y nivelación	12	h	30	360
Pruebas y puesta en marcha	36	h	10	360
			<b>SUBTOTAL</b>	3188

## 6.6 INVERSION TOTAL

DESCRIPCION	MONTO TOTAL
COSTO POR OBRAS CIVILES	10000
COSTO POR OBRAS ELECTRICAS	10000
COSTO POR SUMINISTRO DE SUBCONJUNTOS DE LA LAMINADORA	119064
COSTO POR SUMINISTRO DE MATERIALES	1666.04
COSTO DE MONTAJE	3188
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>US \$ 143918.04</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>S/ 503713.14</b>

\* El costo total no incluye IGV.

## 6.7 JUSTIFICACION ECONOMICA DEL PROYECTO

El proyecto está debidamente justificado debido a:

### Disminución de costos de producción:

- El consumo de energía es mucho menor debido a que no tenemos la necesidad de calentar las bobinas a 220 °C para su respectivo laminado, ya que, nuestra nueva línea de producción trabaja continuamente proveyendo la temperatura deseada para el proceso de laminación

### Disminución de los costos del proyecto:

- El costo de modificación de la laminadora nos resulta más económico que comprar una nueva, puesto que el costo de modificación representa solo un 20 % de lo que costaría una laminadora nueva

### Incremento de la productividad:

- Con este proyecto estaremos listos para producir aproximadamente 100 ton/día, cifra que supera ampliamente a la producción actual de 60 ton/día en 3 turnos de 8 horas cada uno, puesto que la colada, la laminación, el corte y el enrollado de la cinta son continuos

### Disminución de costos en el mantenimiento:

- El trabajo continuo y los parámetros constantes de funcionamiento de la laminadora y del resto de los equipos van a permitir que los mecanismos en general trabajen sin llegar a fatigarse tan rápidamente como sucede en los mecanismos de las laminadoras ó líneas de producción que operan a esfuerzos y condiciones variables.

Incremento de la cartera de clientes:

Nuestros clientes son de México, Estados Unidos de Norteamérica, y países de la comunidad europea, tales como MAZZONET, DEFRANCO, BEBEG, LUMAR, BRELAT, HILD, AMELUX, ENTRE, entre otras empresas. Con estas empresas comercializamos cintas de zinc de un ancho máximo de 600 mm.

Tenemos muchas empresas en todas partes del mundo que formarán parte de nuestra cartera de clientes, puesto que, nuestros productos van a recibir un alto valor agregado a través de la calidad, además de contar con bobinas de cinta ancha de hasta 1200 mm.

Retorno estimado sobre la inversión:

Estimo que el retorno sobre la inversión se dará en un plazo de 12 meses, dentro de los cuales se tomarán los 3 primeros meses para que la Gerencia Comercial pueda difundir nuestros productos atendiendo los pedidos de muestra, en los siguientes 3 meses estaríamos atendiendo pedidos menores de 25 ton aproximadamente, y en los 6 meses siguientes estaríamos comercializando normalmente pedidos de 1000 ton aproximadamente.

Cabe mencionar que el precio por tonelada de bobina de zinc terminada fluctúa entre los \$ 1500 a \$ 1600 aproximadamente.

Sabiendo que el peso aproximado final de la bobina es de 3 ton. Lo que significa que tendríamos que exportar unas 333 bobinas, teniendo por consiguiente un valor de venta de \$ 1600000

Para corroborar estas afirmaciones calcularemos el VAN y el TIR:

**CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO:**

Dicho cálculo nos permitirá comprobar la rentabilidad del proyecto.

**CALCULO DEL FLUJO DE EGRESOS PARA UN AÑO:**

Cálculo del servicio de la deuda:

Para nuestro caso tenemos los siguientes datos:

P: Préstamo en dólares = \$ 143918.04

n: Tiempo = 12 meses

i : Interés = 18.75 % anual = 1.5625 % mensual = 0.0156 mensual

R: Flujo mensual (pago mensual)

$$R = P \left[ FRC_n^i \right] = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \dots \dots \dots (1.1)$$

Donde: FRC es el factor de recuperación de capital

$$= 14391804 \left[ \frac{0.0156(1+0.0156)^{12}}{(1+0.0156)^{12} - 1} \right] = 1324377$$

(\*) CUADRO DEL SERVICIO DE LA DEUDA DEBIDO AL PRESTAMO FINANCIERO POR 1 AÑO (Egreso)

Mes	Saldo	Interés	Amortización	R (pago mensual) o Egreso mensual
1	143918.04	2245.12	10998.65	13243.77
2	132919.39	2073.54	11170.23	13243.77
3	121749.16	1899.29	11344.48	13243.77
4	110404.68	1722.31	11521.46	13243.77
5	98883.22	1542.58	11701.19	13243.77
6	87182.03	1360.04	11883.73	13243.77
7	75298.30	1174.65	12069.12	13243.77
8	63229.19	986.38	12257.39	13243.77
9	50971.79	795.16	12448.61	13243.77
10	38523.18	600.96	12642.81	13243.77
11	25880.37	403.73	12840.04	13243.77
12	13040.34	203.43	13040.34	13243.77
			143918.04	158925.24

1) GASTO POR COMPRA DE MATERIA PRIMA

Mes	Materia prima	Consumo mensual (ton)	\$ / ton	Gasto \$ / mes
1	zinc	250	1000	250000
2	zinc	250	1000	250000
3	zinc	250	1000	250000
4	zinc	500	1000	500000
5	zinc	500	1000	500000
6	zinc	500	1000	500000
7	zinc	500	1000	500000
8	zinc	500	1000	500000
9	zinc	500	1000	500000
10	zinc	500	1000	500000
11	zinc	500	1000	500000
12	zinc	500	1000	500000
				5250000

2) GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACION

Mes	Insumos	Consumo mensual (Global)	\$ / Global	Gasto \$ / mes
1	Diversos	1	2500	2000
2	Diversos	1	2500	2000
3	Diversos	1	2500	2000
4	Diversos	1	5000	3000
5	Diversos	1	5000	3000
6	Diversos	1	5000	3000
7	Diversos	1	5000	3000
8	Diversos	1	5000	3000
9	Diversos	1	5000	3000
10	Diversos	1	5000	3000
11	Diversos	1	5000	3000
12	Diversos	1	5000	3000
				33000

3) GASTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA

RESUMEN DE GASTOS POR MANO DE OBRA DIRECTA PARA EL PRIMER AÑO

MES	GASTO (\$)
1	3072
2	3072
3	3072
4	5952
5	5952
6	5952
7	5952
8	5952
9	5952
10	5952
11	5952
12	5952

4) GASTOS DE ADMINISTRACION Y VENTAS PARA EL PRIMER AÑO:

CUADRO DE GASTOS ADMINISTRATIVO Y VENTAS PARA EL PRIMER AÑO

MES	GASTO (\$)
1	23544
2	23544
3	23544
4	39696
5	39696
6	39696
7	39696
8	39696
9	39696
10	39696
11	39696
12	39696
	427896

5) GASTOS DE DEPRECIACION DE LOS EQUIPOS

FINAL DEL PERIODO (AÑOS)	CALCULO DE LA DEPRECIACION	DEPRECIACION \$	VALOR EN LIBROS \$
0	—	—	143918.04
1	20 % de 143918.04	28783.61	115134.43
2	20 % de 115134.43	23026.89	92107.55
3	20 % de 92107.55	18421.51	73686.04
4	20 % de 73686.04	14737.21	58948.83
5	20 % de 58948.83	11789.77	47159.06

Ahora lo calcularemos para los 12 primeros meses, es decir para el primer año; sabiendo que la depreciación es del 20% anual, o 1.67 % mensual

FINAL DEL PERIODO (Meses)	CALCULO DE LA DEPRECIACION	DEPRECIACION \$	VALOR EN LIBROS \$
0	—	—	143918.04
1	1.67 % de 143918.04	2403.43	141514.61
2	1.67 % de 141514.61	2363.29	139151.31
3	1.67 % de 139151.31	2323.83	136827.49
4	1.67 % de 136827.49	2285.02	134542.47
5	1.67 % de 134542.47	2246.86	132295.61
6	1.67 % de 132295.61	2209.34	130086.27
7	1.67 % de 130086.27	2172.44	127913.83
8	1.67 % de 127913.83	2136.16	125777.67
9	1.67 % de 125777.67	2100.49	123677.18
10	1.67 % de 123677.18	2065.41	121611.78
11	1.67 % de 121611.78	2030.92	119580.86
12	1.67 % de 119580.86	1997.00	117583.86

**CALCULO DEL FLUJO DE INGRESOS PARA UN AÑO:**

**1) INGRESOS POR VENTAS**

Mes	Producto Manufacturado	Venta mensual (ton)	\$ / ton	Ventas Mensuales \$
1	Bobinas de zinc	250	1550	387500
2	Bobinas de zinc	250	1550	387500
3	Bobinas de zinc	250	1550	387500
4	Bobinas de zinc	500	1550	775000
5	Bobinas de zinc	500	1550	775000
6	Bobinas de zinc	500	1550	775000
7	Bobinas de zinc	500	1550	775000
8	Bobinas de zinc	500	1550	775000
9	Bobinas de zinc	500	1550	775000
10	Bobinas de zinc	500	1550	775000
11	Bobinas de zinc	500	1550	775000
12	Bobinas de zinc	500	1550	775000
				<b>8137500</b>

**2) INGRESOS FINANCIEROS**

Final período mensual	PRESTAMO \$
0	143918.04
1	_____
2	_____
3	_____
4	_____
5	_____
6	_____
7	_____
8	_____
9	_____
10	_____
11	_____
12	_____

**CUADRO DE LOS FLUJOS DE CAJA:**

MES	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO DE CAJA
0	143918.04	—	—
1	387500	294263.20	93236.80
2	387500	294223.06	93276.94
3	387500	294183.60	93316.40
4	775000	564176.79	210823.21
5	775000	564138.63	210861.37
6	775000	564101.11	210898.89
7	775000	564064.21	210935.79
8	775000	564027.93	210972.07
9	775000	563992.26	211007.74
10	775000	563957.18	211042.82
11	775000	563922.69	211077.31
12	775000	563888.77	211111.23

Ahora que ya tenemos el cuadro de los flujos de caja, podemos aplicar la fórmula del VAN

$$VAN = -INV + \frac{F_1}{1+i} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_{12}}{(1+i)^{12}} = -INV + \sum_{n=1}^{12} \frac{F_n}{(1+i)^n} \dots \dots \dots (1.2)$$

Donde:

**VAN** : Es el Valor Actual Neto, que nos permite comparar el valor actual de todos los flujos de entrada de efectivo con el valor

actual de todos los flujos de salida de efectivo relacionados con un proyecto de inversión.

**INV** : Es la inversión inicial, en nuestro caso es el préstamo realizado al banco inicialmente. ( \$ 143918.04 )

**F1, F2, ..., F12** : Son los flujos de caja correspondientes a cada mes (como se muestra en el cuadro de los flujos de caja)

**i** : Es la tasa de interés que se utiliza para efectuar la actualización (en nuestro caso es 18.75 % anual o 1.56 % mensual)

Debido a que el VAN=VA ingresos - VA egresos

En base a esta ecuación el VAN puede presentar los siguientes resultados:

VAN = 0 significa que VA ingresos = VA egresos

VAN menor que cero, significa que el VA ingresos es menor que el VA egresos

VAN mayor que cero, significa que el VA ingresos es mayor que el VA egresos

Aplicando la fórmula tenemos el siguiente cuadro:

MES	Invers / flujo 12 mes \$ USA	VAN (1.56%) \$ USA
0	-143918.04	1806287.02
1	93236.80	
2	93276.94	
3	93316.40	
4	210823.21	
5	210861.37	
6	210898.89	
7	210935.79	
8	210972.07	
9	211007.74	
10	211042.82	
11	211077.31	
12	211111.23	

Como nuestro VAN es \$ 1806287.02, y esto es mayor que cero; lo que quiere decir que nuestro valor actual de ingresos

es mayor que nuestro valor actual de egresos.

**POR LO TANTO SE ACEPTA EL PRESENTE PROYECTO POR SER RENTABLE**

#### CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR):

La tasa interna de retorno (TIR) es aquella tasa de interés que hace igual a cero el Valor Actual Neto de un flujo de efectivo.

Esta definición permitirá plantear la fórmula para su cálculo.

$$0 = -INV + \frac{F1}{1+tir} + \frac{F2}{(1+tir)^2} + \dots + \frac{F12}{(1+tir)^{12}} = -INV + \sum_{n=1}^{12} \frac{F_n}{(1+tir)^n} \dots \dots \dots (1.3)$$

Donde:

TIR : Es tasa interna de retorno, la cual representa la tasa mas alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos

los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo se pagara con el flujo de efectivo en

la oportunidad que este se va registrando.

INV : Es la inversión inicial, en nuestro caso es el préstamo realizado al banco inicialmente. ( \$ 143918.04 )

F1, F2,...,F12 : Son los flujos de caja correspondientes a cada mes (como se muestra en el cuadro de los flujos de caja)

i : Es la tasa de interés que se utiliza para efectuar la actualización (en nuestro caso es 18.75 % anual o 1.56 % mensual)

MES	Invers / flujo 12 mes \$ USA	TIR
0	-143918.04	78.93%
1	93236.80	
2	93276.94	
3	93316.40	
4	210823.21	
5	210861.37	
6	210898.89	
7	210935.79	
8	210972.07	
9	211007.74	
10	211042.82	
11	211077.31	
12	211111.23	

Con este resultado aplicaremos el siguiente Criterio de Inversión:

La decisión se adoptará al relacionar la TIR con la Tasa de Rendimiento Mínima (costo de oportunidad) exigida al proyecto,

así tenemos:

TIR menor que TRM (Se rechaza el proyecto)
TIR = TRM (Es indiferente)
TIR mayor que TRM (Se acepta el proyecto)

Para nuestro caso La Tasa de Rendimiento Mínima o Costo de Oportunidad es igual a 18.75 % anual o 1.56 % mensual, porcentaje que es ampliamente superado por nuestro TIR que asciende a 78.93 %

**POR LO TANTO SE ACEPTA EL PROYECTO.**

## **VII- MANTENIMIENTO DE LA LAMINADORA EN LA NUEVA PLANTA DE COLADA Y LAMINACION CONTINUA**

### **7.1 INSTRUCCIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA LAMINADORA EN LA NUEVA PLANTA DE COLADA Y LAMINACION CONTINUA**

#### **OBJETIVO:**

Elaborar un conjunto de instrucciones para realizar el correcto mantenimiento de la colada continua Fata Hunter.

#### **REFERENCIAS:**

Según información técnica del fabricante, experiencia de los técnicos mecánicos y eléctricos, aportes de los ingenieros de cada área y del Sistema computarizado INFOMANTE.

#### **CAMPO DE APLICACIÓN:**

Se aplican a los equipos de la nueva línea de colada y laminación continua de cinta ancha de zinc.

#### **RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD:**

Ingeniería de Mantenimiento es el responsable por el cumplimiento satisfactorio del correcto mantenimiento del equipo de colada y laminación continua.

### **DESCRIPCION/PROCEDIMIENTO**

#### **INSPECCION SEMANAL**

##### **Coladora (Caster):**

###### **A.- PARTE MECANICA**

- Engrasar rodamientos y sellos de la unión rotatoria (acople)
- Limpiar y engrasar elementos de apoyo de cardanes.
- Chequear nivel da aceite de la caja de engranajes.
- Engrasar elementos de gata del árbol transmisor.

##### **Guiadora (Loop Control):**

###### **A.- PARTE MECANICA**

- Revisar elementos de guía y avance

##### **Caja reductora principal**

###### **A.- PARTE MECANICA**

- Verificar nivel de aceite.
- Verificar operatividad del sistema de lubricación de chumaceras.
- Limpiar y engrasar elementos de apoyo de cardanes.

### **Motor Principal.**

#### A.- PARTE MECANICA

- Verificar estado de acoplamiento.
- Revisar nivel de aceite de chumaceras
- Revisar el ajuste de los pernos de anclaje
- Revisar alineación

### **INSPECCION MENSUAL**

### **Tren de Laminación.**

#### A.- PARTE MECANICA

- Lubricar tornillo sin fin así como conjunto de engranajes del sistema de testeras.
- Cambiar tuberías, mangueras, boquillas en mal estado de la línea de refrigeración.
- Desarme e inspección de válvula check, filtro y bombas.
  
- Limpiar y engrasar apoyos de cardanes.
- Rectificar rodillos de laminación

### **Unidad hidráulica de contrabalance.**

#### A.- PARTE MECANICA

- Cambiar tuberías, mangueras y conexiones en mal estado.
- Verificar correcto funcionamiento de manómetro y presostato.
- Verificar carga de gas del acumulador.

### **Caja reductora principal.**

#### A.- PARTE MECANICA

- Verificar estado de resortes de apoyos.
- Verificar estado de líneas de lubricación.
- Realizar limpieza de filtro de aceite.
- Ajustar punto de acople de los ejes.

### **Motor Principal.**

#### A.- PARTE ELECTRICA

- Limpieza de portaescobillas, bobinas y carbones.
- Ajustar todas las conexiones de barras y terminales.

**Trabajo realizado por:**

- Dos (2) mecánicos.
- Un (1) eléctrico.

**Herramientas a utilizar.**

- Llaves , desarmadores, multímetro, medidor de vibraciones, etc.

**Materiales a utilizar.**

- Trapos, petróleo diesel.
- Grasa y/o aceite lubricante.
- Repuestos.
- Solvente.

**7.2 INSTRUCCIONES PARA LA LUBRICACION DE LA LAMINADORA EN LA  
NUEVA PLANTA DE COLADA Y LAMINACION CONTINUA**

***CARTILLA DE LUBRICACION***

PARTE A SER LUBRICADA	TIPO DE LUB. SHELL	PUNTOS DE LUBRICACION	FRECUENCIA DEL SERVICIO	PERIODO CAMBIO
<b>Inyector o tip (ensamble y ajuste de volteo)</b>				
Brazos de ajuste (2)	Alvania EP 2	Puntos de engrase	3 meses	
Rodamiento c/borde de bronce	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Semanal	
Accesorios de cilindros hidráulicos	Tellus 22	Lubricación manual	Cuando requiera	
<b>ACOPLES DE LA COLADORA</b>				
Rodamientos y sellos de la unión rotatoria (acople)	Alvania EP 2	Puntos de engrase (8)	Semanalmente	
<b>ENSAMBLE RODILLOS DE LA COLADORA</b>				
Rodamientos Timken (4)	Black magic	Total 10 ptos. De lubricac	Mensual	Al desmontar
<b>CAJA REDUCT / INVERS DE LA COLADORA</b>				
Transm del caster - rodamientos del motor D. C. y rodamientos del ventilador (ver recomendaciones del fabricante del motor)	Tellus 37	Puntos de engrase	6 meses	Anualmente
Caja de engranajes de la transmisión de la coladora	Omala 320	Reservorio, llenar a su nivel	Semanalmente Mantener lleno	2500 horas
<b>SOPORTE ARBOL TRANSMISOR (coladora)</b>				
Gatas(2) del árbol - pines corredera de crique y tom de manecilla (manual).	Tellus 22	Aceite manual	Cuando requiera	
<b>GUIADORA (posición cinta)</b>				
Rodillo transportador, 2 chumaceras	Tellus 22	Lubricación manual	Cuando requiera	
Cilindro de aire, articulación, cartela con ojal	Tellus 22	Lubricación manual	Cuando requiera	
Rodamiento bronce	Alvania EP 2	Punto de lubricación	Cuando requiera	
<b>TENSADORA</b>				
Rodamiento de cartucho(4), caja de engranajes.	Tellus 37	Accesorios de engrasse	Semanalmente	2500 horas
Caja reductora	Omala 320	Reservorio, llenar a su nivel	Semanalmente Mantener lleno.	
Cadenas(2), Cajas de engranajes(2)	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Semanalmente	
<b>CORTADORA (shear)</b>				
Rodillo guia de salida -rodamiento de cartucho (2)	Alvania EP2	Puntos de engrase	Mensual	
Línea de paso y entrada de rodillo - rodamiento de cartucho (2)	Alvania EP2	Puntos de engrase	Mensual	
Rodamiento sobrerotura - rodamiento caja de chumacera (6)	Alvania EP2	Puntos de engrase	Semanal	
Engranés, piñones y cremalleras.	Alvania EP2	Lubricación manual	Mensual	
Postes guías - cojinetes simples(2).	Alvania EP2	Puntos de engrase	Semanal	
Rodamiento rodillo transversal(2).	Alvania EP2	Puntos de engrase	Mensual	
Eje de engranes y piñones - cojinete simple.	Alvania EP2	Puntos de engrase	Mensual	
Rodillo intermedio - rodamientos de los cartuchos.	Alvania EP2	Puntos de engrase	Mensual	
<b>CORTADORA Y TROZADORA</b>				
Tomillo sin fin (2), barra c/chaveta	Alvania EP 2	Lubricación manual - acces	Semanal	
Polines (4), rodillos	Alvania EP 2	Lubricación manual - caces	Cuando requiera	
Elemento deslizante (bancada, discos de corte)	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Semanal	
Caja reductora de trozadora	Omala 220	Punto de lubricación	Mensual	

<b>MILL (laminadora)</b>				
Caja reductora 1	Omala 220	Reservorio, revisar nivel	Diario	
Caja reductora 2	Omala 320	Reservorio, revisar nivel	Diario	
Caja inversora	Omala 320	Reservorio, revisar nivel	Diario	
Cardanes de transmisión	Alvania EP 2	Accesorios de engrase	Semanal	
Elementos de apoyo (transmisión)	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Semanal	
Rodamientos Timken (4)	Black magic	Puntos de lubricación (10)	Mensual	
Tomillo sin fin (guías de entrada)	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Semanal	
<b>TESTERA (Mill / laminadora)</b>				
Tomillo sin fin	Alvania EP 2	Puntos de lubricación (4)	Mensual	
Cubo de bronce roscado (2)	Alvania EP 2	Punto de lubricación (2)	Semanal	
Chumacera (1)	Alvania EP 2	Punto de lubricación (1)	Semanal	
Pistones (contrabalance)	Tellus 37	Reservorio	Cuando requiera	
<b>BRIDLE STAND (prensador de rodillos)</b>				
Cilindros hidráulicos(2)	Tellus 37	Reservorio		
Rodillos(6), polines(2)	Alvania EP 2	Lubricación manual	Cuando requiera	
Chumaceras(2)	Alvania EP 2	Lubricación manual	Cuando requiera	
Rodamientos(8)	Alvania EP 2	Ptos lubricación (8 pts)		
Tomillos sin fin(4)	Aceite	Lubricación manual		
Cadenas, engranajes	Alvania EP 2	Lubricación manual	Cuando requiera	
Mesa guía - cilindro hidráulico	Tellus 22	Lubricac man - reservorio	Cuando requiera	
Cartela, pin, abrazadera	Alvania EP 2	Lubricación manual	Cuando requiera	
<b>SISTEMA NEUMATICO E HIDRAULICO</b>				
Unidad potencia hidraul - reservorio (revisar filtros para indicacion de bypass)	Tellus 37	Tapon llenado reservorio	Revisar nivel, filtro Diariamente	Anualmente
Unidad de potencia hidraulica - bomba del motor	Tellus 37	Lubricar accesorios	6 meses, si requiere	Anualmente
Transmision del motor - acople, lubricar si requiere.	Alvania EP 1	Accesorios de engrase	6 meses	Anualmente
Lubricación de las líneas de aire	Tellus 22	Reservorio, cajas de aceite	Revisar nivel. Diario	Limpia, 6 meses
<b>ENROLLADOR (winder)</b>				
Rodamientos de la transmision del motor (ver recomendaciones del fabricante)	Albida HDX 2	Puntos de engrase	6 meses	Anualmente
Transmision del motor. Rodamientos del ventilador del motor, si requiere.	Albida HDX 2	Puntos de engrase	6 meses	Anualmente
Mandril -Caja reductora (sistema lubricac forzada con doble filtro)	Omala 680	Llenar reservorio al nivel de aceite Medida visual	Diario	2500 HRAS
Mandril - Junta rotatoria	Tellus 37	Accesorio engrase - Revisar nivel de unid. Hidráulica	6 meses	Anualmente
Unidad hidráulica	Tellus 37	Tapon llenado reservorio	Revisar nivel	
<b>MONTAJE DEL MANDRIL (winder)</b>				
Varilla de empuje del mandril / bocina de camisa (4)	Alvania EP 2	Puntos de engrase (4)	Semanalmente	
Segmentos del mandril.	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Mensualmente	
<b>CARRO PORTABOBINAS (coil car)</b>				
Rodamiento de polines de apoyo (pre empaque)	Tellus 37	Grasa empaquetada	Anual, si requiere	Anualmente
Rodamiento ruedas del carro	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Mensual	Anualmente
Corredera vertical - carro potabobinas	Alvania EP 2	Puntos de engrase	Mensual	
Cilindro de elevación y carro transportador, pin de pivot y horquilla	Tellus 22	Lubricación manual	Cuando requiera	

## VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES:

- Trabajar con una Línea de Colada y Laminación Continua siempre será mucho más económico que trabajar con el método tradicional de "Paquetes o Lingotes". Reduciéndose considerablemente los costos de Producción y Mantenimiento.
- La nueva Línea de Colada y Laminación Continua me va a permitir adquirir y mantener capacidad tecnológica con impacto en el sector productivo.
- Con la Línea de Colada y Laminación Continua obtengo productos de calidad superior a los obtenidos por la colada y laminación tradicional. Obteniendo de este modo un considerable valor agregado en los productos.
- La Línea de Colada y Laminación Continua siempre va a ser más productiva que las líneas de colada y laminación tradicionales.
- La optimización y modificación de la Laminadora en la Nueva Planta de Colada y Laminación Continua de zinc me permite un ahorro considerable, puesto que, esta representa solo el 20% del costo de una Laminadora nueva, lo cual me permite acceder al desarrollo del presente proyecto.

### RECOMENDACIONES:

- La Línea de Colada y Laminación Continua es una línea moderna que nos brinda muchas bondades, pero una falla en algún equipo de la línea podría significar un costo aproximado de \$ 500, este valor es el costo del inyector o tip, por lo que se recomienda realizar un mantenimiento preventivo y predictivo exhaustivo.
- Se recomienda siempre controlar la composición de la aleación solicitada por el cliente a la salida de la coladora, la cual debe cumplir la siguiente composición estándar: (99.691 % Zn, 0.0024 % Pb, 0.0001 % Cd, 0.0086 % Fe, 0.0026 % Al, 0.1593 % Cu, 0.0003 % Ni, < 0.0001 % Mn, < 0.0001 % Mg, 0.0010 % Sn, < 0.0001 % Sb, 0.1143 % Ti, < 0.0001 % In, < 0.0001 % Ag, < 0.0001 % Bi).
- Como es de suponer la Línea de Colada y Laminación Continua posee un gran porcentaje de procesos automáticos, controlados por PLCs, esto se va haciendo cada vez más común en las empresas grandes y medianas que han asumido el reto de obtener capacidad tecnológica con impacto en el sector productivo. A pesar del crecimiento de esta incidencia en nuestro país recomiendo que se tome en consideración que el fin del desarrollo y de todo en cuanto se pueda lograr debe redundar en beneficio del hombre y por consiguiente no es recomendable llegar al extremo de prescindir totalmente de la mano de obra del trabajador.
- Se recomienda prestar bastante atención a los sistemas de refrigeración tanto en la coladora como en la laminadora, ya que, esto puede ocasionar un problema de adherencia a los rodillos, mediante el cual el material se adhiere parcialmente o en todo su ancho a uno o ambos rodillos de la coladora o laminadora. Algunas veces producto de este fenómeno es un defecto particular de acabado en la superficie de la lámina adherida.

Este defecto puede ocurrir por deficiencias debido a la temperatura elevada en la lámina, y ocurre con mucho más frecuencia y severidad en las aleaciones de mayor dureza.

La adherencia tiende a provocar fragilidad en la lámina colada, por lo que si el problema se produce en los bordes aumenta el riesgo de formación de grietas durante la laminación.

- En el desarrollo de todo proyecto se recomienda aplicar los conocimientos correspondientes a los temas en cuestión, puesto que, en algunas empresa medianas o pequeñas no se cuenta con el personal suficiente y por este motivo suelen obviar algunos estudios debido a los diversos temas que implican los proyectos, lo que podría significar un grave peligro para el éxito del mismo

## IX.- BIBLIOGRAFÍA

1. Falk, Dietmar. Metalotecnia fundamental. Editorial REVERTE, S.A., Barcelona, 1986. Pgs. 109.
2. Ostwald, Philip. Procesos de Manufactura Versión SI. Editorial Continental, S.A. México 1985. Pgs. 422.
3. T Selikov A.I. Trenes de Laminación. Ediciones URMO, Bilbao, 1990. Pgs. 15.
4. Marks. Manual del Ingeniero Mecánico. Ediciones Mc Graw-Hill, U.S.A., 1995. Pgs. 13-19.
5. Mott, Robert L. Diseño de Elementos de Máquinas. Editorial PRENTICE HALL, México, 1995. Pgs. 417.
6. FATA HUNTER INC. Manual de Operación y Mantenimiento de la Línea Continua. Ediciones HUNTER GROUP, U.S.A., 2000. Pgs. 4.
6. www.came.edu.pe. Empresa Inteligente. Infocame, Escuela de Dirección Intermedia. Internet 2000. Pgs 5.
7. Gozolua@hotmail.com. Transferencia de Tecnología. Internet 1999. Pgs 2.
8. http://www.idoslab.com/informac/webinfor.htm, Información de las Normas de Ecología e Impacto Ambiental asociadas a la ISO 14000. Internet 1998. Pgs 3.
9. Sybil P. Parker. Ingeniería Mecánica y Diseño. Editorial McGraw-Hill, U.S.A., 1995. Pgs. 300
10. Alfa Laval. Manual de Intercambiadores de Calor. Ediciones Alfa Laval, Lima., 2000. Pgs. 17

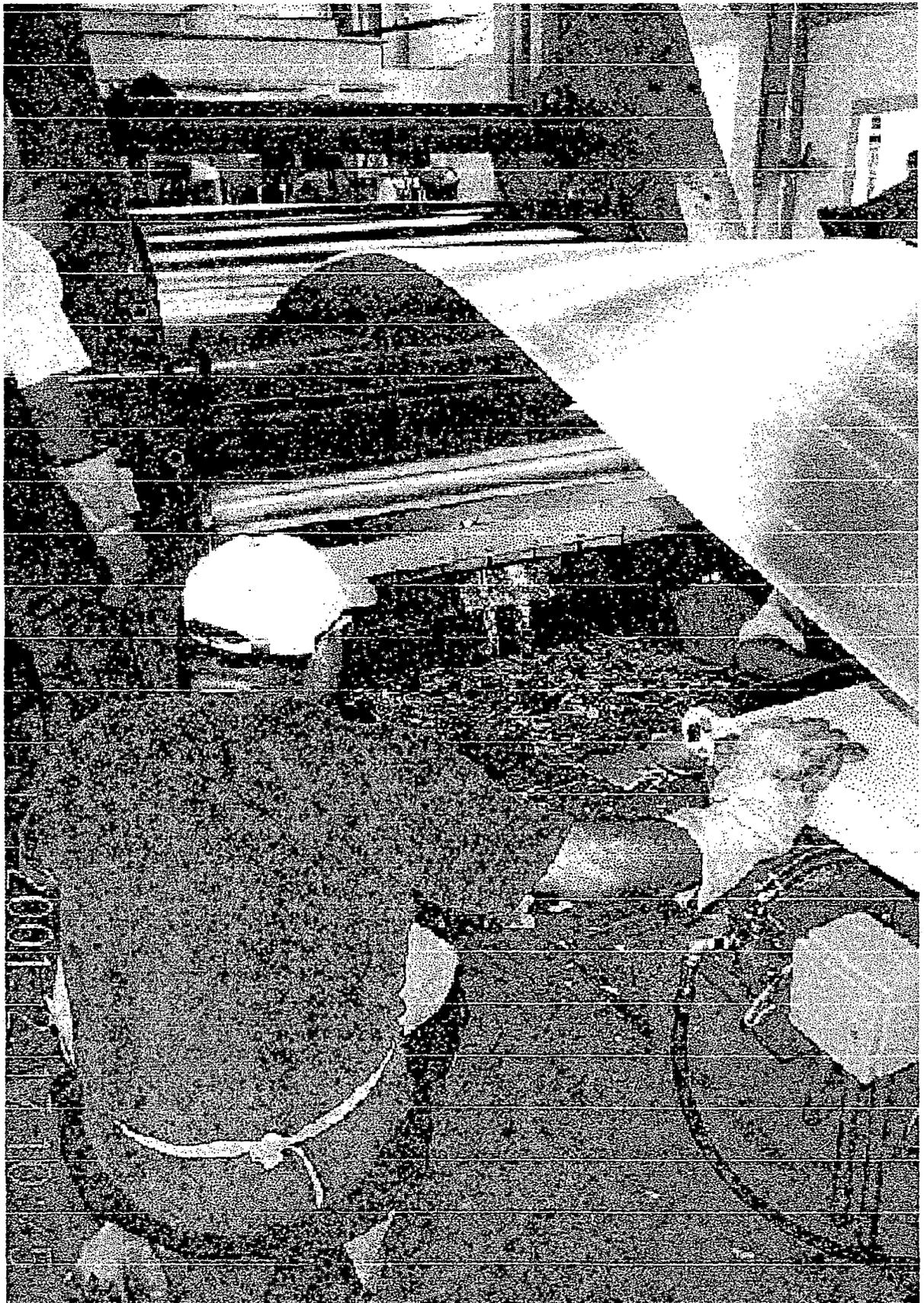
**X.- PLANOS**

**XI.- ANEXOS**

**CONTROL DE LA CINTA DE ZINC A LA SALIDA DE LA COLADORA**



# CONTROL DEL BUCLE DE LA CINTA EL LA NUEVA LINEA



# INSPECCION DE LOS RODILLOS DEL CASTER O COLADORA



# LE ZINTANE 2

## NOUVELLE PRODUCTION FRANÇAISE

par

**N. DREULLE**

Docteur Ingénieur,  
Chef des Laboratoires du  
Centre Technique du Zinc

**Paule DREULLE**

Docteur ès-Sciences,  
Chef de la Section des Métaux  
du Laboratoire de recherche  
de la C.R.A.M.

et

**P. BOUDET**

Ingénieur,  
Attaché à la Direction du  
Centre Technique du Zinc

*Grand merci aux  
vrais auteurs*

*B*

Jusqu'à ces dernières années, le domaine d'application des alliages de zinc, mis à part ceux utilisés en fonderie sous pression, était peu développé. Cette limitation était due à la faible résistance au fluage des alliages employés. De même, la faible résistance à la déformation dans le temps limitait l'emploi des alliages de zinc si les objets fabriqués risquaient d'être soumis à d'importantes sollicitations mécaniques. De nombreuses recherches ont été conduites dans le but de créer un alliage présentant une bonne résistance au fluage, tout en gardant la plasticité du zinc. Elles ont permis la découverte de l'influence de faibles additions de titane. Différents brevets (1) (2) mettent en évidence l'action résultant de l'addition de faibles quantités d'un métal à haut point de fusion. L'alliage mis au point par la *New-Jersey Zinc Co* (3) autorise la fabrication de pièces en alliage de zinc pouvant admettre des sollicitations mécaniques.

Depuis, de nombreux travaux d'amélioration de ces types d'alliages ont eu lieu, qui ont permis de préciser la nature, la composition, la fabrication, les possibilités d'utilisation.

Le but de cet article est de présenter le « *Zintane* » qui a fait son apparition depuis peu sur le marché français et qui appartient à la famille des alliages zinc-cuivre-titane.

## I - COMPOSITION ET STRUCTURE

L'alliage zintane répond aux spécifications suivantes :

Cu % :	0,45 — 0,65
Ti :	0,10 — 0,15
Pb :	< 0,1
Fe :	< 0,012
Cd :	< 0,05
Sn :	< 0,001
Al :	< 0,001
Cr :	< 0,10
Mn :	< 0,10
Zn :	reste

Le zinc de base répond à la spécification AFNOR Z 9 soit au moins 99,993 zinc.

Les principaux éléments d'addition sont le cuivre et le titane. Le diagramme zinc-cuivre est bien connu (voir fig. 1 diagramme zinc-cuivre côté zinc jusque 4 % de cuivre (4)). La solubilité du cuivre à 424 °C est de 2,7 %, elle est encore de 0,3 % à 100 °C.

Le diagramme Zn-Ti n'a pas encore été établi. Les recherches effectuées (5) (6) (7) (8), montrent l'existence d'un eutectique dont la valeur est très variable selon les auteurs :

Ti %	
0,12	ANDERSON,
0,18	PELZEL,
0,23	CORNARD et RENNEACK,
0,45	GEBHARDT.

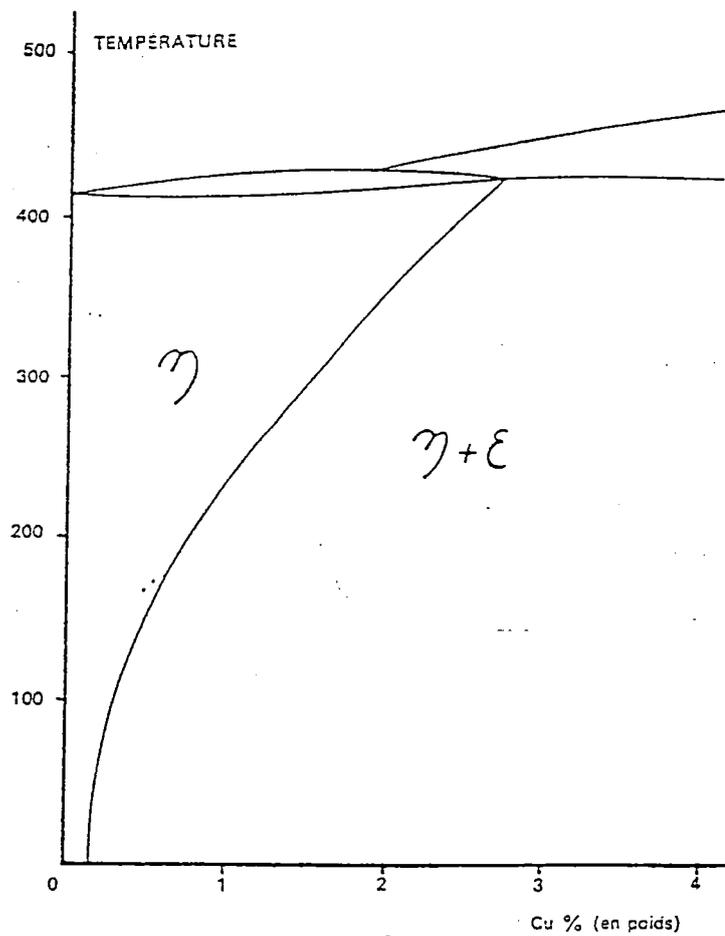


Fig. 1. — Diagramme zinc-cuivre (côté zinc).

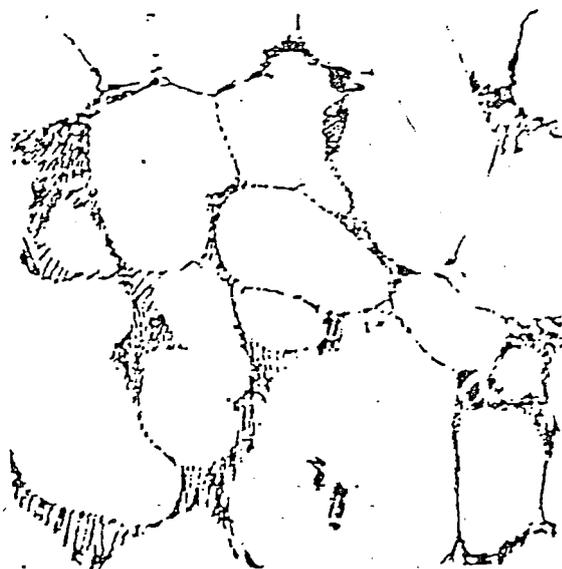


Fig. 2. — X 250.

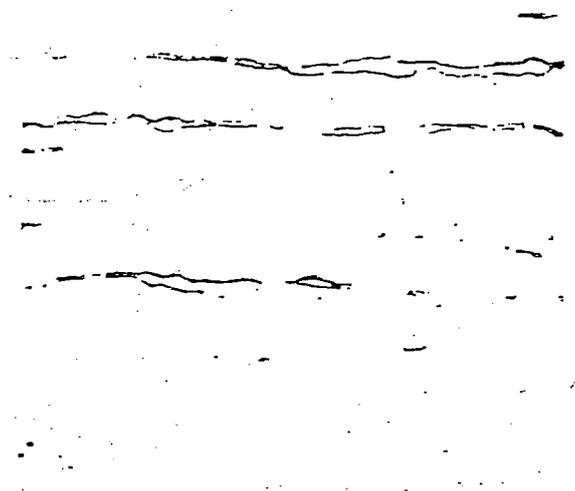


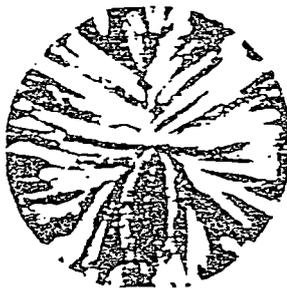
Fig. 3. — X 1000.

HEINE et ZWICKER (9) ont montré que la solubilité solide du titane est inférieure à 0,0004 %. L'étude du diagramme ternaire a été à peine ébauchée, mais les mêmes auteurs (10) ont montré que l'addition de cuivre ne modifiait pas la solubilité du titane.

L'examen micrographique du zintane fait apparaître le composé  $Ti-Zn_{15}$  sur un fond de solution solide à base de zinc. L'eutectique est très nettement visible sur un alliage coulé ou n'ayant subi que de faibles déformations (voir fig. 2). Avec des déformations plus importantes, le composé intermétallique forme des alignements fins.

La figure 3 montre un cas où l'eutectique est particulièrement coalescé dans un alliage laminé.

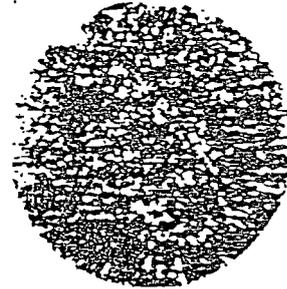
Il faut remarquer que si le cuivre seul a peu d'action sur la structure de coulée, le titane à moins de 1 % affine fortement le grain.



4 a : zinc pur.



4 b : zinc thermique Z 6



4 c : zintane.

Fig. 4. — X 4.

Les figures 4 a, 4 b, 4 c montrent les structures de différents types de zinc coulés en coquille cylindrique.

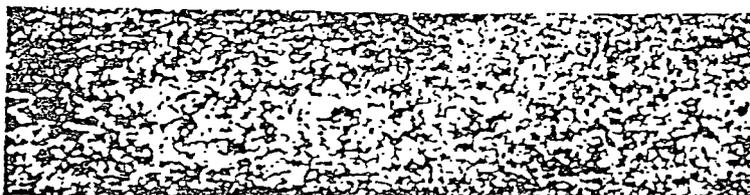
Les figures 5 a, 5 b, 5 c montrent la structure obtenue en coulée continue par le procédé *Hazelett*.



5 a : zinc pur.



5 b : zinc thermique Z 6.



5 c : zintane.

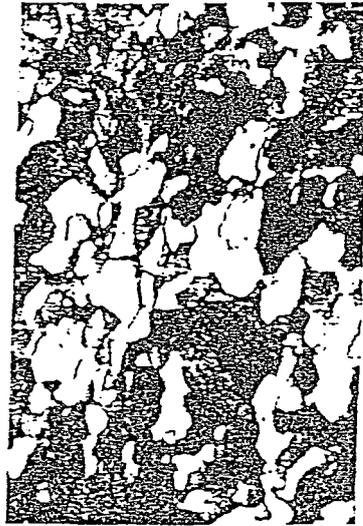
Fig. 5. — X 2.

Les figures 6 a, 6 b, 6 c sont faites sur des produits *Hazelett* après laminage à chaud de 13 à 5 mm.

On peut constater sur ces différentes micrographies l'effet bénéfique du titane sur la grosseur des grains obtenus.



6 a : zinc pur.



6 b : zinc thermique Z 6.



6 c : zintane.

Fig. 6. — X 100.

La figure 7 sur zintane laminé montre l'emplacement d'une soudure électrique par points. La zone A a été fondue et on y retrouve une structure de solidification. La zone B, très voisine, a conservé un grain très fin malgré l'échauffement au moment de la soudure. Cette image est une preuve complémentaire de ce que l'addition du titane empêche bien le grossissement du grain, même dans le cas d'un apport calorifique aussi important que pendant la soudure électrique.

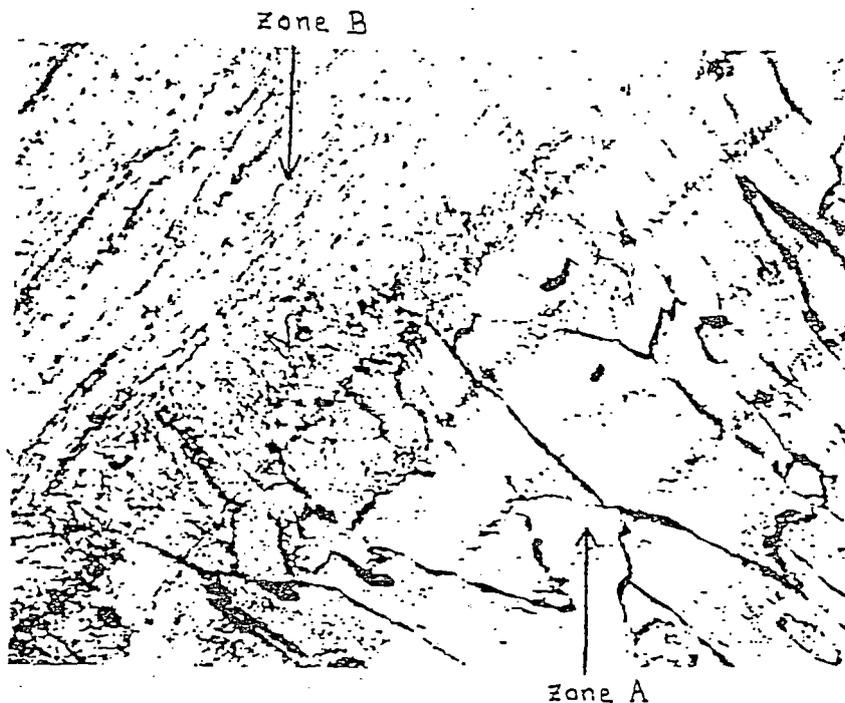


Fig. 7. — X 300.

## II - PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES

### a) Propriétés physiques

Point de fusion : 417 °C.

Poids spécifique : 7,15 g/cm<sup>3</sup>.

Chaleur spécifique : 0,0957 cal/degé entre 20° et 100 °C.

Dilatation thermique linéaire : 0,023 mm par mètre et par degré C.

Conductibilité I A C S : 27 %.

La dilatation thermique voisine de celle de l'aluminium (11) n'est que les  $\frac{2}{3}$  de celle du zinc ce qui est important pour diverses applications.

### b) Propriétés mécaniques

Indice de pliage *Amsler*  $\geq 12$ .

Temper spécifique  $\geq 20$ .

Module de *Young* 9 000  $\pm$  1 000.

Charge de rupture sur 50 mm  $\geq 20$  h bars à 50 mm/minute.

Allongement environ 40 %.

Limite élastique conventionnelle à 0,2 % : 11 h bars.

Cisaillement sur  $\approx$  30 mm 18 h bars à 60 mm/minute.

Dureté *Vickers* (5 daN pendant 20 secondes) : 50.

Dureté *Brinell* 50.

Indice de ductilité dynamique *Olsen* 8.

Emboutissage *Ericksen* (pour 0,5 mm d'épaisseur) 9 mm.

Emboutissage *Perso* sous 380 da N pour 0,65 mm d'épaisseur : 11,5 mm.

Vitesse de fluage à 25°C  $\leq 1$  % pour 1 000 heures sous 7 h bars.

Les caractéristiques mécaniques dépendent de l'état structural du métal. Celui-ci dépend des conditions de fabrication, c'est-à-dire de la coulée, du laminage et des traitements thermiques éventuels. Ces conditions sont choisies afin de respecter l'ensemble des propriétés indiquées ci-dessus.

On peut constater que la déformation de cet alliage est inférieure à 1 % pour 1 000 heures sous une charge de 7 h bars à 25 °C. Dans les mêmes conditions, un zinc non allié ou un alliage Zn + 0,5 % Cu atteindraient une déformation de 1 % en moins d'une heure. Ceci met en relief l'importance de l'addition de titane.

## II - POSSIBILITÉS D'APPLICATION DU ZINTANE

### - Mise en forme

Le zintane peut être mis en forme à l'aide des différentes techniques habituellement employées pour les différents métaux et alliages : matriçage, estampage, emboutissage, repoussage au tour, etc.

Sa grande malléabilité permet d'obtenir des pièces de bonne qualité à condition d'adapter les modes opératoires à l'alliage utilisé. Les procédés et installations classiques pour l'aluminium et le laiton peuvent être utilisés pour le zintane (11) en général sans modification et surtout avec une très faible usure des outils qui profitera au prix de revient des utilisateurs.

Dès l'épaisseur de 1,2 mm, le zintane laminé en bande se prête facilement au matriçage. Avant cette opération, les composés Ti-Zn<sub>13</sub> sont parallèles à la surface du métal laminé. Les alignements de ces composés sont déformés dans la sous-couche du métal où se produisent les compressions tandis qu'ils sont pas modifiés dans le reste de l'épaisseur de la bande (voir fig. 8).



Fig. 8. — X 30.

Les figures 9 montrent quelques pièces fabriquées à partir de cet alliage.

Fig. 9 b

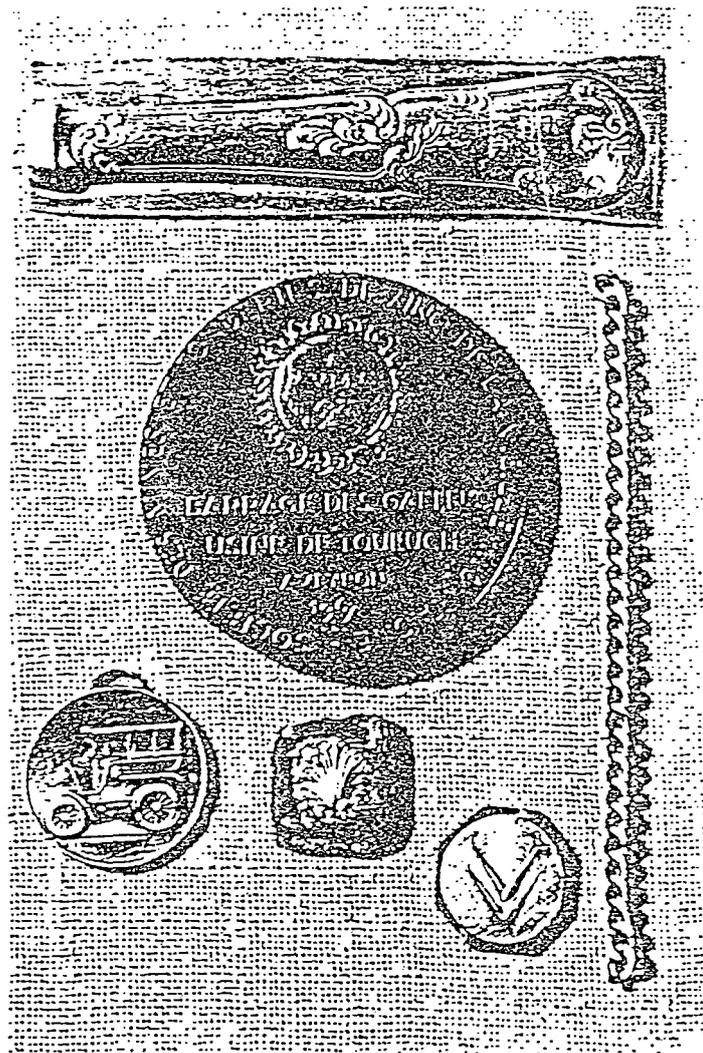
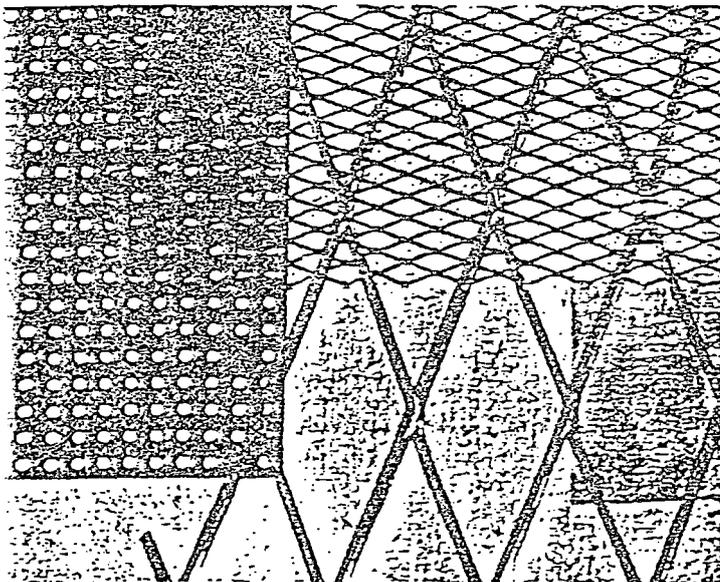


Fig. 9 a

Remarquez, à droite, la finesse d'un déployé mince.



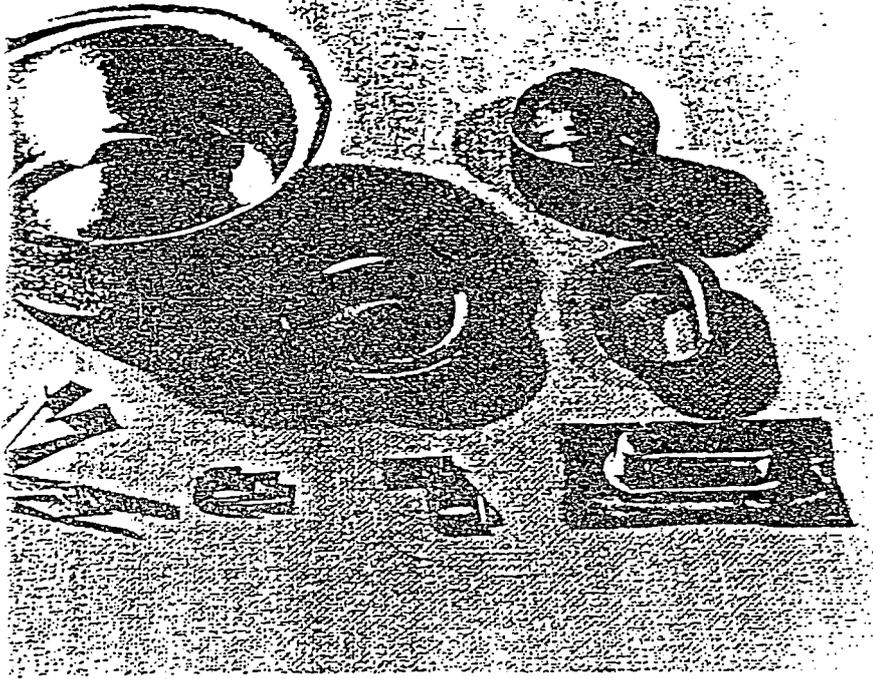


Fig. 9 d.

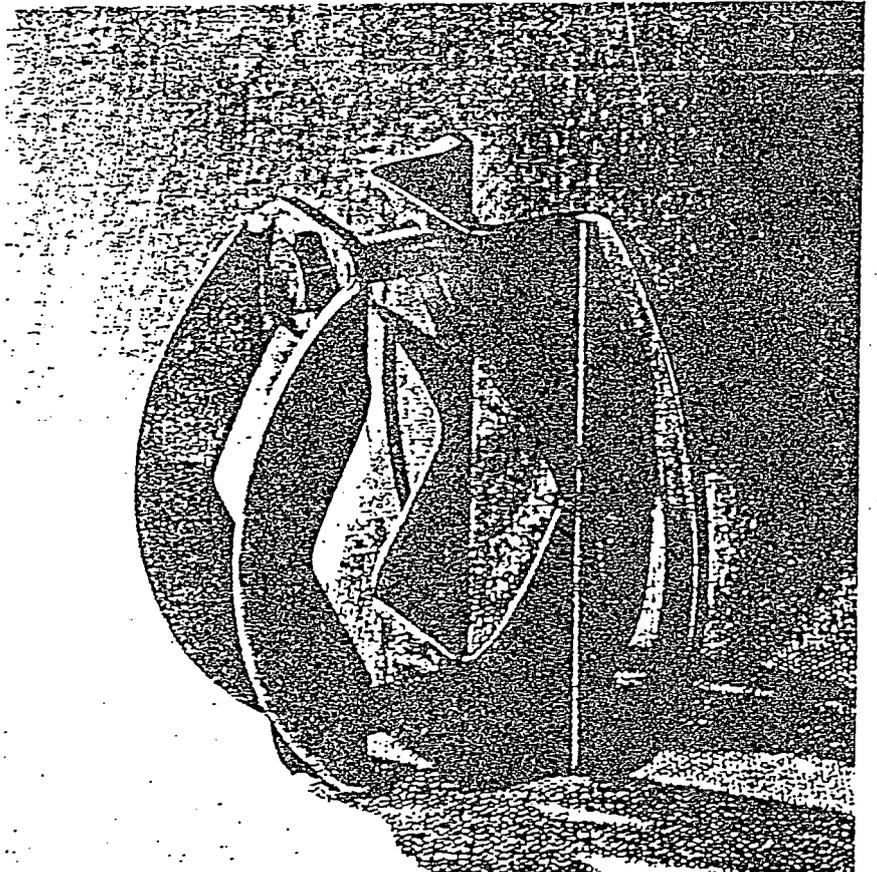
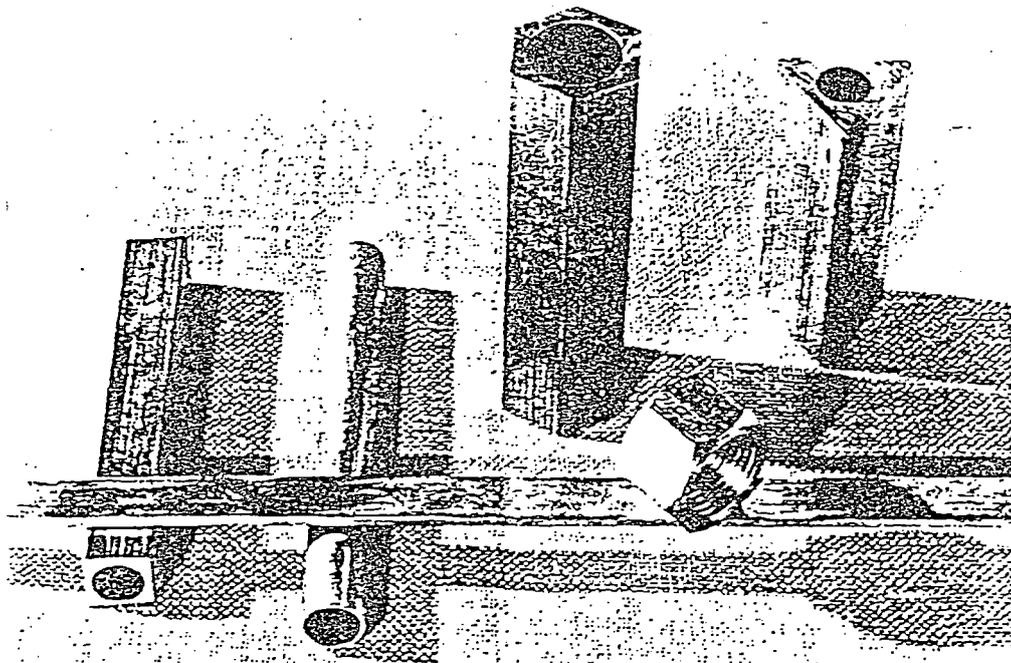
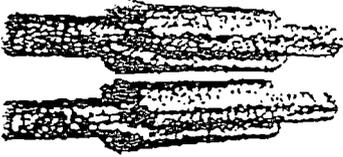




Fig. 9 f.





# UNION ELECTRIC STEEL CORPORATION

726 BELL AVENUE

PITTSBURGH, PA.

TELEPHONE: (412) 429-2453  
FAX: (412) 276-1711

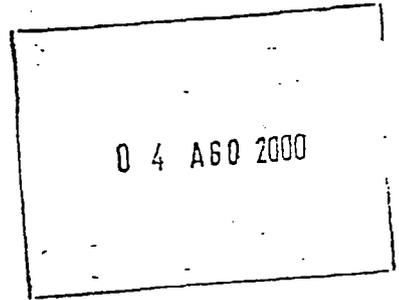
MAILING ADDRESS  
P.O. BOX 465, CARNEGIE, PA 15106-0465

August 4, 2000  
Quote 00-8930  
\* Revision No. 2

Av. Elmer Faucett No. 1920  
Calleo, Peru

Attention:

Gentlemen:



In response to your Request for Quotation, we are pleased to submit the following:

**Quantity: 4**

23.0000 x 56.0000 x 121.0625" "UNION" Forged Hardened Steel 2-Hi Hot Mill Work  
Rolls, manufactured per Drawing No. PM-RODLZ/2000. (File 907IJ)

Roll Grade:	5Cr80Mo
Type Melt:	Electric Arc Furnace - Vacuum Degas
Type Hardening:	Static Induction
Aim Body Hardness Specification:	To Be Advised
Aim Journal Hardness Specification:	To Be Advised
Estimated Net Weight:	9,079 pounds each
Estimated Gross Weight:	9,805 pounds each

*gross, basic, total*

Proposed Analysis: 5Cr80Mo (Aim)

C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	V
.65	.27	.015 max	.012 max	.37	5.12	.80	.06

\*Price:

\$15,431.00	Each
650.00	<del>Ring Charge</del>
488.00	Export Preparation
0.00	Scrap/Ferro Alloy Surcharge
<u>\$16,569.00</u>	Total per Roll

See reverse side for terms and conditions.

AN ISO 9001 REGISTERED COMPANY



**CERTIFICATION DATA SHEET**

**CUSTOMER:** CONTROL TECHNIQUES  
**EMC ORDER:**  
**CONN. DIAGRAM:** A-EE7300T  
**OUTLINE:** B-SS514878-2025  
**WINDING:** T445836 F

**CUSTOMER ORDER:**  
**MODEL #:** WF00908Bb  
**CUSTOMER PART #:**  
**MOUNTING:** F1

**TYPICAL MOTOR DATA**

HP/KW	SYNC. RPM	F.L. RPM	FRAME	ENCLOSURE	KVA CODE	DESIGN
125	900	890	445T	TEBC	G	A

PH	FREQ	VOLTS	AMPS	START TYPE	DUTY	INSL	S.F.	AMB
3	60	460	169.0	VFD	CONT	F	1.0	40

<b>FULL LOAD EFF:</b>	93.6	<b>3/4 LOAD EFF:</b>	93.6	<b>1/2 LOAD EFF:</b>	92.4	<b>GTD. EFF</b>
<b>FULL LOAD PF:</b>	74.0	<b>3/4 LOAD PF:</b>	69.0	<b>1/2 LOAD PF:</b>	58.5	92.4

<b>F. L. TORQUE</b>	<b>LOCKED ROTOR AMPS</b>	<b>L.R. TORQUE</b>	<b>B. D. TORQUE</b> (Blue Max)
737.4 LB-FT	907	900LB-FT 122 %	1750 LB-FT 237 %

**SUPPLEMENTAL INFORMATION**

<b>SOUND PRESSURE @ 3 FT.</b>	<b>ROTOR WK^2</b>	<b>APROX. MOTOR WGT</b>
92 dBA	99 LB-FT^2	2550 LBS.

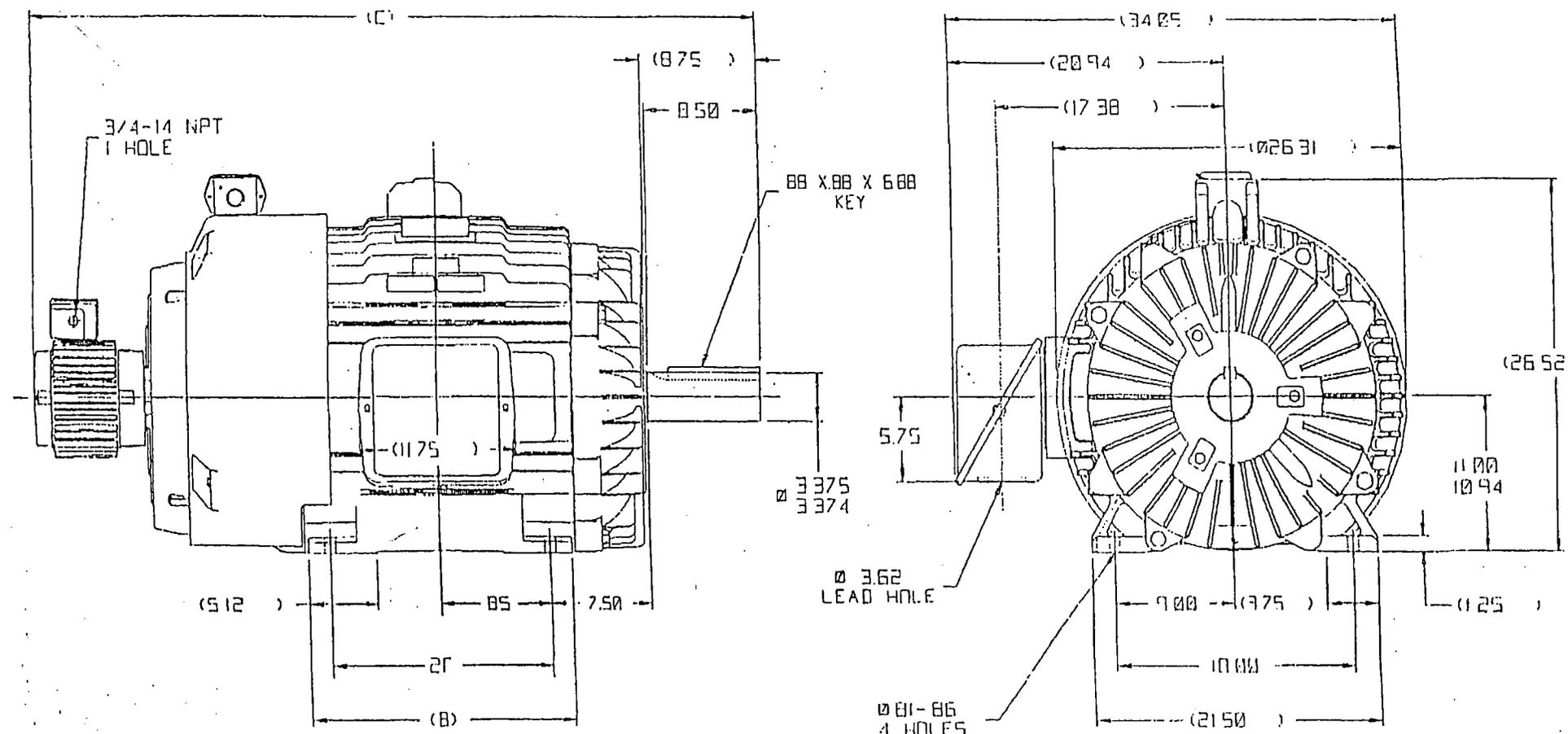
<b>SPACE HEATERS</b>	<b>PROTECTORS</b>	<b>BEARINGS</b>
NONE	TSTAT (N/C)	BALL

INVERTER DUTY 1000:1 CONSTANT TORQUE (1.0 S.F ON VFD)

DYNAPAR HS35 ENCODER

BLOWER COOLED, BLUE MAX II SPEC.

0-55514870



NOTES:

1. C. BOX CAN BE ROTATED IN 90° STEPS.
2. C. BOX CAN BE MOUNTED ON OPPOSITE SIDE
3. NAMEPLATES TO BE READ FROM CONDUIT BOX SIDE OF MOTOR

DASH	FRAME	B	C	2F	BS		
1825	444T	17.75	52.72	14.50	7.25		
2025	445T	19.75	54.72	16.50	8.25		

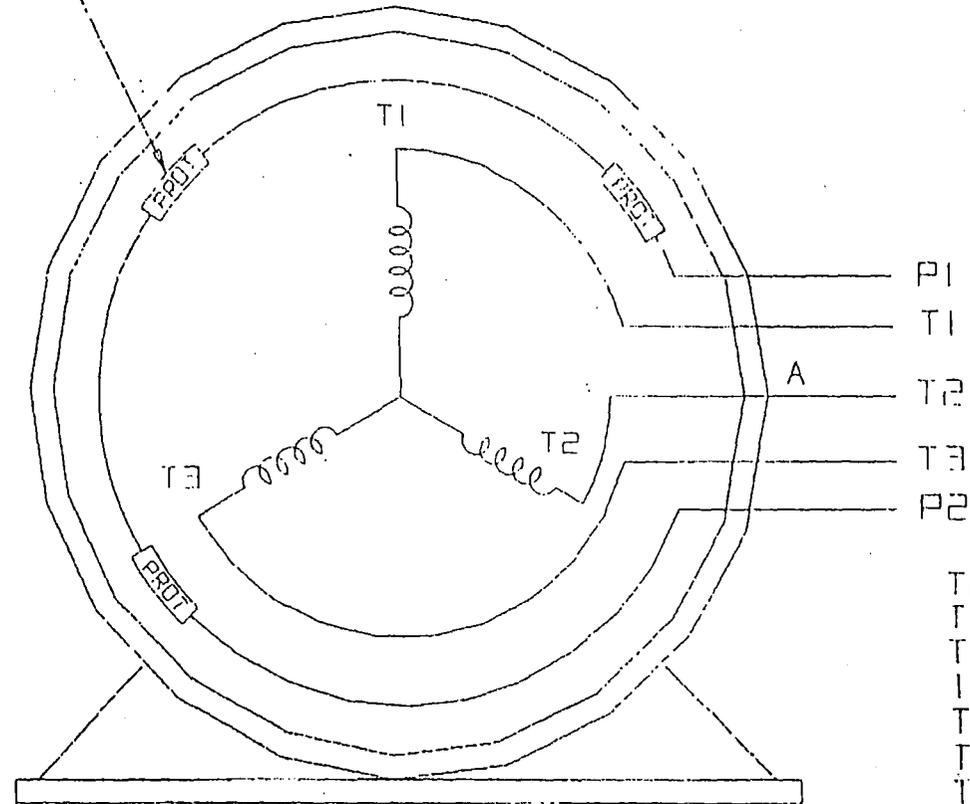
  

REV	DATE	CHANGE	NAME	PGK	MAX SURFACE ROUGHNESS UNLESS NOTED OTHERWISE	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRG NO
3	07-88-97	BLOWER MOTOR ROTATED 90° C. BOX D F3	CN 24454	PGK	✓	10L DR XY: B3 XXXX 005 XXXXX 00X5 45L(5) 7:30	
2	02-26-97	REVISED TO SHOW FRAME WITH CAST-IN LIFTING LUG	CN 22904	MH	MATL SPEC		DRAWN BY DJK 11-14-97 CHKD BY ML 11-15-97 APPROV BY TO 11-16-97
1	11-16-94	NEW DRAWING	4222477	MLK	FINISH		
					PART NAME OUTLINE - YEFC		
					444-445T FRAME - STD		B-55514870
		SHOP BOOK	PURCHASED		DISTRIBUTION - 1A - LD - WD - LM - YK		55514870
					CAOD FILE NO		

TO REVERSE ROTATION:  
INTERCHANGE ANY TWO LINE  
LEAD CONNECTIONS

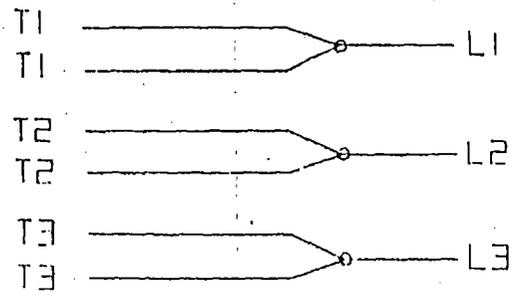
NOTE FOR FACTORY USE ONLY:  
TO SURGE TEST:  
FOR 3 LEAD COMMON CONNECT:  
CONNECT P1 TO T1 THEN P2 TO L1  
FOR 6 LEAD COMMON CONNECT:  
CONNECT P1 TO BOTH T1  
THEN P2 TO L1

3 THERMO - PROTECTORS  
CONNECTED IN SERIES



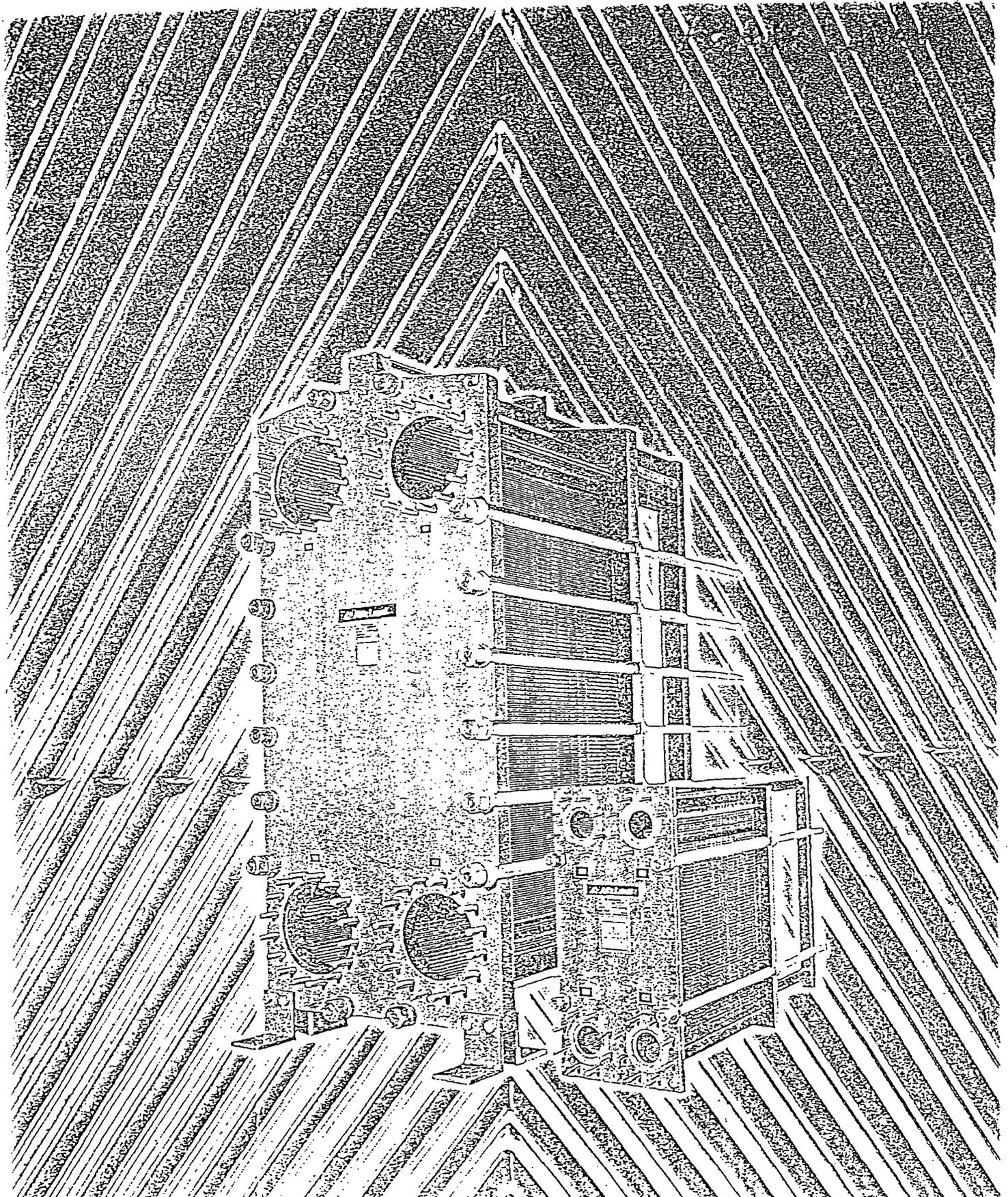
- T2BM
- T6AN
- T6AL
- 16Z
- T4EG
- T4BF
- T8A
- T6H
- T6A
- T4AX
- T4A
- T2A
- T2F

IF MOTOR HAS MULTIPLE  
T'S PER LEAD CONNECT  
TOGETHER LIKE T'S



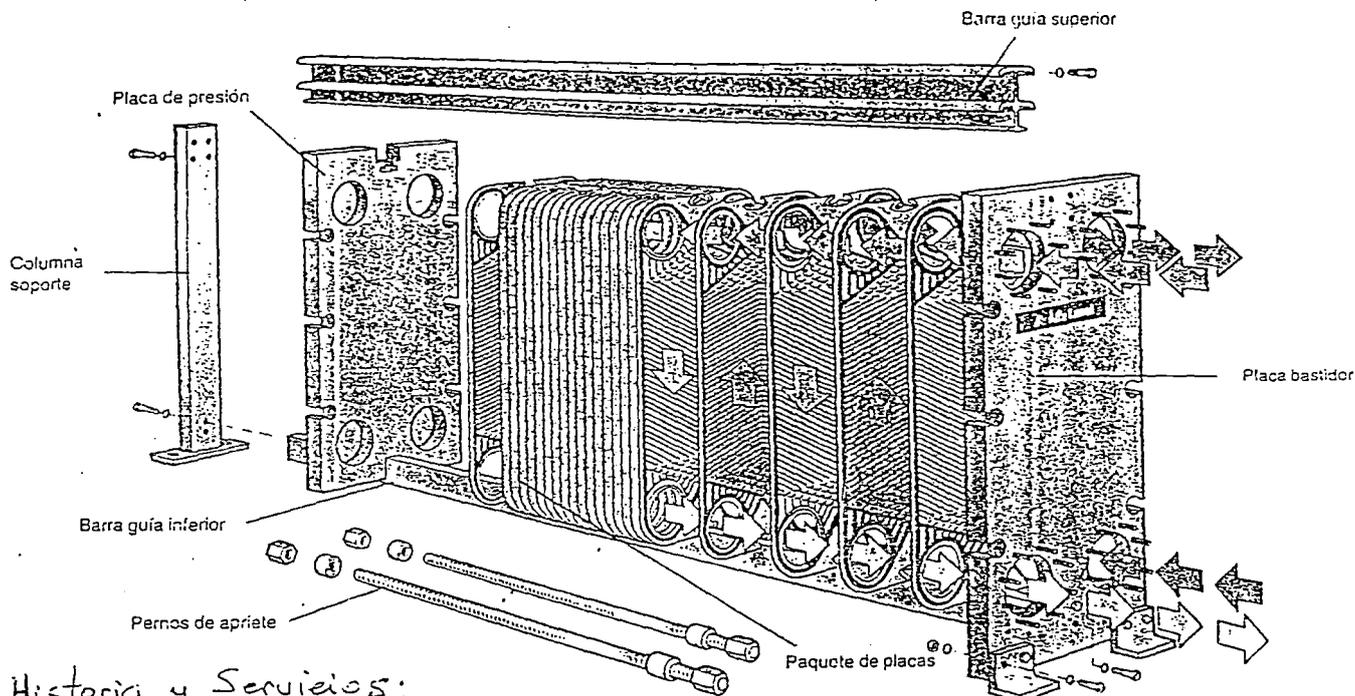
A-9806: DECAL

15	10-16-1990	REVISED "IF MOTOR HAS MULTIPLE T'S PER LEAD. NOTE CN 26560"	MRB	✓ MAX SURFACE ROUGHNESS UNLESS NOTED OTHERWISE	UNLESS OTHERWISE SPECIFICALLY DIMENSIONS ARE IN INCHES TOL ON XX: XXX: 005 XXXX: 0005 ANGLES:
14	03-07-1997	ADDED SURGE TESTER NOTE - FOR FACTORY USE ONLY CN 24255	MH	MATL SPEC	DRAWN BY LZ 01-04-1994
13	01-24-1994	REDRAWN ON CADD - NO CHANGE	LZ	FINISH	CHEK BY ML 01-20-1994
				PART NAME CONNECTION DIAGRAM	ORIG NO A-FF7900T
				GENERIC MOTOR 3/4 MOTOR WITH PROTECTOR	



El intercambiador de calor de placas

# El intercambiador de calor de placas



## Historia y Servicios:

Desde que hace más de 60 años los intercambiadores de calor de placas están en servicio, han ido incorporándose a un número creciente de aplicaciones. Durante estos años han demostrado tales ventajas, que su construcción ha evolucionado hacia innovaciones como el intercambiador soldado y otros diseños descritos en las págs. 6-7.

Hoy día, el intercambiador de calor de placas (PHE) se utiliza universalmente como elemento de calentamiento, enfriamiento y recuperación de calor eficiente en multitud de servicios de:

- Procesos Químicos
- Producción de pasta y papel
- Alimentación
- Calefacción y aire acondicionado
- Industria ligera
- Plantas azucareras
- Producción de energía eléctrica
- Metal y acero
- Plataformas de petróleo y gas
- Refrigeración
- Marina

## Construcción

El intercambiador de calor de placas consiste en un paquete de placas de metal especialmente corrugadas y provistas de orificios de paso para los dos fluidos. El conjunto de placas se ensambla en el bastidor entre la placa fija y la placa móvil y se comprime mediante los pernos de apriete. Las placas incorporan juntas elastoméricas que sellan los canales al mismo tiempo que dirigen los distintos fluidos por canales alternos. El número y tamaño de las placas queda determinado por el caudal, propiedades físicas de los fluidos, pérdidas de presión y temperatura requerida. La corrugación de las placas provoca turbulencia en el fluido a la vez que soporta la presión diferencial.

El paquete de placas así como la placa de presión, están suspendidas de la barra guía superior y apoyadas en la barra guía inferior las cuales a su vez están fijadas a la columna soporte. Las conexiones se localizan en la placa fija del bastidor salvo en el caso de que haya más de un paso, donde se utilizan ambas placas del bastidor.

## Materiales de placas y juntas

Las placas pueden suministrarse en cualquier material factible de ser prensado. Los más comunes son:

- Acero inoxidable AISI 304,
- AISI 316, 18/12/6,5 (Avesta SMO)
- Titanio
- Titanio-Paladio
- Níquel
- Hastelloy®
- Diabon F100/NS1

Se dispone de juntas en una amplia gama de elastómeros:

- Goma nitrilo
- EPDM
- Hypalon® (CSM)
- Viton® (FPM)
- Neopreno® (Cloropreno)

(Otros materiales disponibles si se requieren).

## Homologaciones

Alfa Laval está homologada por ASME para el suministro de intercambiadores de calor de placas según la Sección VIII (Sello U) y cumple además con otras normativas de recipientes a presión como:

AD-Merkblätter (Alemania)

BS 5500 (Reino Unido)

Código Sueco de Recipientes a Presión

Alfa Laval posee el certificado ISO 9001 para el diseño, fabricación, servicios y comercialización de intercambiadores de calor.

## Características de diseño standard

Presión máxima de operación:	25 bar (360 psi)
con diseño especial:	30 bar (435 psi)
Temperatura máxima:	160°C (320°F)
con juntas especiales:	180°C (355°F)
Caudal máximo:	3600 m <sup>3</sup> /h (16 000 US gpm)
Coefficiente de transferencia:	3500-7500 W/m <sup>2</sup> °C (600-1300 BTU/ft <sup>2</sup> h°F)
Área de transferencia:	0,1-2200 m <sup>2</sup> (1-24000 ft <sup>2</sup> )
Diametro máx. de conexiones:	450 mm (18")

# Comparación entre el intercambiador de calor de placas y el de carcasa y tubos

	<i>PHE tradicional</i>	<i>Carcasa y tubos</i>
<i>Cruce de temperaturas</i>	<i>Posible</i>	<i>Imposible</i>
<i>Aproximación</i>	<i>1 °C (2 °F)</i>	<i>5 °C (10 °F)</i>
<i>Servicios múltiples</i>	<i>Posible</i>	<i>Imposible</i>
<i>Conexión de tuberías</i>	<i>En una dirección (en la placa bastidor)</i>	<i>Desde varias direcciones</i>
<i>Relación de transferencia de calor</i>	<i>3-5</i>	<i>1</i>
<i>Relación de peso en operación</i>	<i>1</i>	<i>3-10</i>
<i>Volumen contenido</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>
<i>Relación de espacio</i>	<i>1</i>	<i>2-5</i>
<i>Soldaduras</i>	<i>Ninguna</i>	<i>Soldado</i>
<i>Sensibilidad a vibraciones</i>	<i>Insensible</i>	<i>Sensible</i>
<i>Juntas</i>	<i>En todas las placas</i>	<i>En cada bonete</i>
<i>Detección de fugas</i>	<i>Fácil de detectar en el exterior</i>	<i>Difícil de detectar</i>
<i>Acceso para inspección</i>	<i>En cada lado de la placa</i>	<i>Limitado</i>
<i>Tiempo para apertura</i>	<i>15 minutos (con pistola neumática)</i>	<i>60-90 minutos</i>
<i>Reparaciones</i>	<i>Fácil reposición de placas y/o juntas</i>	<i>Requiere anular los tubos=menor capacidad</i>
<i>Modificaciones</i>	<i>Fácil, añadiendo o retirando placas</i>	<i>Imposible</i>

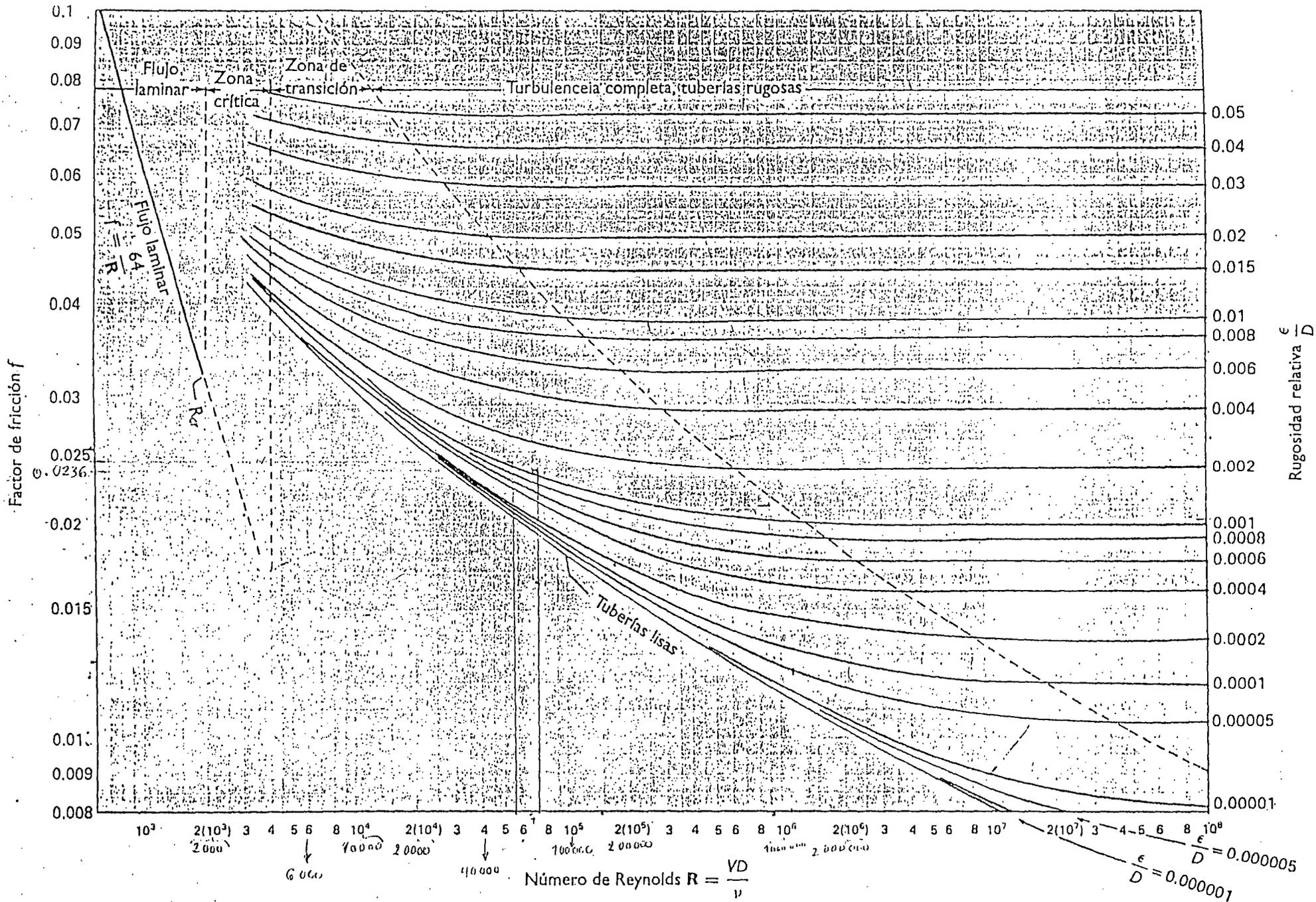
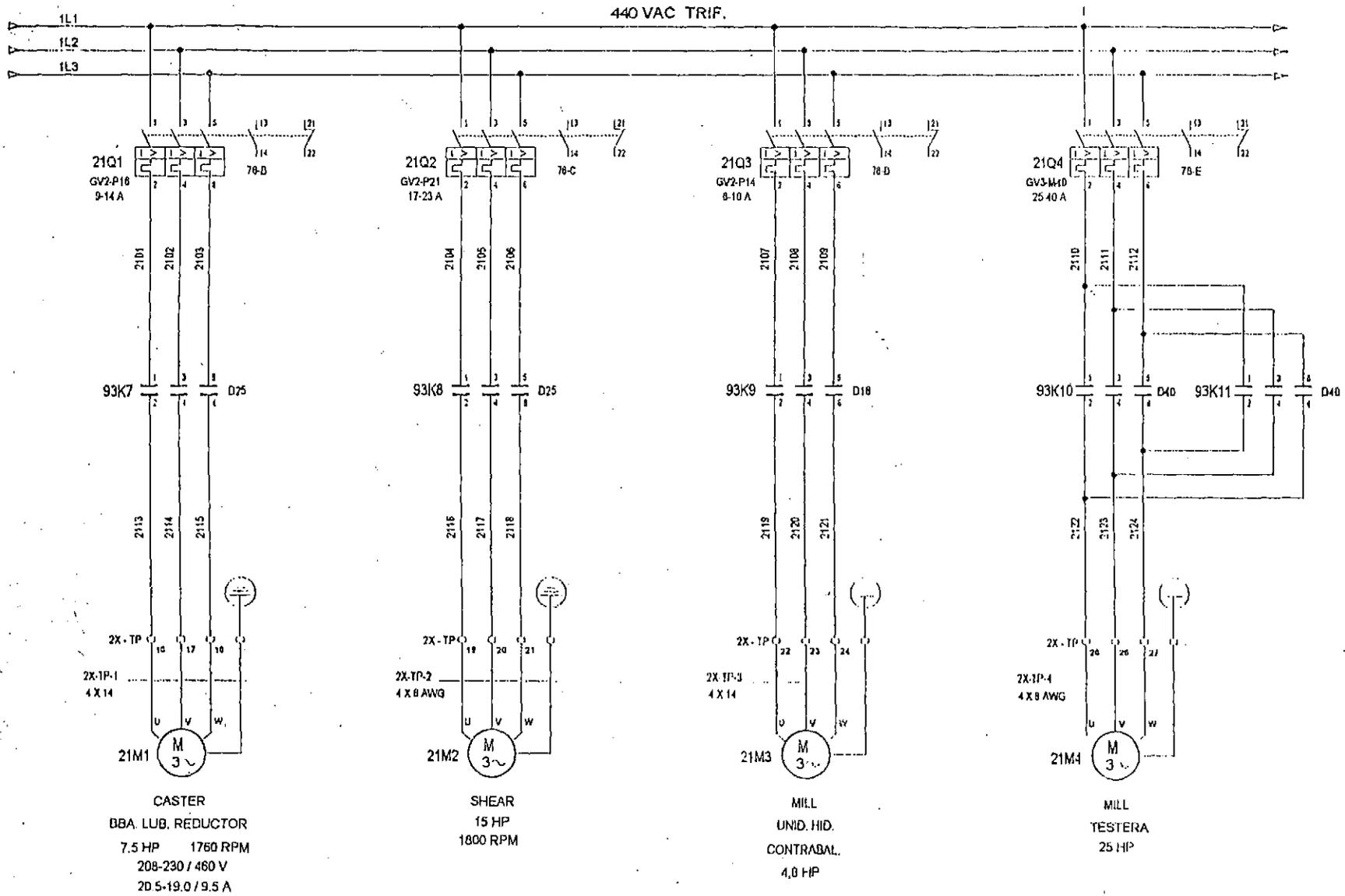


Figura 7.9 El diagrama de Moody para el factor de fricción (tomado de la referencia [3]).

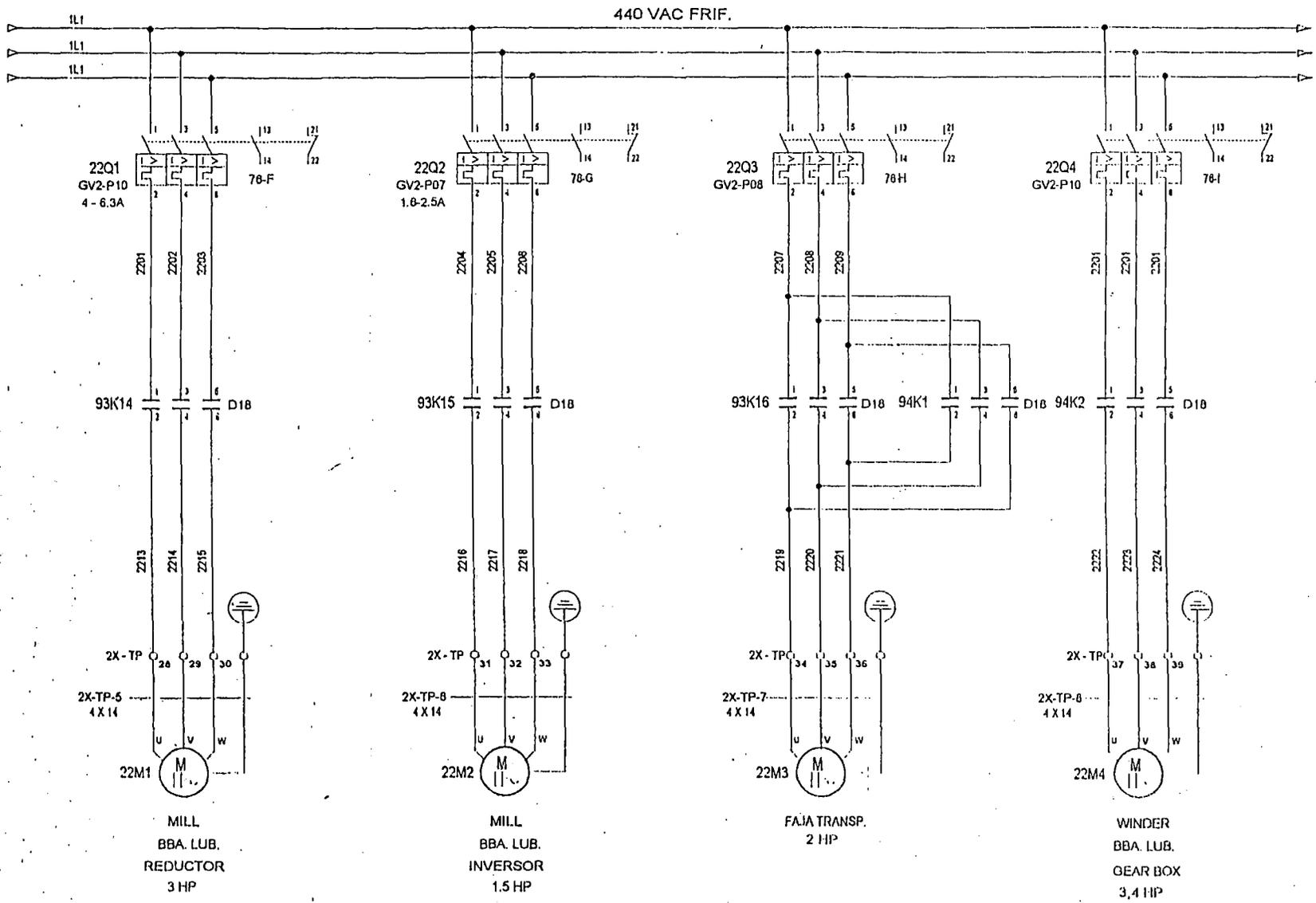


ITEM	1	2	3	4	5
POR:					
FECHA:					

PROG.:  
 FILE: HUNTER  
 DOC: FATAHU21

**FATA HUNTER**  
 ALIMENTACION MOTORES

DIB. POR:  
 FECHA:  
 PLANO: 21 DE

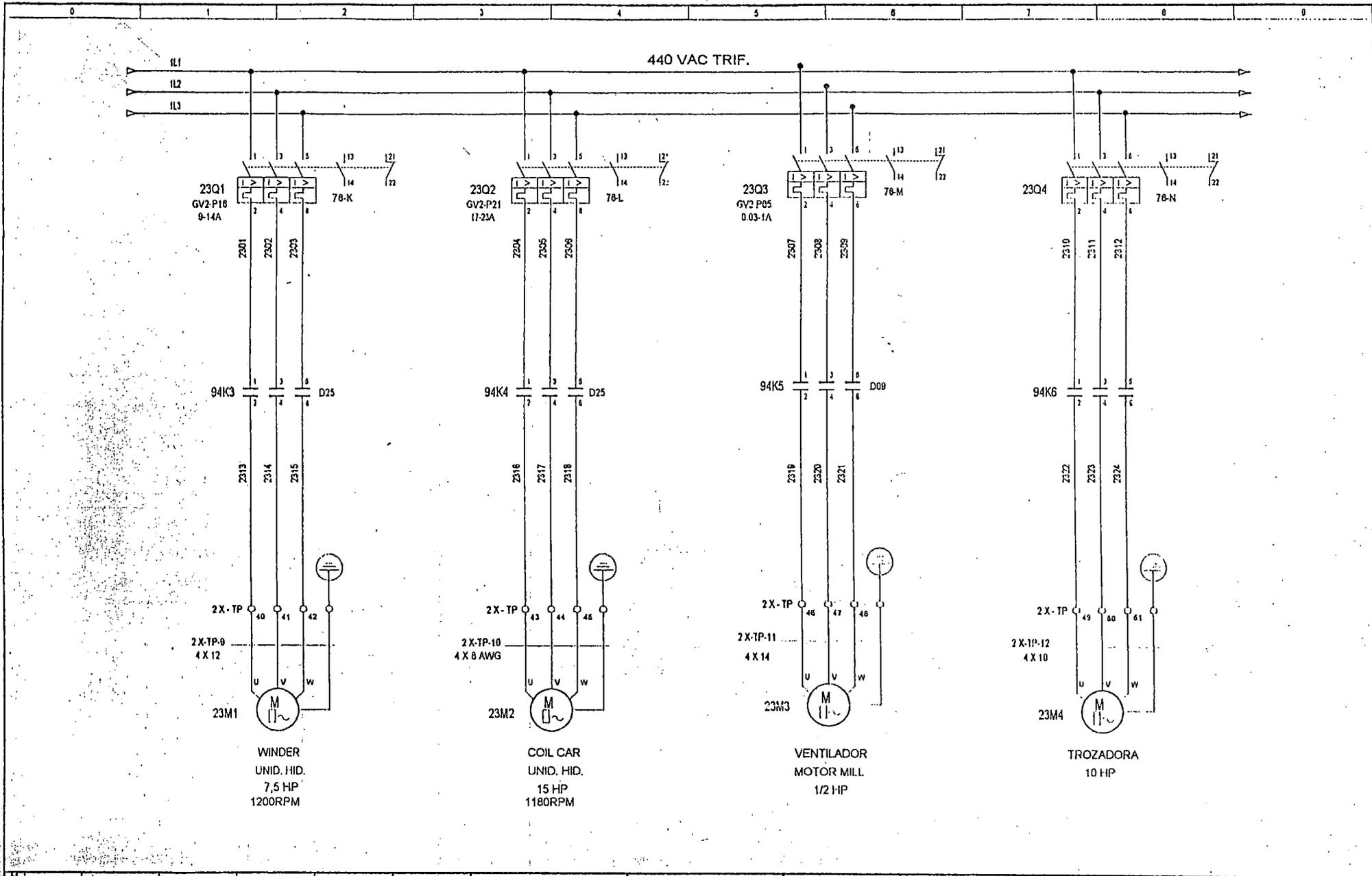


ITEM	1	2	3	4	5
POR:					
FECHA:					

PROG.:  
FILE: HUNTER  
DOC: FATAHU22

**FATA HUNTER**  
ALIMENTACION MOTORES

DIB. POR.:  
FECHA:  
PLANO: 22 DE



ITEM	1	2	3	4	5
POR:					
FECHA:					

PROG.:  
FILE: HUNTER  
DOC: FATAHU23

**FATA HUNTER**  
ALIMENTACION MOTORES

DIB. POR:  
FECHA:  
PLANO: 23 DE