



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	PAGINA
1) INTRODUCCION.....	1
2) PRINCIPALES CARACTERISTICAS Y PROBLEMAS DE LA INDUS <u>TRIA</u> PEQUEÑA Y MEDIANA EN MEXICO.....	4
3) CONSTRUCCION DEL MODELO ADMINISTRATIVO.....	11
4) CONCLUSIONES.....	184
5) DISCUSION.....	187
BIBLIOGRAFIA.....	201

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo el analizar la problemática de la pequeña y mediana industria de la rama galvanoplástica y proponer una metodología de planeación para la función de producción.

Se ha considerado la hipótesis de que la empresa debe ser contemplada como un sistema, esto es un conjunto de funciones con un objetivo común, de ahí pues que al analizar la función producción se consideran sus interacciones con las funciones de mercadotecnia, personal y finanzas.

En el capítulo 2, se analiza la problemática de la pequeña y mediana industria en México, observándose que la problemática general se da también en el caso de la industria de galvanoplastia.

En el capítulo 3, se propone un modelo de organización general, que deberá ser adaptado a las necesidades de cada empresa en particular.

Es conveniente señalar que esta estructura ha sido diseñada bajo la hipótesis sistémica, lo que va a permitir contemplar a la organización como un conjunto de interacciones entre las diferentes funciones y mostrar que la falta de eficiencia en cualquiera de ellas afecta la eficiencia total de la empresa.

Se escogió la función de producción para efectos de un análisis detallado en virtud de ser la rama más afín con la problemática a la que tiene que enfrentarse un profesional de la ingeniería, que si bien es cierto en una posición de dirección tendrán que -- afrontar además de esta problemática, las relacionadas con los recursos humanos y financieros y que en este trabajo tan solo se mencionan. Los puntos que se han considerado al estudiar la función de producción se han elegido bajo el criterio de constituir una guía para detección de problemas y posibles soluciones para un lector que se ve afectado por la problemática descrita para la industria de galvanoplastia y que no posee una educación formal en la materia, aunque sí el conocimiento empírico.

Dentro de la función producción para industrias de cromado se incluyen aspectos de construcción de instalaciones, requerimientos de calor, equipo, características del proceso, operación de la -- línea de cromado, costos de material procesado, planeación agregada, que se sustenta sobre la programación del sistema productivo, balanceo de líneas, cálculo del lote económico, inventarios de materia prima, lote económico de producción, mantenimiento y reemplazo de equipo.

Asimismo se consideran aspectos de higiene y seguridad industrial que en este tipo de industria resultan sumamente importantes en virtud de que el personal obrero que lo integra no es especializado.

Los aspectos de contaminación también son analizados por los efluentes que se producen en este tipo de industrias y la necesidad que existe de concientizar al pequeño industrial de la importancia de establecer sistemas de control de desperdicios y contaminantes en función de los efectos que estos ejercen en la salud ocupacional y social, además de los daños a la ecología.

Finalmente se incluyen dos anexos en los que se detallan los calculos de estimación de capacidad y los programas de computo utilizados en los pronósticos de la demanda y de la producción para una empresa promedio en la industria que nos ocupa.

CAPITULO 2

PRINCIPALES CARACTERISTICAS Y PROBLEMAS DE LA INDUSTRIA PEQUERA Y MEDIANA EN MEXICO (1)

En nuestro país no existen sistemas adecuados para clasificación de las industrias según su tamaño.

La división entre pequeña y mediana industria se basa en el monto del capital contable, considerando pequeña a aquellas con un capital - entre 50,000 y 5 millones de pesos; por mediana la que posea un capital de 5 a 40 millones de pesos, (2), (3). Asimismo para estas industrias se han considerado los siguientes aspectos:

- . Aspectos financieros
- . Aspectos económicos
- . Aspectos productivos

(1) " Principales características y problemas de la industria pequeña y mediana en México".

FOGAIN

Subdirección de Estudios Económicos y Programación Industrial. - México, D.F., Febrero de 1980.

- (2) Otro criterio de clasificación, es aquella cuya inversión en activos fijos es menor a 200 veces el salario mínimo anual vigente en el D.F., en la actualidad, esta cifra es de 10 millones de pesos aproximadamente.
- (3) No existen en México criterios para clasificación de pequeña y mediana empresa que sean diferentes a los económicos.

2.1. Aspectos financieros

La mayoría de los empresarios manifiestan financiar sus programas de producción con reinversión de recursos propios; mientras que el financiamiento bancario representa solamente una tercera parte del requerido de dichas industrias. Entre los pequeños y medianos empresarios que utilizan el financiamiento bancario la proporción más elevada acude a bancos privados y solo una mínima proporción emplea otras fuentes de carácter oficial (FOGAIN, - FOMEX, FOMIN, FONEI, FIRA, etc.). Esto revela el desconocimiento por parte del industrial acerca del funcionamiento e incluso existencia de los fondos de financiamiento oficiales o bancos de segundo piso.

Se debe señalar que en el caso de la pequeña industria se tienen problemas para obtener financiamiento, los cuales se derivan en gran medida de la carencia de garantías reales que la banca -- exige como requisito para conceder los créditos y a la limitada capacidad de pago de este tipo de empresas. En lo concerniente a las medianas industrias, aunque el problema de las garantías -- subsiste, la formulación adecuada de sus solicitudes de crédito a la banca es el punto crítico.

2.2. Aspectos Económicos.

Entre las características relevantes en estas industrias, se encuentra que el nivel ocupacional en la pequeña, en promedio es de 24 trabajadores y la inversión promedio por trabajador es de - - 132,000 pesos. Por otro lado en las de tamaño mediano, la ocupación promedio es de 79 trabajadores y se invierten 318,000 pesos en la creación de un empleo. Por lo que toca a ventas e inversión por trabajador, estas fluctúan entre 1,800 y 8,400 pesos, empleándose 152,000 y 322,000 pesos de inversión per capita, en donde se

deduce que las ventas por peso invertido varían de 1.2 a 2,6 pesos. En lo que respecta a personal ocupado indica que el 82 % son obreros y operarios, 6% técnicos y 12% administradores.

2.3. Aspectos productivos

En cuanto al grado de utilización de la capacidad instalada es importante señalar que se trabaja un promedio de 1.4 turnos al día, lo cual hace notoria la capacidad ociosa de la misma. De esto se desprende que con una mayor utilización del equipo, estas empresas podrían disminuir considerablemente sus costos unitarios al tener una mejor distribución de sus gastos fijos en relación a la producción obtenida.

La industria pequeña, en general ocupa alrededor del 60 % de maquinaria de fabricación nacional y solo el 40 % importada; las medianas importan alrededor del 65 % de la maquinaria que utilizan, siendo un 35 % de fabricación nacional.

2.4. Principales Problemas Funcionales

Entre los principales problemas que limitan la capacidad productiva de las empresas, se encuentran fallas en el abastecimiento de materia prima e ineficiencias de varios tipos en el proceso productivo; escaso financiamiento; carencia de mano de obra calificada y limitaciones en la organización y ventas. El impacto de estas dificultades frenan el buen funcionamiento de este tipo de establecimientos; ya que tan solo los cuatro primeros representan más del 80 % de los principales obstáculos a que se enfrentan.

A pesar de la complejidad aparente de tales impedimentos, una solución adecuada es vital para la permanencia y buena marcha de las industrias pequeñas y medianas. El riesgo latente de no encon--

trar dichas respuestas, consiste en que las variaciones conjuntas negativas del sistema económico (inflación, escasez de insumos, contracciones monetarias, restricción de la liquidez, etc.) pueden afectar críticamente su funcionamiento y posición en el mercado.

Las tablas 2.1 y 2.2 listan los indicadores desglosados del estudio " Principales características y problemas de la industria pequeña y mediana en México".

2.5. Características y Problemática de la industria de galvanoplastia.

Alrededor de un 65 % de las empresas que conforman la industria de galvanoplastia en México son consideradas como pequeñas y medianas industrias, a partir de la clasificación que realiza - - FOGAIN (4). Estas empresas presentan la problemática general, descrita anteriormente además de otras particularidades.

En estas empresas existen fallas en el abastecimiento de materia prima, de las cuales la de mayor consumo, (níquel metálico) no se produce en el país; así mismo se presenta esta situación en los constituyentes de los abrillantadores. En los insumos de fabricación nacional, se hace patente la falta de producción y baja calidad de los mismos. Para minimizar los efectos adversos de estos factores se deberá plantear un sistema adecuado para el control de inventarios y un esquema versátil para el cálculo de lotes óptimos de compra de materia prima.

(4) Asociación Nacional de Plantas Maquiladoras de Galvanoplastia.
Consejo Metálico
CANACINTRA

Las fallas en el proceso productivo en la fábrica se reflejan en la baja productividad y en el control de calidad del producto terminado, así como, la falta de control de calidad está derivada por la falta de planeación de los sistemas productivos, de mantenimiento y de remplazo del equipo.

En el aspecto financiero, los puntos señalados para la generalidad de las empresas en el universo del estudio son aplicables a las industrias de galvanoplastia, ya que existe similitud entre ellas.

El aspecto económico es afectado seriamente por las fluctuaciones que se presentan en la oferta y la demanda ya que el mercado es el principal factor que regula el crecimiento de este tipo de empresas.

Estas variaciones redundan en la baja capacidad de contratación de personal altamente capacitado, debiendo utilizar un porcentaje elevado de recursos humanos con preparación deficiente. Estos factores coadyuvan a la mala canalización de los recursos de la empresa, lo cual redundan en perjuicio de los intereses de la misma, dado que estos recursos no son utilizados óptimamente.

Como puede observarse en este tipo de industria existe una disipación muy alta de los recursos, lo cual sugiere la necesidad de -- proponer un modelo administrativo que resuelva parcial o totalmente este tipo de problemas.

TABLA 2.1

INDICADORES DESGLOSADOS DEL ESTUDIO " PRINCIPALES CARACTERISTICAS Y PROBLEMAS DE LA INDUSTRIA PEQUEÑA Y MEDIANA EN MEXICO " (1)

INDICADOR	TIPO DE INDUSTRIA PEQUEÑA	INDUSTRIA MEDIANA	
ORIGEN DEL FINANCIAMIENTO			
Recursos propios	48	52	6
Bancario	37	32	
Proveedores	11	15	
Otros	4	1	
PROBLEMAS PARA OBTENER FINANCIAMIENTO			
Ninguno	57	64	
Falta de garantías	19	9	
Capacidad limitada de pago	10	4	
Formulación de solicitudes	7	14	
Pasivos elevados	3	4	
Otros	4	5	
NUMERO DE TRABAJADORES PROMEDIO POR EMPRESA			
Inversión promedio por empresa (10 ³ \$)	3,216	25,250	
Inversión promedio por trabajadores	132	318	
Origen de la maquinaria utilizada (%)			
Fabricación nacional	62	34	
Importada	38	66	
EXPECTATIVA DE CRECIMIENTO ANUAL EN VENTAS			
Para los próximos años	48	52	

T A B L A 2.2.

INDICADORES CONJUNTOS DEL ESTUDIO "PRINCIPALES CARACTERISTICAS Y PROBLEMAS DE LA INDUSTRIA PEQUEÑA Y MEDIANA EN MEXICO"

INDICADOR	INDUSTRIA	
	PEQUEÑA	Y MEDIANA
Trabajadores(%)		
Obreros	82	
Administradores	12	
Técnicos	6	
Grado de utilización de la capacidad instalada (%)	29	
Problemas Principales (%)		
Abasto de materia prima	25	
Producción	24	
Financiamiento	21	
Mano de obra calificada	13	
Organización	6	
Transporte	5	
Ventas	4	
Producto terminado	1	
Otros	1	
Ventas		
Promedio anual (10 ³ \$)	13,233	
Por trabajador	406	
Por peso invertido	1.6	
Por peso de capital contable	2.6	

C A P I T U L O 3

CONSTRUCCION DEL MODELO ADMINISTRATIVO ESTRUCTURA GENERAL DEL MODELO ADMINISTRATIVO

El objetivo es proponer una estructura administrativa que permita la optimización de los recursos de las empresas y dado que la problemática de la falta de productividad en este tipo de industrias se agudiza en la función de producción, se hará mayor hincapié en este aspecto.

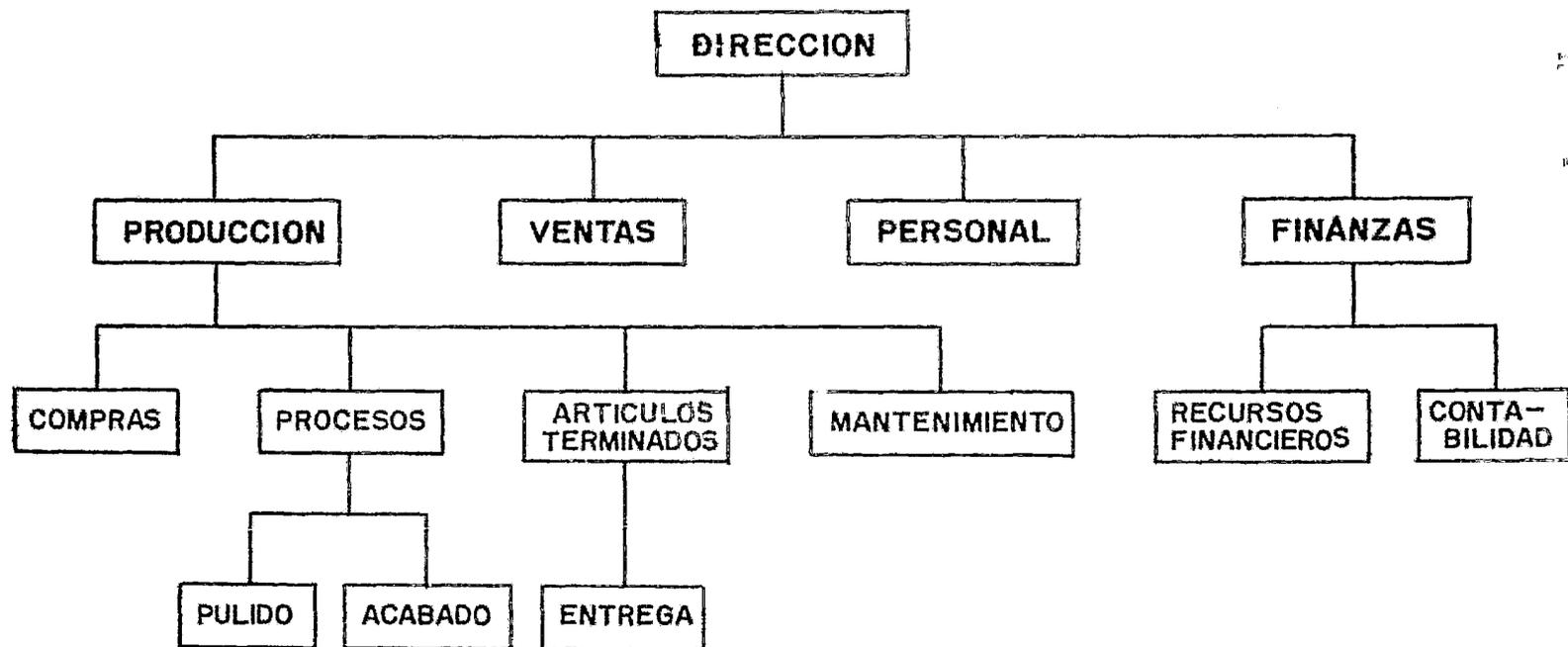
Las funciones que se consideran necesarias para este tipo de empresas son las siguientes: Dirección, Producción, Ventas, Personal, Finanzas, Compras, Procesos, Artículos terminados, Mantenimiento, Recursos financieros, Contabilidad, Pulido, Acabado y Entrega.

Las mencionadas funciones se presentan en el organigrama respectivo, en la figura 3.

Dicho organigrama está construido sobre funciones generales las cuales podrán ser desarrolladas por una o más personas o dos o más -- funciones por una sola persona, dependiendo del tamaño y necesidad de control en las instalaciones.

Para esta estructura y para los fines de este trabajo, la función de producción va a ser analizada con mayor detalle y para ello se propone el análisis de las instalaciones, equipo, proceso, políticas de control de inventarios, programación de la producción, control de calidad, mantenimiento, remplazo de equipo, normas de seguridad e higiene industrial y algunos aspectos de contaminación ambiental.

**FIG. 3 ORGANIGRAMA FUNCIONAL PROPUESTO PARA
PEQUENAS Y MEDIANAS INDUSTRIAS
DE GALVANOPLASTIA**



El modelo propuesto está diseñado para empresas que se inician o bien empresas que ya están en operación y que quieren mejorar su eficiencia en la función de producción en especial.

A continuación se proponen las indicaciones mínimas adecuadas para el funcionamiento óptimo de una empresa prototipo en la industria de cromado; en lo relativo a la función producción, que como se verá a lo largo de este trabajo presenta una interrelación de tipo matricial con el resto de las funciones de la empresa.

3.1. CONSTRUCCION DE LAS INSTALACIONES

Dentro de los planes de construcción se debe tomar en cuenta los requerimientos de áreas productivas, necesarias para la planta.

A continuación se listan las áreas que se deben considerar.

- a) área para línea de cromado
- b) área para casa de fuerza
- c) área para departamento de pulido
- d) área para bodega de materia prima
- e) área para planta de tratamiento de desechos líquidos
- f) área para servicios
- g) área para laboratorio
- h) área para oficinas
- i) área para taller de mantenimiento
- j) área para almacén de productos por procesar
- k) área para almacén de racks
- l) área para control de calidad, revisión y empaque
- m) área para recepción y entrega de material
- n) área para patio de maniobras
- o) área para expansión inmediata
- p) área para expansión futura.

La suma de estas áreas departamentales proporcionará el área total que se requiere para situar las instalaciones necesarias para la planta; en la figura 3.1.1.* se señala la localización de estas áreas.

El área necesaria para iniciar operaciones es de $1,737.76 \text{ m}^2$ y se requiere de 565.36 m^2 para una expansión futura, siendo el total del área requerida de $2,353.12 \text{ m}^2$.

3.1.1. Obra civil para la instalación de la línea de cromado

La línea de cromado consta de 17 tanques de lámina de fierro de 3/16" de espesor con dimensiones de 1.52 m x 0.91m x 1.22 m y 2 tanques de lámina de 3/16" de espesor con dimensiones de 1.52 m x 1.22 m x 1.22 m. Estos tanques estarán colocados en un foso de concreto el cual recibirá los 19 tanques y tendrá un área para expansión, para recibir nuevos tanques de proceso sin afectar sus dimensiones originales y sin sufrir modificación en su obra civil, como se muestra en la figura 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4, 3.1.5.

La creación del foso para recibir los tanques, obedece a varias razones las cuales son:

- a) Separar los desechos líquidos según su naturaleza para su posterior tratamiento.
- b) Permite tener la línea de producción a una altura de 0.61 m y trabajar al nivel del piso.
- c) Evita construcción de andamiaje
- d) Evita tener encharcamientos, depósitos de lodo y piezas tiradas.

* Las tablas y figuras a que se hace referencia se encuentran localizadas al final del inciso respectivo.

- e) Permite proporcionar mantenimiento al equipo sin interferir con la producción.

El foso tiene las características siguientes: Posee 35.40 m. de longitud, 1.895 m de ancho y 2.20 m. de profundidad.

Las paredes y el piso estarán forradas con una capa de material antiácido en las secciones A, B y D; en las secciones C y E no se requiere esta protección. Cada sección del foso debe de tener un sistema de alcantarillado individual para poder conducir el agua residual hacia la planta de tratamiento. En la figura 3.1.6. se muestra el plano arquitectónico estructural y en la figura 3.1.7. , se señala el corte A - A' donde está indicado el sistema de conducción del agua residual hacia el cárcamo de bombeo para su posterior tratamiento.

Cada sección está dividida por una mampara de 0.60 mts. para separar los caudales de agua residual. El esquema del foso, se presenta en la figura 3.1.8 y se señalan las secciones siguientes, las cuales generan agua residual con características definidas.

Sección A	Zona de Cromatos
Sección B	Zona fuertemente ácida
Sección C	Zona de alcalino cianurados
Sección D	Zona fuertemente ácida
Sección E	Zona fuertemente alcalina

Estas secciones cuentan con un drenaje especial que utiliza tubos de material anticorrosivo de 30 cms. de diámetro, para la conducción de aguas residuales. Dicha conducción se realiza por gravedad hasta el sitio de tratamiento, donde es almacenada en un cárcamo de bombeo para procesarla en forma intermitente, mostrándose en la figura 3.1.9., las generalidades del sistema.

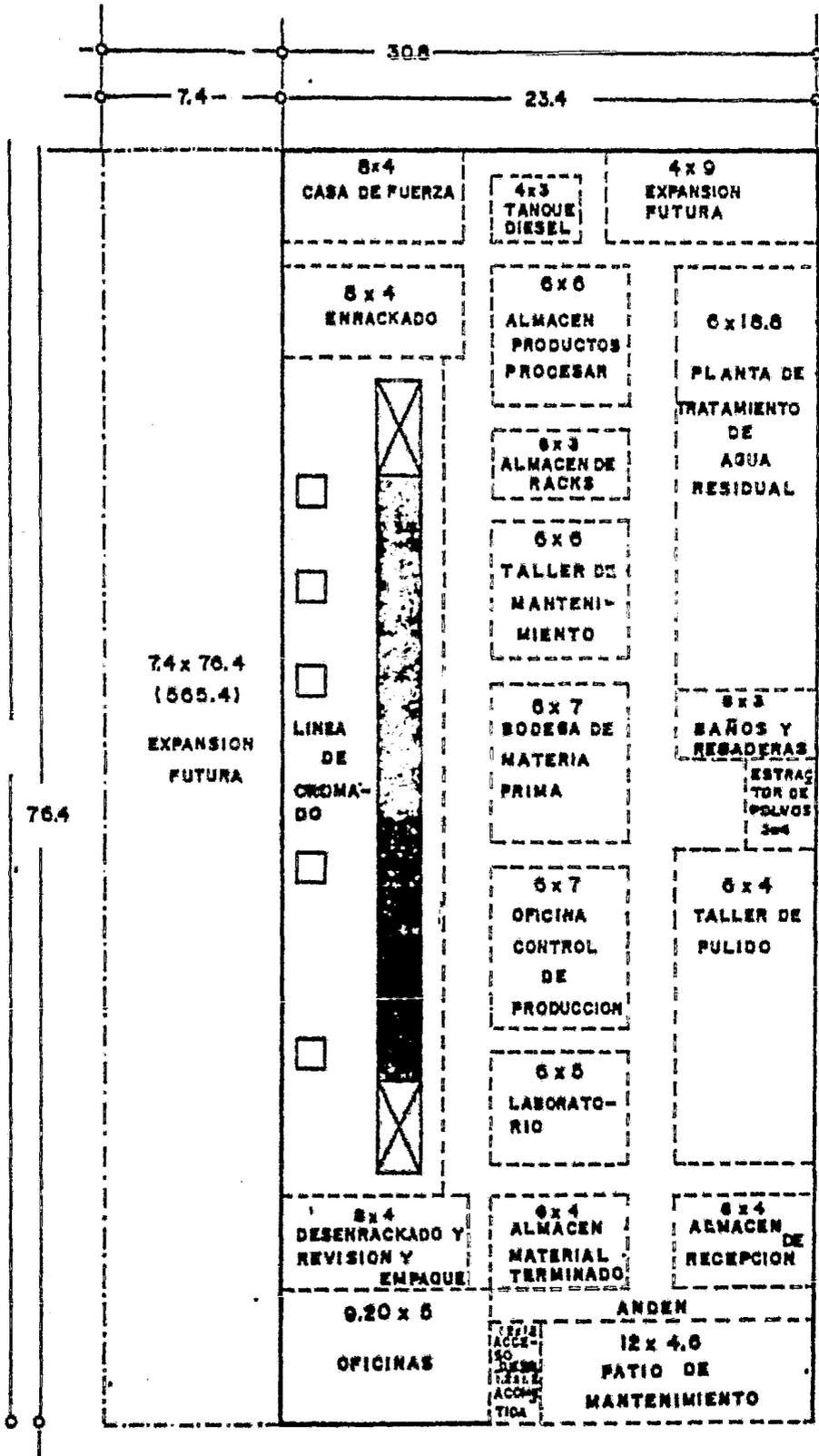


FIG.3.1.1 DISTRIBUCION GENERAL DE LA FABRICA
AREAS PRODUCTIVAS

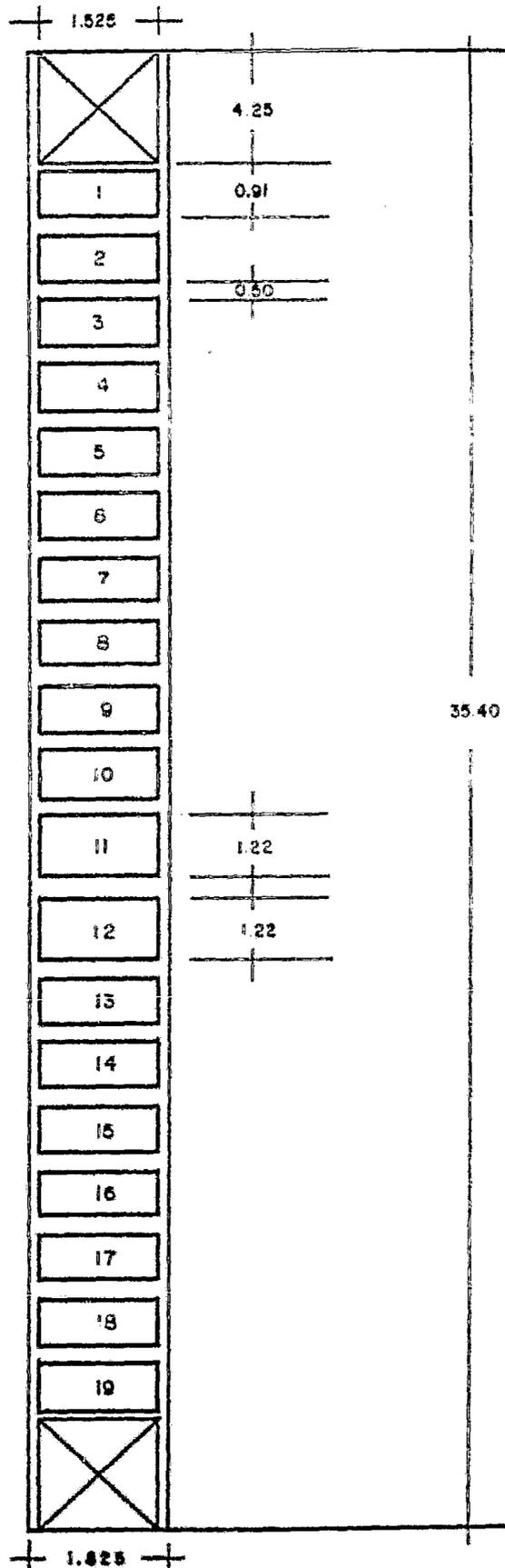


FIG. 3.1.2
DISTRIBUCION
DE LA PLANTA
DE CROMADO

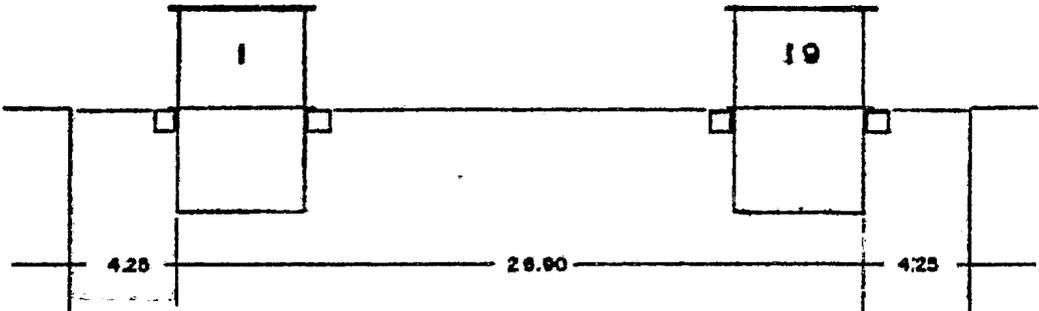


FIG 3.1.3 DISTRIBUCION DE LOS TANQUES EN EL FOSO

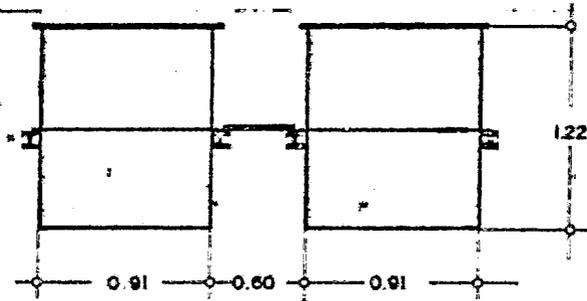
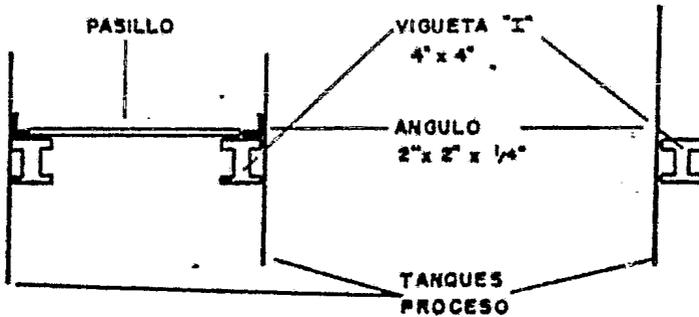


FIG.3.1.4 DETALLE DE MONTAJE DE LOS TANQUES



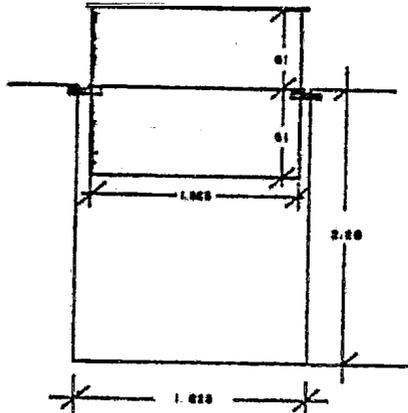
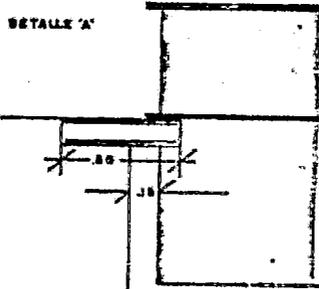
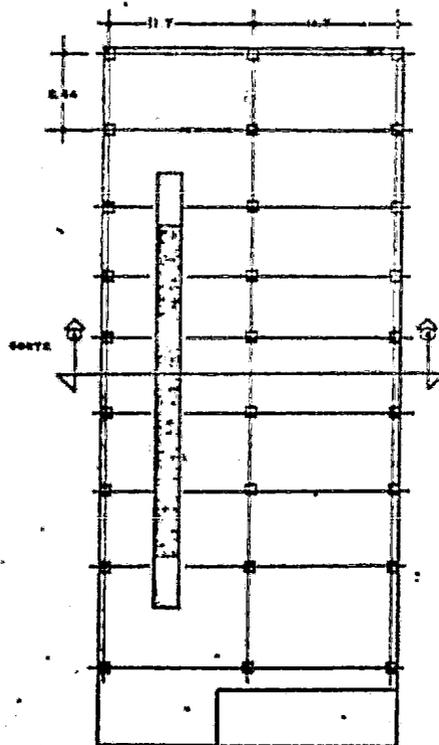


FIG 3.1.8 PERFIL DEL FOSO Y TANQUE

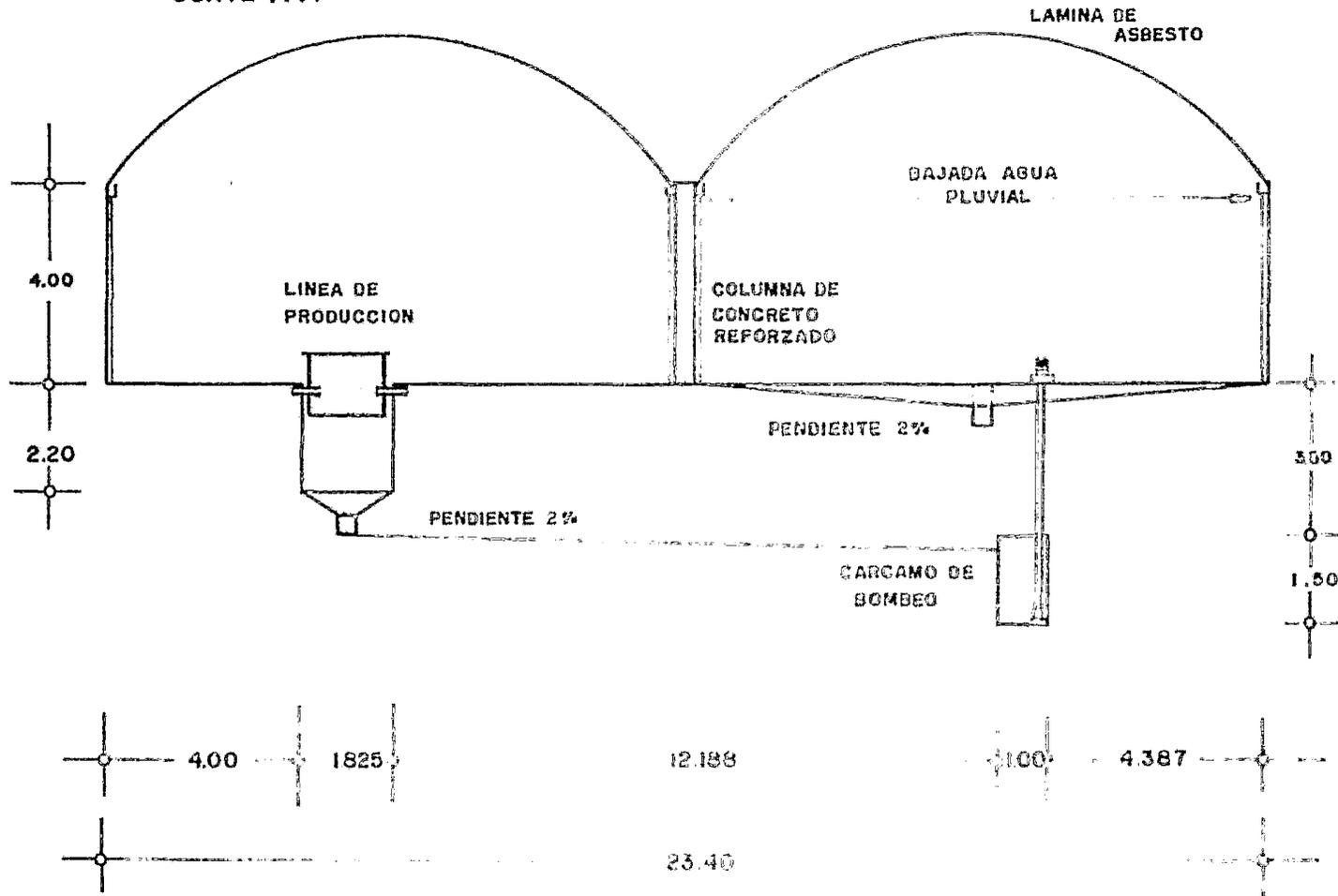


DETALLE DE LOS SOPORTES PARA LOS TANQUES



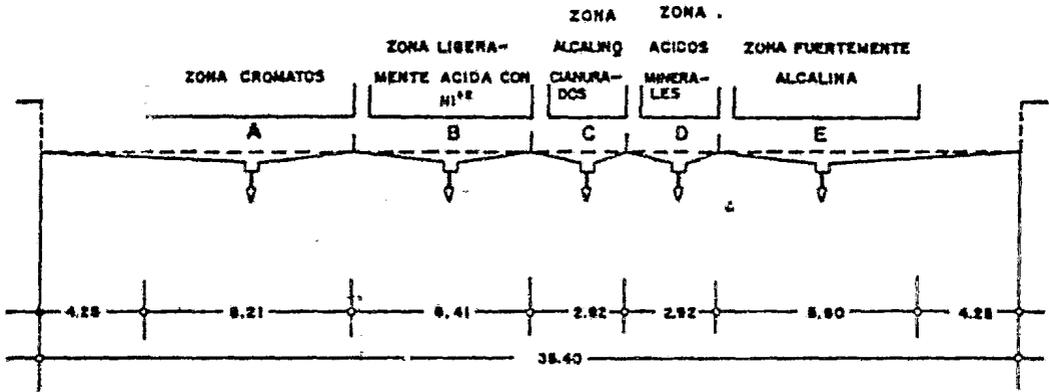
PL. 3.1.6 PLANO ARQUITECTÓNICO ESTRUCTURAL

FIG. 3.1.7
CORTE A'A



DISTRIBUCION DE LAS AREAS PARA SEPARAR LAS CORRIENTES DE AGUAS RESIDUALES

FIG. 3.1.8



ANCHURA: 80cm PARA LOS TANQUES
PENSAMIENTO: 2%

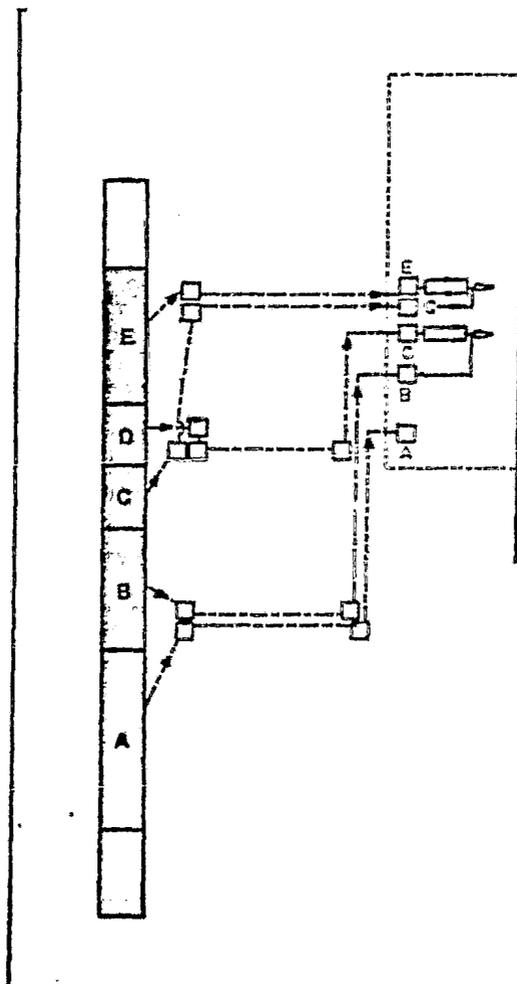


FIG. 3.1.9 CONDUCCION DE LAS AGUAS RESIDUALES HACIA SU TRATAMIENTO

3.2. Requerimientos de calor en las instalaciones

Las soluciones utilizadas para los procesos de electrodepósito, requieren de temperaturas de operación diferentes a la ambiental, siendo necesario calcular la energía que se les debe suministrar, para mantener las condiciones apropiadas de trabajo.

El balance de energía para las soluciones, considera cuatro factores principales en la pérdida de calor, los cuales se enuncian a continuación:

- 1) Energía cedida a la solución y al medio ambiente.
 - a) Cantidad de calor necesario para llevar la solución de la temperatura ambiente hasta la de operación.
 - b) Cantidad de calor que se pierde en la superficie del líquido por evaporación y radiación. Este tipo de pérdida presenta dos fases, una de calentamiento y una de operación.
 - . Fase de calentamiento
Comprende desde el inicio del calentamiento hasta un tiempo igual a 4 horas durante el cual se eleva la temperatura de la solución desde la ambiental hasta la de operación.
 - . Fase de operación
Comprende a partir del inicio de actividades, hasta la hora de suspenderlas.
 - c) Cantidad de calor que se pierde en las paredes por radiación. (Los tanques de proceso considerados en este inciso poseen aislamiento térmico de 1" de espesor), para reducir las pérdidas por radiación. Este espesor se

seleccionó debido a las condiciones de operación de los tanques de proceso, ya que al seleccionar otro aislamiento de mayor espesor, este representaría una mayor inversión no siendo proporcional a la cantidad de calor que se evitaría ceder al medio ambiente.

Esta pérdida considera dos fases las cuales se señalan a continuación.

- . Fase de calentamiento.

Comprende a partir del inicio del calentamiento hasta un tiempo igual a 4 horas.

- . Fase de operación.

Comprende a partir del inicio de actividades, hasta la hora de suspenderlas.

d) Cantidad de calor que se extrae a causa del proceso, - considerando a las piezas por recubrir y los respectivos soportes, para lo cual se va a utilizar la fórmula:

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t \dots \dots \dots (A)$$

Obtenida de la expresión $dq = [WtCpdT]$ (5), donde se -- tiene:

- M = Masa de las piezas por recubrir
- C_p = Calor específico a presión constante B.t.u./((lb)(°F)
- T₂ = Temperatura de operación, en ° C
- T₁ = Temperatura inicial en ° C
- t = Tiempo de calentamiento

(5) FOUST, A.S. Principles of Unit Operations, Wiley International Edition, 1960, Pag. 229.

d = Densidad de la solución.

Los casos contemplados en este inciso se consideran que tienen valores para la capacidad calorífica (Cp), similares a las del agua, debido a la baja concentración de las sales en la solución.

3.2.1. Cálculo de la energía requerida por los tanques de desengrase y por el enjuague de agua desionizada. (Los tres sistemas tienen condiciones de operación muy similares).

3.2.1.1. Cantidad de calor necesario para llevar la solución desde 14° C (60° F) hasta 80° C (180°F), la capacidad de los tanques es de 1500 litros.

Fórmulas que se emplean:

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t \dots\dots\dots(A)$$

$$M = V \times d \dots\dots\dots(B)$$

Datos que se tienen para estos tanques:

V = 1 500 l, d = 1.1531 (6) sustituyendo en la ecuación (B):

$$M = 1500 \text{ l} \times 1.1531 \text{ kg/l} = 1,729.65 \text{ kg.}$$

Convirtiendo a sistema inglés:

$$M = 1,729.65 \text{ Kg} (2.2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}}) = 3805.23 \text{ lb.}$$

Al suponer un tiempo de calentamiento de 4 horas y substituirlo en la ecuación (A) resulta el siguiente cálculo:

$$Q = 3,805.23 \text{ lb} (1.0 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}}) (180^\circ\text{F} - 60^\circ\text{F}) / 4\text{h} = 114,156.9 \text{ Btu}$$

3.2.1.2. Cantidad de calor que se pierde en la superficie del líquido por evaporación y radiación.

Cálculo del área superficial de los tanques de proceso.

$$A = \frac{1.50 \text{ m} \times 0.90 \text{ m}}{6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2/\text{ft}^2} = 14.88 \text{ ft}^2$$

donde:

lado mayor = 1.50 m

lado menor = 0.90 m

conversión de m^2 a $\text{ft}^2 = 6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2/\text{ft}^2$

• Fase de calentamiento.

Comprende desde el inicio del calentamiento hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de $130 \text{ Btu}/\text{ft}^2\text{hr}$. para una temperatura de 60°F ; en donde el valor de Q se calculará con la ecuación (C):

$$Q = 14.88 \text{ ft}^2 (130 \text{ Btu}/\text{ft}^2/\text{hr}) / 4\text{h} = 483.6 \text{ Btu}$$

• Fase de operación.

Comprende desde el inicio de las actividades hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de $2,000 \text{ Btu}/\text{ft}^2/\text{h}$, por pérdidas para una temperatura de 180°F , de donde el cálculo de Q se realiza con la ecuación (C):

$$Q = A (\text{pérdidas por radiación en las paredes})/t \dots (C)$$

$$Q = 14.88 \text{ ft}^2 (2,000 \text{ Btu}/\text{ft}^2/\text{h})/8\text{h} = 3,720 \text{ Btu}.$$

3.2.1.3. Cantidad de calor que se pierde en las paredes por radiación (los tanques considerados poseen aislamiento térmico de 1" de espesor).

Cálculo del área de las paredes:

$$A = \frac{2(1.52 \times 1.10) + 2(1.10 \times 0.91) + (1.52 \times 0.91)}{6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2 / \text{ft}^2} = 71.5 \text{ ft}^2$$

donde:

$$\text{Area de los costados} = 2(1.52\text{m} \times 1.10)$$

$$\text{Area de los cabezales} = 2(1.10\text{m} \times 0.91\text{m})$$

$$\text{Area del fondo} = 2(1.52\text{m} \times 0.91\text{m})$$

- a) Fase de calentamiento; comprende desde el inicio del calentamiento, hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de 12 Btu/ft²/h debido al aislamiento térmico y a la temperatura de operación para una temperatura de 90° F; de donde el valor de Q se calculará con la ecuación (C).

$$Q = 71.5 \text{ ft}^2 (12 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}) 4\text{h} = 214.5 \text{ Btu}$$

- b) Fase de operación; comprende desde el inicio de las actividades, hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de 46 Btu/ft²/h debido al aislamiento térmico y a la temperatura de operación; para una temperatura de 180°F; de donde se calcula el valor de Q con ayuda de la ecuación (C).

$$Q = 71.5 \text{ ft}^2 (46 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}) / 8\text{h} = 411 \text{ Btu.}$$

3.2.1.4. Cantidad de calor que se extrae a causa del proceso.

Consideraciones:

Una barra catódica transporta 4 soportes, conteniendo 32 rodajas de 3", las cuales tienen un peso unitario de 0.075 kg; El peso de los soportes se estima que es dos veces el peso de las piezas para recubrir.

a) Cálculo de la masa que se introduce en los tanques de desengrase.

. Masa de las rodajas:

$$M_r = 0.075 \frac{\text{kg}}{\text{Pza.}} \left(\frac{32 \text{ pzas.}}{\text{soporte}} \right) \left(\frac{4 \text{ soportes}}{\text{barra}} \right) \left(\frac{5.45 \text{ barras}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$M_r = 52.36 \text{ kg/hora.}$$

. Masa de los soportes:

$$M_s = 52.36 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} (2) = 104.72 \text{ kg/hr.}$$

. Masa total:

$$M_t = 52.36 + 104.72 = 157.08 \text{ kg/hr}$$

b) Cálculo de la cantidad de energía.

Datos:

Cp para las soluciones: 1.0 Btu / lb ° F

Tiempo de residencia : 0.083 h.

Al substituir en la ecuación (A):

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t$$

$$Q = 157.08 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \left(2.2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}} \right) (1.0 \text{ Btu/lb/°F}) (180-60^\circ\text{F}) / 0.083\text{h} =$$

$$Q = 499,373.5 \text{ Btu}$$

Para obtener la cantidad de calor total, es menester llevar a cabo la suma de los calores parciales calculados - en cada operación, con la siguiente igualdad:

$$\approx Q_{3.2.1.} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{3.2.1.} = 114,156.9 + 483.6 + 3,720.0 + 214.5 + 411.0 + 499,373.5 = 618,359.5 \text{ Btu}$$

3.2.1.5. Cálculo del serpentín de calentamiento para los tanques de desengrase y enjuague.

El calentamiento de la solución se hará por medio de vapor proveniente de una caldera de baja presión a 15 psig. y se usará un serpentín de fierro de 1½" de diámetro nominal, cédula 40.

Se considerará convección natural para el tanque y una temperatura ambiente de 60 °F

La fórmula que se utiliza para calcular la transmisión de calor en fluidos en flujo en paralelo ó contra corriente es:

$$Q = UA (LMTD) \dots\dots\dots(D) (7)$$

De donde:

Q = Cantidad de calor requerido para elevar la temperatura.

U = Coeficiente de transferencia de calor Btu/hr/ft²/ ° F

A = Area requerida para la transferencia de calor.

LMTD = Media logarítmica de las diferencias de temperatura.

De ésta fórmula se desconoce el área de calentamiento que es lo que se desea calcular y el coeficiente total de transmisión de calor "U", los cuales se procederá a calcular.

a) Cálculo de U

Puesto que el coeficiente de transmisión en el lado del agua h_v será mucho más pequeño que el coeficiente h_w en el lado

(7) Perry, J.H., Chemical Engineer's Hand book, (10-21).

del vapor, el h_v del agua será el que controla la transmisión total de calor, y por lo tanto el coeficiente total de transmisión de calor U , será aproximadamente igual o un poco más alto que h_v en el lado de la solución, por lo que este será tomado como el valor de U , teniendo en la pequeña diferencia un margen de seguridad.

De las consideraciones anteriores, se deduce también que - prácticamente la caída total de temperatura tendrá lugar en el lado de la solución, y el metal del tubo en la pared exterior puede considerarse que está a la misma temperatura - que el vapor, el cual tiene una presión de 15 psig. al que le corresponde una temperatura de 250° F. (8); para tubería de acero de 1½" I.D. cédula 40, se tiene una U de 110 Btu/hr/ft²- ° F (9).

Cálculo de la LMTD:

$$\text{LMTD} = \frac{T_2 - T_1}{\ln \frac{T_2}{T_1}} = \frac{(250-60) - (250-70)}{\ln \frac{190}{60}} = 104^\circ\text{F}$$

Al despejar el área de la ecuación (D), se tiene:

$$A = \frac{Q}{U (\text{LMTD})} = \frac{618,359.5 \text{ Btu}}{110 \text{ Btu/h/ft}^2\text{- }^\circ\text{F} (104^\circ\text{F})} = 54.05 \text{ ft}^2$$

Puesto que el tubo que se va a usar para la fabricación del serpentín es de 1½" de diámetro nominal cédula 40; se conoce que éste posee una superficie por pie de longitud de 0.498 ft²/ft (10). por lo tanto se necesita una longitud para el serpentín de:

-
- (8) Perry, J.H. Chemical Engineer's Hand book (3-191)
 (9) Perry, J.H. Chemical Engineer's Hand book ()
 (10) Foust, A.S. Principles of Unit Operations, Appendix C-6, Page 547

$$L = \frac{54.5 \text{ ft}}{0.498 \text{ ft}^2/\text{ft} (3.24 \text{ m/ft})} = 33.46 \text{ m}$$

Concluyendo que se requiere un serpentín de 33.5 m de longitud para llevar a cabo el calentamiento de los baños de desengrase electrolítico, inmersión y enjuague de agua desionizada.

El esquema constructivo, se presenta en la figura 3.2.1. *

3.2.2. Cálculo de la energía requerida por el tanque de cobre electrolítico.

3.2.2.1. Cantidad de calor necesario para llevar la solución desde 14°C (60° F) hasta 45° C (110° F).

Las ecuaciones que se utilizarán son la (A) y (B).

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t \dots \dots \dots (A)$$

$$M = V \times d \dots \dots \dots (B)$$

Los datos que se tienen son los siguientes:

$$V = 1500 \text{ l}, d = 1.107 \text{ kg/l} \quad (11)$$

Substituyendo en la ecuación (B) se tiene la igualdad siguiente:
 $M = 1500 \text{ l} \times 1.107 \text{ kg/l} = 1,660.5 \text{ Kg.}$

Convirtiendo la masa calculada a sistema inglés se tiene:

$$M = 1,660.5 \text{ kg} (2.2 \text{ lb/kg}) = 3,653.1 \text{ lb.}$$

Al suponer un tiempo de calentamiento de 4 horas y substituyendo en la ecuación (A) resulta lo siguiente:

(11) Perry, J.H. Chemical Engineer's Hand book (3-74) tabla 3.67.

* La figura 3.2.1. se encuentra al final del capítulo.

$$Q = MCp \Delta T/t \dots \dots \dots (A)$$

$$Q = 3,653.1 \text{ lb} \left(1.0 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \right) (110^\circ\text{F} - 60^\circ\text{F}) / 4\text{h} = 45,663.8 \text{ Btu.}$$

3.2.2.2. Cantidad de calor que se pierde en la superficie del líquido por evaporación y radiación.

Cálculo del área superficial del tanque de cobrizado:

$$A = \frac{1.50 \text{ m} \times 0.90 \text{ m}}{6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2/\text{ft}^2} = 14.88 \text{ ft.}$$

Donde:

$$\text{Lado mayor} = 1.50 \text{ m}$$

$$\text{Lado menor} = 0.90 \text{ m}$$

$$\text{Conversión de m}^2 \text{ a ft}^2 = 6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2/\text{ft}^2$$

a) Fase de calentamiento.

Se considera desde el inicio del calentamiento, hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de las pérdidas de calor a una temperatura de 90°F y este valor es 130 Btu/ft²/h; por lo tanto, el cálculo de Q se realizará con ayuda de la ecuación (C):

$$Q = 14.88 \text{ ft}^2 (130 \text{ Btu}/\text{ft}^2/\text{h})/4 \text{ hrs.} = 484 \text{ Btu.}$$

b) Fase de operación

La cual comprende de la hora de inicio de actividades hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de 330 Btu/ft²/h por pérdidas para una temperatura de 110°F, de donde el cálculo de Q se calcula con la ecuación (C).

$$Q = 14.88 \text{ ft}^2 (330 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/8\text{h} = 613.8 \text{ Btu.}$$

3.2.2.3. Cantidad de calor que se pierde en las paredes por radiación.

El tanque posee aislamiento térmico de 1" de espesor; el área del tanque es de 71.5 ft².

a) Fase de calentamiento.

Comprende desde el inicio del calentamiento hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de 12 Btu/ft²/h para una temperatura de 90°F; donde el valor de Q será calculado con la ecuación (C):

$$Q = 71.5 \text{ ft}^2 (12 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/4\text{h} = 858.0 \text{ Btu.}$$

b) Fase de operación

Comprende desde el inicio de las actividades, hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de 19 Btu/ft²/h, para una temperatura de 110°F; de donde se calcula el valor de Q con ayuda de la ecuación (C):

$$Q = 71.5 \text{ ft}^2 (19 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/8\text{h} = 170 \text{ Btu}$$

3.2.2.4. Cantidad de calor que se extrae a causa del proceso.

Consideraciones:

Una barra catódica con 4 soportes, transporta 32 rodajas de 3" con un peso unitario de 0.075 kg. El peso de los soportes, se calcula que es dos veces el peso de las piezas para recubrir.

a) Cálculo de la masa que se introduce al tanque de cobrizado.

. Masa de las rodajas.

$$M_r = 52.36 \text{ kg/hr}$$

. Masa de los soportes

$$M_s = 52.36 \text{ kg/h (2)} = 104.72 \text{ kg/hr.}$$

$$M_t = 52.36 + 104.72 = 157.08 \text{ kg/hr}$$

b) Cálculo de la cantidad de energía

Datos:

Cp para la solución = 1.0 Btu/lb°F

Tiempo de residencia = 0.05 h,

Al substituir en la ecuación (A):

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t.$$

$$Q = 157.08 \text{ kg/h (2.2 lb/kg) (1.0 Btu/lb/°F)(110-60°F)/0.083 h}$$

$$Q = 208,178.3 \text{ Btu}$$

Sumando las Q obtenidas en el inciso 3.2.2. se llega a calcular el calor necesario que se le debe proporcionar al tanque de cobre electrolítico.

$$\Sigma Q_{3.2.2.} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_{3.2.2.} = 45,663.8 + 483.0 + 613.8 + 858.0 + 170.0 + 202,178.3$$

$$Q_{3.2.2.} = 255,966.9 \text{ Btu}$$

3.2.2.5. Cálculo del serpentín de calentamiento para el tanque de cobre electrolítico.

Para los siguientes cálculos, se emplearán las fórmulas y consideraciones descritas en la parte concerniente al cálculo del serpentín para los tanques de desengrase.

Para tubería de acero de 1½" cédula 40, se tiene una U de valor 110 Btu/hr/ft² ° F (8) y una superficie por pie de longitud de 0.498 ft²/ft. (10)

Cálculo de LMTD

$$LMTD = \frac{T_2 - T_1}{\ln \frac{T_2}{T_1}} = \frac{(250 - 60) - (250 - 110)}{\ln \frac{190}{140}} = 163.7 \text{ } ^\circ \text{ F}$$

Al despejar el área de la ecuación (D), se tiene:

$$A = \frac{Q}{U (LMTD)} = \frac{255,966.9 \text{ Btu}}{110 \text{ Btu /hr/ft}^2 \text{ } ^\circ \text{ F (163.7}^\circ \text{F)}} = 14.21 \text{ ft}^2$$

Cálculo de la longitud del serpentín

$$L = \frac{14.21 \text{ ft}^2}{0.498 \text{ ft}^2/\text{ft}(3.24 \text{ ft/m)}} = 8.80 \text{ m}$$

Concluyendo, se requiere un serpentín de 8.80 m de longitud para llevar a cabo el calentamiento del baño de cobre electrolítico. Para el esquema constructivo, consultar la figura 3.2.1.

3.2.3. Cálculo de la energía requerida por los tanques de níquel electrolítico.

3.2.3.1. Cantidad de calor necesario para llevar las soluciones de níquel desde 14° C (60°F) hasta 60°C (140°F); La capacidad de los tanques es de 2,000 l.

Fórmulas que se emplean:

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t \dots\dots\dots(A)$$

$$M = V \times d \dots\dots\dots(B)$$

Datos que se tienen para estos tanques

$V = 2000 \text{ l}$; $d = 1,209 \text{ kg/l}$ (12) substituyendo en la ecuación (B):

$$M = 2000 \text{ l} \times 1.209 \text{ kg/l} = 2418 \text{ kg/l}$$

Convirtiendo al sistema inglés:

$$M = 2,418 \text{ kg} (2.2 \text{ lb/kg}) = 5,319.6 \text{ lb.}$$

Al suponer un tiempo de calentamiento de 4 horas, y substituirlo en la ecuación (A), resulta el siguiente cálculo:

$$Q = 5319.6 \text{ lb} (1.0 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}}) (140^\circ\text{F} - 60^\circ\text{F}) / 4\text{h} = 106,392.0 \text{ Btu}$$

3.2.3.2. Cantidad de calor que se pierde en la superficie del líquido por evaporación y radiación.

Cálculo del área superficial para los tanques de niquelado.

$$A = \frac{1.50 \text{ m} \times 1.22 \text{ m}}{6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2/\text{ft}^2} = 19.7 \text{ ft}^2$$

donde:

$$\text{Lado mayor} = 1.50 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad} = 1.22 \text{ m}$$

$$\text{Conversión de m}^2 \text{ a ft}^2 = 6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2/\text{ft}^2$$

a) Fase de calentamiento; se considera desde el inicio del calentamiento hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1. se toma un promedio de los valores para las pérdidas de calor, a una temperatura de 90°F; El cálculo de Q se realiza con la ecuación (C).

$$Q = 19.7 \text{ ft}^2 (130 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/4\text{h} = 640.25 \text{ Btu}$$

- b) Fase de operación; comprende de la hora de inicio de actividades, hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de 820 Btu/ft²/h por pérdidas para una temperatura de 140°F, pero se le aplica un 25 % mayor, debido a que estos tanques poseen agitación del líquido por medio de aire comprimido, por tanto se toman 1 000 Btu/ft²/h, de donde el cálculo de Q es el siguiente al darle valores a la ecuación (C):

$$Q = 19.7 \text{ ft}^2 (1000 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/8\text{h} = 2,462.5 \text{ Btu.}$$

- 3.2.3.3. Cantidad de calor que se pierde en las paredes por radiación (los tanques considerados poseen aislamiento térmico de 1" de espesor).

. Cálculo del área de radiación:

$$A_T = 2a_1 + 2a_2 + a_3$$

donde:

a_1 = área de los costados

a_2 = área de los cabezales

a_3 = área del fondo

$$\begin{aligned} A_T &= 2 (1.52 \times 1.10) + 2 (1.10 + 1.22) + (1.52 \times 1.22) = \\ &= 7.88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

. Convirtiéndolo al sistema inglés se tiene:

$$A = \frac{7.88 \text{ m}^2}{6.45 \text{ in}^2 \times 144 \text{ in}^2/\text{ft}^2}$$

$$A = 84.8 \text{ ft}^2$$

- a) Fase de calentamiento; comprende desde el inicio del calentamiento, hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de $12 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$ para una temperatura de 90°F , de donde el valor de Q se calculará con la ecuación (C).

$$Q = 84.8 \text{ ft}^2 (12 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/4\text{h} = 254.4 \text{ Btu.}$$

- b) Fase de operación; comprende desde el inicio de las actividades, hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1. se toma el valor de $31 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$ para una temperatura de 140°F ; de donde se calcula el valor de Q , con ayuda de la ecuación (C).

$$Q = 84.8 \text{ ft}^2 (31 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/8\text{h} = 328.6 \text{ Btu}$$

3.2.3.4. Cantidad de calor que se extrae a causa del proceso.

Consideraciones:

Estos tanques de recubrimiento electrolítico, son capaces de procesar 2 barras catódicas al mismo tiempo, lo cual deberá considerarse en el diseño.

- a) Cálculo de la masa que se introduce al tanque. (El análisis fué desarrollado para el inciso 3.2.1.4.).

- Masa de las rodajas

$$M_r = 52.36 \text{ kg/h (2)} = 104.72 \text{ kg/h}$$

- Masa de los soportes

$$M_s = 104.72 \text{ kg/h (2)} = 209.44 \text{ kg/h}$$

- Masa total

$$M_t = 104.72 + 209.44 = 314.16 \text{ kg/h}$$

b) Cálculo de la cantidad de energía.

Datos:

$$C_p = 1.0 \text{ Btu/lb/}^\circ\text{F}$$

$$\text{Tiempo de residencia} = 0.25 \text{ h}$$

Substituyendo en la ecuación (A):

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t$$

$$Q = 314.16 \text{ kg/h} (2.2 \text{ lb/kg}) 1.0 \text{ Btu/lb/}^\circ\text{F} \\ (140-60^\circ\text{F}) / 0.25 \text{ h}$$

$$Q = 221,168.64 \text{ Btu}$$

Sumando las Q obtenidas en el inciso, llegaremos a calcular el calor necesario que se debe suministrar a los tanques de níquel electrolítico.

$$\Sigma Q_{3.2.3.} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$\Sigma Q_{3.2.3.} = 106,392 + 549.25 + 2,462.5 + 254.4 + 328.6 + \\ 221,168.64 =$$

$$\Sigma Q_{3.2.3.} = 331,246.4 \text{ Btu}$$

3.2.3.5. Cálculo del serpentín de calentamiento para los tanques de níquel electrolítico.

El calentamiento de la solución, se llevará a cabo por medio de vapor con una presión de 15 psig. y se usará un serpentín de titanio de 1½" de diámetro, con un espesor en la pared de 1/8".

a) Cálculo de U

Para tubería de titanio de 1½", se le asigna una U de 118 Btu/hr/ft²°F (13)

Cálculo de la LMTD:

$$LMTD = \frac{T_2 - T_1}{\ln \frac{T_2}{T_1}} = \frac{(250-60) - (250-140)}{\ln \frac{190}{110}} = 146.3^\circ\text{F}$$

Al despejar el área de la ecuación (D) se tiene:

$$A = \frac{Q}{U (LMTD)} = \frac{331,246.4 \text{ Btu}}{118 \text{ Btu/hr/ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} (143^\circ\text{F})} = 19.63 \text{ ft}^2$$

Cálculo de la longitud del serpentín.

Puesto que el tubo que se empleará para la fabricación del serpentín es de 1½" de diámetro exterior, su área superficial por pie de longitud es de 0.498 ft²/ft (10).

$$L = \frac{19.63}{0.498 \text{ ft}^2/\text{ft} (3.24 \text{ m/ft})} = 12.16\text{m.}$$

Concluyendo, se requiere un serpentín de 12.2 m de longitud para llevar a cabo el calentamiento de los baños de níquel electrolítico, el esquema constructivo, se presenta en la figura 3.2.1.

3.2.4. Cálculo de la energía requerida por el tanque de cromo electrolítico.

3.2.4.1. Cantidad de calor necesario para llevar la solución desde 14 °C (60°F) hasta 55°C (130°F); la capacidad del tanque es de 1500 l.

Fórmulas que se emplean:

$$Q = M C_p (T_2 - T_1) / t \dots\dots\dots(A)$$

$$M = V \times d \dots\dots\dots(B)$$

Datos que se tienen para este tanque:

$V = 1\,500\text{ l}$, $d = 1.220\text{ Kg/l}$. substituyendo en la ecuación (B):

$$M = 1\,500\text{ l} \times 1.220\text{ kg/l (14)} = 1830\text{ kg/l}$$

Convirtiendo a sistema inglés se tiene:

$$M = 1830\text{ kg (2.2 lb/kg)} = 4,026\text{ lb.}$$

Al suponer un tiempo de calentamiento de 4 horas, y substituirlo en la ecuación (A) resulta el siguiente cálculo:

$$Q = 4,026\text{ lb}(1.0 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}})(130^\circ\text{F}-60^\circ\text{F})/4\text{h} = 70,455\text{ Btu}$$

3.2.4.2. Cantidad de calor que se pierde en la superficie del líquido por evaporación y radiación.

Cálculo del área superficial en el tanque.

Dicha área ya se ha calculado para los tanques de desengrase electrolítico en el inciso 3.2.1.2., los cuales son de dimensiones iguales; por tanto el área es:

$$A = 14.88\text{ ft}^2$$

a) Fase de calentamiento.

Se considera desde el inicio del calentamiento hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1., se toma el valor de $130\text{ Btu/ft}^2/\text{h}$ para un valor de 90°F ; por lo tanto, el cálculo de Q será:

$$Q = 14.88\text{ ft}^2 (130\text{ Btu/ft}^2/\text{h})/4\text{h} = 483\text{ Btu}$$

b) Fase de operación

Comprende de la hora de inicio de actividades, hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1, se toma el valor de $615 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$ para las pérdidas de calor referidas a la temperatura de 130°F de donde el cálculo de Q es el siguiente:

$$Q = 14.88 \text{ ft}^2 (615 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/8\text{h} = 1,143 \text{ Btu.}$$

3.2.4.3. Cantidad de calor que se pierde en las paredes por radiación.

El tanque considerado posee aislamiento térmico de 1" de espesor.

Cálculo del área de las paredes.

Este cálculo ya fue realizado en el inciso 3.2.1.3. para los tanques de desengrase, los cuales tienen las mismas dimensiones, por tanto el área es:

$$A = 71.5 \text{ ft}^2$$

a) Fase de calentamiento.

Comprende desde el inicio del calentamiento hasta un tiempo igual a 4 horas.

De la tabla 3.2.1, se toma el valor de $12 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$, para una temperatura de 90°F , de donde el valor de Q será calculado con la ecuación (c):

$$Q = 71.5 \text{ ft}^2 (12 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/4\text{h} = 214.5 \text{ Btu.}$$

b) Fase de operación.

Comprende desde el inicio de las actividades, hasta la hora de suspenderlas.

De la tabla 3.2.1., se toma el valor de $27 \text{ Btu/ft}^2/\text{h}$, para la temperatura de operación (130°F); de donde se calcula el va-

lor de Q con ayuda de la ecuación (C):

$$Q = 71.5 \text{ ft}^2 (27 \text{ Btu/ft}^2/\text{h})/8\text{h} = 241.3 \text{ Btu.}$$

3.2.4.4. Cantidad de calor que se extrae a causa del proceso.

Las consideraciones que se tomaron en cuenta en el inciso - -
3.2.1.4. se aplicarán en esta secuencia de cálculo.

a) Cálculo de la masa que se introducirá en los tanques.

. Masa total

$$M_T = 157.08 \text{ kg/h}$$

b) Cálculo de la cantidad de energía.

Datos:

Cp para las soluciones: 1.0 Btu/lb°F

Tiempo de residencia = 0.05 h.

Al substituir en la ecuación (A):

$$Q = M \text{ Cp } (T_2 - T_1) /t$$

$$Q = 157.08 \text{ kg/h } (2.2 \text{ lb/kg})(1.0 \text{ Btu/lb/}^\circ\text{F})(130^\circ\text{F}-60^\circ\text{F})/0.050\text{h}$$

$$Q = 483,806.4 \text{ Btu}$$

Para obtener la cantidad de calor total, es menester llevar a cabo la suma de los calores parciales calculados en cada inciso con la siguiente igualdad:

$$\Sigma Q_{3.2.4.} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$= 70,455.0+483.0+1,143.0+214.5+241.3+483,806.4 =$$

$$\Sigma Q_{3.2.4.} = 556,343.2 \text{ Btu}$$

3.2.4.5. Cálculo del serpentín de calentamiento para el tanque de cromo electrolítico.

Para los siguientes cálculos, se emplearán las fórmulas y consideraciones descritas en la parte concerniente al cálculo del serpentín del desengrase electrolítico en el inciso 3.2.1.5.

La fórmula que se empleará para el cálculo del serpentín es la (D).

$$Q = U A (LMTD) \dots\dots\dots (D)$$

La fuente de calor es vapor con una presión de 15 psig, el cual tiene una temperatura de 250° F (8). Para la tubería de plomo de 1½" de diámetro con una superficie por pie de longitud de 0.498 ft²/ft (10), se le asigna un valor para U de 110 Btu/hr/ft²°F.

Cálculo de la LMTD

$$LMTD = \frac{T_2 - T_1}{\ln \frac{T_2}{T_1}} = \frac{(250 - 60) - (250 - 130)}{\ln \frac{190}{120}} = 152.3^\circ F$$

Despejando el área de la ecuación (D), se tiene:

$$A = \frac{Q}{U (LMTD)} = \frac{556,343.2 \text{ Btu}}{110 \text{ Btu/h/ft}^2\text{°F} (152.3^\circ F)} = 33.27 \text{ ft}^2$$

Cálculo de la longitud del serpentín.

$$L = \frac{33.27 \text{ ft}}{0.498 \text{ ft}^2/\text{ft} (3.24 \text{ ft/m})} = 20.62 \text{ m.}$$

Concluyendo, se requiere un serpentín de 20.62 m de longitud, para llevar a cabo el calentamiento del tanque de cromo electrolítico.

El esquema constructivo, se presenta en la figura 3.2.1.

3.2.5. Diseño constructivo de los serpentines de los tanques de proceso.

El diseño constructivo de los serpentines, se realizará para ocupar los costados de los tanques, donde se posee una longitud máxima de 1.50 m. A continuación, se describe someramente la forma del arreglo.

- 1) Tanques de desengrase de inmersión, electrolítico y enjuague de agua caliente desionizada.

Para estos tanques se requiere un serpentín de 33.5 m de desarrollo, el cual se puede distribuir de la siguiente manera:

10 tramos rectos de 1.45 m
 1 tramo recto de 1.10 m
 10 secciones en forma de "U" de 0.10 m.

El largo total de este arreglo nos proporciona 16.60 m por lo que se deben utilizar 2 serpentines para cada tanque.

- 2) Tanque de cobre electrolítico.

Para este tanque se requiere un serpentín de 8.80 m el cual se puede distribuir de la siguiente manera:

4 tramos rectos de 1.45 m
 1 tramo recto de 1.10 m
 1 tramo recto de 0.82 m
 3 secciones en forma de "U" de 0.10 m.

El largo total de este arreglo nos proporciona 8.02 mts. quedando un 10 % reducido a los requerimientos.

3) Tanques de níquel electrolítico.

Para estos tanques, se requiere un serpentín de 12.2 m de longitud el cual se distribuye de la siguiente manera.

8 tramos rectos de	1.45 m
1 tramo recto de	1.10 m
1 tramo recto de	0.52 m
8 secciones en forma de "U"	de 0.10 m.

El largo total de este arreglo, proporciona 14.02 m quedando ligeramente sobrado por cuestiones de construcción.

4) Tanque de cromo electrolítico.

Para este tanque, se requiere un serpentín de 20.62 m de longitud; el cual se distribuye de la siguiente manera.

8 tramos rectos de	1.45 m
1 tramo recto de	1.45 m
1 tramo recto de	1.10 m
8 secciones en forma de "U"	de 0.10 m.

El largo total de este arreglo nos proporciona 10.82 m, requiriéndose dos serpentines de las mismas dimensiones los cuales nos darán el área necesaria de calentamiento.

3.2.6. Cálculo de la energía total en la planta.

La suma de las energías parciales, que se deben proporcionar a los tanques de proceso, permite conocer el total de la energía, y del conocimiento de este dato, calcular la capacidad requerida de la caldera. La tabla 3.2.2. presenta las energías que se van a suministrar y el total requerido.

TABLA 3.2,2.

PROCESO	ENERGIA REQUERIDA EN BTU
Desengrase Inmersión	618,359.5
Desengrase Electrolítico	618,359.5
Cobre Electrolítico	255,966.9
Níquel Electrolítico I	331,246.4
Níquel Electrolítico II	331,246.4
Cromo Electrolítico	556,343.2
Agua Desionizada	618.369.5
SUBTOTAL	3'329,981.4
10% de pérdidas no cuantificadas	332,988.1
T O T A L	3'662,869.5

Al recurrir al empleo de vapor saturado con 15 psig. de presión se dispone de una temperatura de 250°F; consultando las tablas para vapor saturado, se obtiene la entalpía que va a ceder al sistema, la cual es del rango de 1164 Btu/lb (15).

3.2.6.1. Cálculo de las libras necesarias de vapor.

Fórmula:

$$1b \text{ de vapor} = \frac{3'662,869.5 \text{ Btu}}{1,164 \text{ Btu/lb}} = 3,146.8 \text{ lb}$$

Para calcular la capacidad en caballos de vapor de la caldera, se debe realizar la siguiente operación ::

$$HP = \frac{378622,8859,55 \text{ Btu}}{333,0000} = 1137.00$$

De donde se concluye que se requieren de una caldera de 1137 HP., de capacidad con una presión de trabajo de 15 psig. para las necesidades de la planta. Al medida que se demande más energía para los planes de expansión, se podrá aumentar el tipo de tiempo de calentamiento considerado.

Para calcular la capacidad en caballos de vapor de la caldera, se debe realizar la siguiente operación ::

$$HP = \frac{376622,8899,55 \text{ Btu/h}}{333,0000} = 1131,00$$

De donde se concluye que se requiere de una caldera de 1130 HP., de capacidad con una presión de trabajo de 150 psig. para las necesidades de la planta. Al medida que se demande más energía para los pilares de expansión, se podrá aumentar el lapso de tiempo de calentamiento considerado.

... TABLAS 2.2.1

PERDIDAS DE CALOR DE BATAÑOS QUE SE EFECTOS

Pérdida de calor del al a Superficie e le BTU/Msq : ft/hr.

<u>Temperatura</u> <u>de la L. (Grados F)</u>	<u>Pérdidas por</u> - <u>evaporación</u>	<u>Pérdidas por</u> <u>Rad. Infrarrojo</u>	<u>Pérdidas super</u> <u>ficiales totales</u>
9000	8000	5000	13000
10000	16000	7000	23000
11000	24000	9000	33000
12000	36000	11000	47000
13000	48000		
14000	66000		
15000	86000		
16000	1,10000		
17000	1,38000		
18000	1,74000		
19000	2,16000		
20000	2,68000		3,10000
21000	3,24000		3,80000

TABLA 3.2.1

CONTINUACION

Pérdida de calor por las paredes en BTU/sq.ft/hr.

<u>Temperatura del Líquido°F</u>	<u>Pared de Acero.</u>	<u>Aislamiento 1" grueso</u>	<u>Aislamiento 3" grueso</u>
90	50	12	4
100	70	15	6
110	90	19	7
120	110	23	9
130	130	27	11
140	150	31	13
150	180	36	15
160	210	41	16
170	235	46	17
180	260	50	19
190	290	53	20
200	320	57	22

(Tomado del Graham, K. A . Electroplating Engineering Handbook).

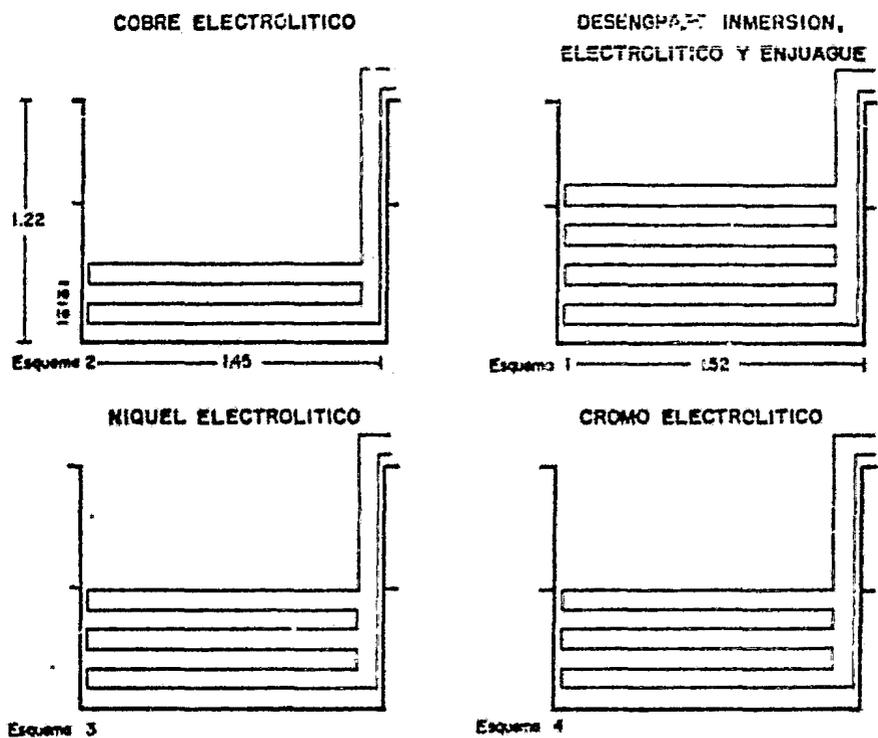


FIGURA 3.2.1 ESQUEMA CONSTRUCTIVO DE LOS SERPENTINES

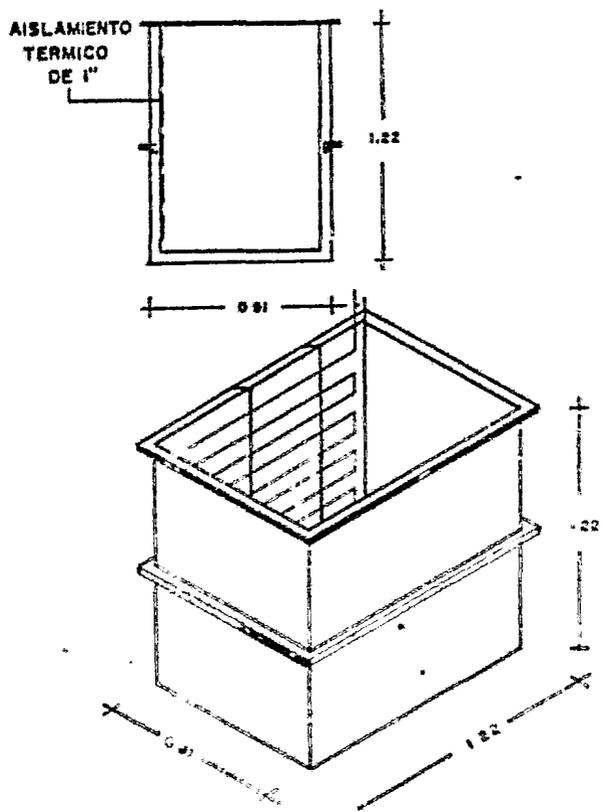


Fig 3.2.2 Colocación de los serpentines y el aislamiento en los ánodos de proceso

3.3. DESCRIPCION DEL EQUIPO

3.3.1. EQUIPO REQUERIDO EN LAS INSTALACIONES

1) DESENGRASE INMERSION

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 0.91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo al centro y parte superior, con 2 soportes para serpentín de solera de fierro de 1 1/2" x 3/16", cuatro soportes soldados a los cabezales del tanque para las barras catódicas.
- 2 Serpentín de tubo de fierro de 1 1/2" ced. 40 con 10 vueltas y de desarrollo 16.60 mts.
- 1 Solera de 2" x 5/16" de 1.70 mts. de cobre.
- 2 Llaves de globo de 1 1/2"
- 2 Codos de 90° de 1 1/2"
- 2 Niples de 1 1/2" x 15 cms.

2) ENJUAGUE DESENGRASE DE INMERSION

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 0.91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo al centro y parte superior con rebosadero y descarga total de tubo de 3" con 2 soportes para las barras catódicas en cada cabezal.

3) DESENGRASE ELECTROLITICO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 0.91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo al centro y parte superior con 2 soportes para serpentín de solera de fierro de 1.1/2" x 3/16", 2 soportes de cobre aislados de la tina para conducir corriente cató

dica, una solera de 2" x 5/16" , una placa de 2" x 3/16" x 15 cms., soldada a la solera superior para conducir corriente anódica.

- 2 Serpentín de tubo de fierro de 1½" cedula 40 con 10 vueltas y de desarrollo 16.6 mts.
- 1 Switch reversible de 1 500 amp. de cobre y placas de celerom
- 1 Solera de cobre de 2" x 5/16" x 1.70 mts.
- 2 Llaves de globo de 1"
- 2 Codos de 90° de 1" calibre 40
- 2 Niples de 1" ced. 40 x 15 cms.
- 2 Mts. de poliducto de 4" x 1.70 mts.

4) ENJUAGUE DESENGRASE DE ELECTROLITICO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 0.91 x 1.22 mts. con refuerzo al centro y poste superior con rebosadero y descarga de tubo de 3" Ø con 2 soportes para las barras catódicas en cada cabezal.

5) ENJUAGUE-DESENGRASE II

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con rebosadero y descarga de tubo de 3" Ø con 2 soportes para las barras catódicas en cada cabezal forrado de fibra de vidrio y resina poliéster en 2 cabezales, 1 costado y fondo con una capa.

6) ACTIVACION POR ACIDO SULFURICO AL 10 %

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con revestimiento interior y exterior de fibra de vidrio y resina poliester de 2 capas, con 4 soportes de solera de 2" x 5/16" para las 2 barras anódicas recubiertas de plastisol con 2 capas, 2 soportes de cobre de 2" x 5/16" aislados del tanque para conducir la corriente catódica.
- 10 Anodos de plomo antimonial al 5% de 36" de largo con solera de cobre de 1" x 1/4" recubiertos de plástisol 20 cms.
- 3 Soleras de cobre de 1.70 mts. de 2" x 5/16".
- 2 Tramos de poliducto de 4" Ø x 1.70 cms.

7) ENJUAGUE DEL ACTIVADO ACIDO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x .91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con 2 soportes, para las barras catódicas soldadas a los cabezales - del tanque, forrados interior y exteriormente de fibra de vidrio y resina poliester de 2 capas, debe llevar rebosadero y descarga de tubo de acero inoxidable.

8) ENJUAGUE DEL COBRE ALCALINO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x .91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con rebosadero y descarga de tubo de 3" Ø , con 2 soportes para las barras catódicas en cada cabezal, forrado de fibra de vidrio y resina poliester en 2 cabezales, 1 costado y fondo con una capa.

9) COBRIZADO ALCALINO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 0.91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con 2 soportes para serpentín de solera de fierro de 1 1/2" x 3/16" 2 soportes de cobre de 2" x 5/16" aislados de la tina para conducir corriente catódica.
- 4 Soportes aislados de fierro de 2" x 5/16" forrados de plastisol para las soleras de cobre que conducen corriente anódica.
- 1 Serpentín de tubo de fierro de 1 1/2" ced. 40 con 4 vueltas y de desarrollo 8.8 mts.
- 3 Soleras de cobre de 2" x 5/16" x 1.70 mts.
- 2 Llaves de globo de 1 1/2"
- 2 Codos de 90° de 1 1/2" ced. 40
- 2 Niples de 1 1/2" ced. 40 x 15 cms.
- 2 Tramos de poliducto de 4" x 1.70 mts.

10) ENJUAGUE DEL COBRE ALCALINO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x .91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo al centro y parte superior con rebosadero y de carga de tubo de 3" Ø con 2 soportes para las barras - catódicas en cada cabezal, forrado con fibra de vidrio y resina poliéster interior y exteriormente con 2 capas.

11 y 12) NIQUEL ELECTROLITICO I Y II

- 1 Tanque de lámina de calibre 3/16" de 1.52 x 1.22 x 1.22 mts. con un tanque adicional con rebosadero para filtrar, con de rramadero y con un refuerzo de solera de 2" al centro y parte superior, con 4 soportes para las barras anódicas y solera de 2" x 5/16" forradas de plastisol, 1 solera de 2" x 5/16" x 1.30 mts. forrada de plastisol. El tanque debe ser forrado de fibra de vidrio y resina poliester con 2 capas interior y exteriormente; 2 soportes de cobre de 2" x 5/16" para conducir la corriente catódica, 1 tramo de solera de 2" x 5/16" x 25 cms., 2 soportes de solera de 2" x 5/16" x 1.22 forrados de plastisol para los tubos de aire.
- 24 Canastillas de titanio de 36" x 2" x 4"
- 30 bolsas de tela poliester de 36 " x 2" x 4".
- 4 Tubos de P.V.C. con perforaciones de 1/64" y 1/32" con 2 mts. de desarrollo c/u.
- 4 Codos, 2 tapones, 2 válvulas de globo de P.V.C.
- 8 Soleras de cobre de 2" x 5/16" x 1.70 mts.
- 2 Serpentin de titanio de 1½"Ø pared de 1/8" con desarrollo de 14.02mts. con 8 vueltas.
- 4 Codos de 90° de 1½
- 4 Llaves de globo de 1½
- 4 Niples de 1½ x 15 cms.
- 2 Filtro de 4 cartuchos de 100 GPH de material anticorrosivo marca Alvil, con mangueras, pichancha, abrazaderas y cartuchos de repuesto.

13) RECUPERADOR NIQUEL ELECTROLITICO

- 1 Tanque de lámina de calibre 3/16" de 1.52 x 0.91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con 2 soportes para las barras catódicas soldadas a los cabezales del tanque, forrado interior y exteriormente con 2 capas de fibra de vidrio y resina poliéster.

14) PRECROMADO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x .91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con 2 soportes para las barras catódicas, soldados a los cabezales del tanque, forrado interior y exteriormente con 2 capas de fibra de vidrio y resina poliéster.

15) CROMO ELECTROLITICO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x .91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con 4 soportes para las barras anódicas de solera de 2" x 5/16" aisladas con plastisol. El tanque va forrado interiormente con hule koroseal y lleva también 2 soleras de cobre de 2" x 5/16" para conducir corriente catódica aislados del tanque 2 soportes de solera de fierro de 1 1/2" x 5/16" para el serpentín de plomo.
- 2 Serpentín de tubo de plomo de 1 1/2" con un desarrollo de 10.82 mts. con 8 vueltas.
- 16 Anodos de plomo antimonial al 5% de 36" de largo con solera de cobre de 1" x 1/4" recubiertos de plastisol 20 cms.

- 2 Válvulas de globo de 1½"
- 2 Codos de 1½" ced. 40 de 90°
- 2 Niples de 1½" ced. 40 x 15 cms.
- 2 Tramos de tubo poliducto de 4" x 1.70 mts.
- 3 Soleras de cobre de 2" x 5/16" x 1.70 mts.

16) RECUPERADOR DE CROMO ELECTROLITICO

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x .91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con dos soportes para las barras catódicas soldadas a los cabezales del tanque, forrado interior y exteriormente con 2 capas de fibra de vidrio y resina poliéster.

17 y 18) ENJUAGUE CROMO I Y II

- 1 Tanque de lámina calibre 3/16" de 1.52 x 0.91 x 1.22 mts. con refuerzo de ángulo al centro y parte superior con rebosadero y descarga de tubo de 3" Ø con 2 soportes para las barras catódicas en cada cabeza.

19) AGUA CALIENTE

- 1 Tanque de lámina de acero inoxidable calibre 1/8" tipo 304 de 1.52 x .91 x 1.22 con refuerzo de ángulo de 2" al centro y parte superior con rebosadero y descarga total de tubo de 3" Ø con dos soportes para las barras catódicas en cada cabeza.
- 2 Serpentín de plomo de 1½" con un desarrollo de 16.60 mts. con 10 vueltas.

EQUIPO DE CORRIENTE DIRECTA

- 1 Rectificador de C.D. de 2500 amp. a 9 volts. medio rango.
- 1 Rectificador de C.D. de 2500 amp. a 9 volts. medio rango
- 2 Rectificadores de C.D. de 2500 amp. a 9 volts. rango completo.
- 1 Rectificador de C.D. de 3000 amp. a 18 volts. medio rango.

COMPRESORAS

- 2 Compresoras de gasto continuo de 2 a 3 metros cúbicos por hora con cuerpo de acero inoxidable.

CALDERA

- 1 Caldera de 110HP que trabaje a 15 psig. de presión para proporcionar vapor a 250° F.

La distribución de los equipos mencionados se señala en la figura 3.3, en dicha figura están considerados los rectificadores de corriente y la alimentación a los tanques, la localización de la caldera y de los equipos para filtración de las soluciones de -- proceso.

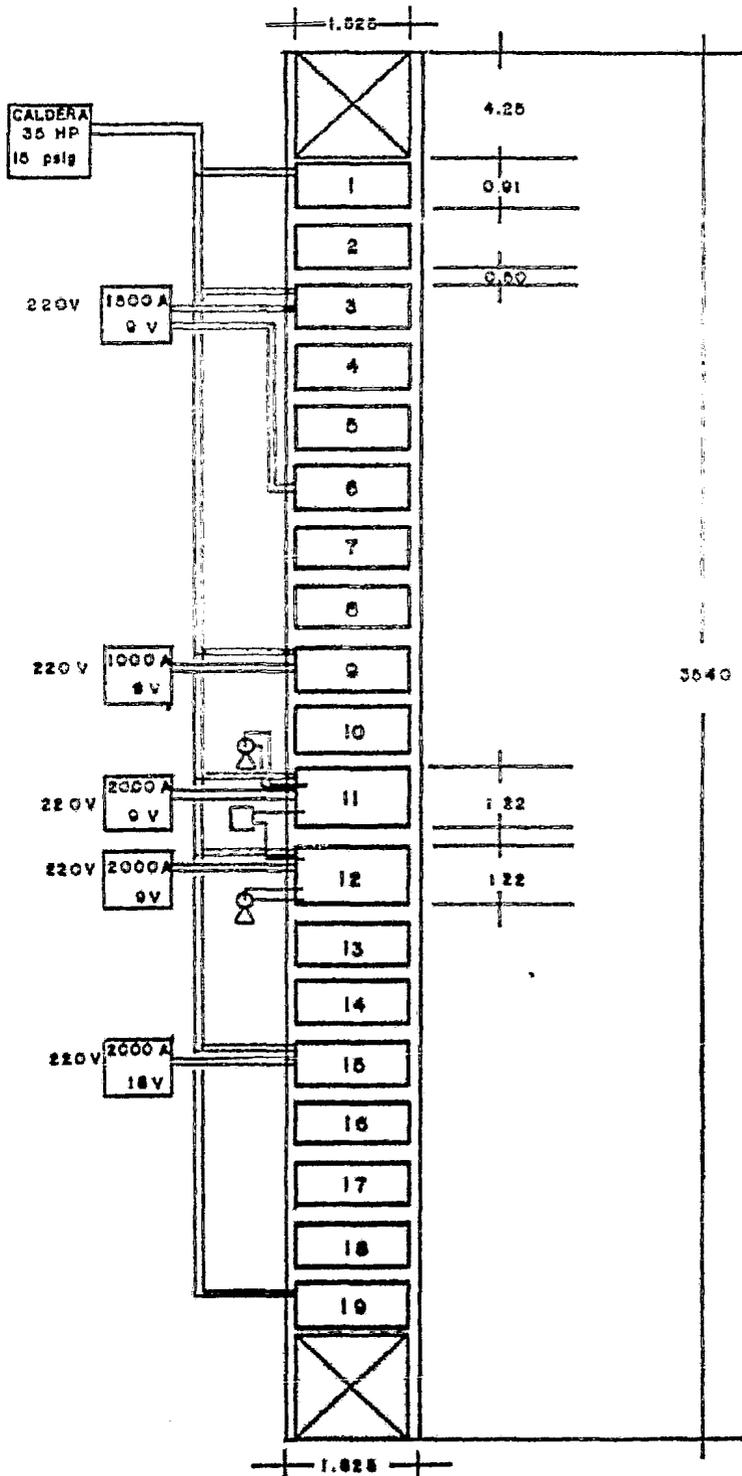


FIG 3 3
 DISTRIBUCION
 DE LA PLANTA
 DE CROMADO

3.4. CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE PULIDO Y SOLUCIONES ELECTROLITICAS

3.4.1. Operación de Pulido.

El pulido y abrillantado de las superficies por recubrir constituye una parte integral de las operaciones de acabado en piezas decorativas. Para recubrimientos decorativos como el cromado brillante es necesario un alto grado de pulimento que se va a proporcionar con la ayuda de varias operaciones las cuales son:

- . Pulido con abrasivos de diversos tipos de granos
- . Abrillantado con mantas de sisal y popelina

Existen dos métodos para pulimentar los metales según su tamaño y la calidad del pulido: manual y a granel; a continuación se dan sus generalidades:

3.4.1.1. Pulido manual con abrasivos y sus características.

Este tipo de pulido es muy versátil, logrando aplicarse a todo tipo de piezas de dimensiones variables y dejando las superficies con el grado de pulimento deseado.

Los materiales abrasivos pueden conseguirse a un costo bajo y en escala industrial, la maquinaria necesaria es simple, económica y requiere de un mantenimiento pequeño. Es el procedimiento más difundido por acoplarse fácilmente a cualquier tipo de superficie logrando prácticamente todos los grados de pulimento, seleccionando debidamente los materiales abrasivos.

Se aplica a metales duros y blandos con el mismo equipo y puede simplificar las labores y mano de obra directa, usando máquinas semiautomáticas. Las capacidades son grandes cuando se trata de piezas de tamaño reducido.

Materiales que se emplean comunmente

a) Pulido con Abrasivos

- . Ruedas: Discos de manta cosidos y pegados entre sí.
- . Abrasivos: Oxido de aluminio en polvo, grano del número 70, 100, 150, 180, 240 y 320.
- . Pastas: Estearina g-1

b) Abrillantado:

- . Mantas: sisal, popelina
- . Pastas: Pasta 6-B-97 y 6-B-171

3.4.1.2. Pulido en barril y sus características

El Pulido en barril o en granel es el más económico, el que requiere el mínimo de mano de obra por pieza y el de mayor capacidad productiva debido al volumen. Pueden tratarse por este método una gran variedad de materiales empleando una gran selección de cargas mas o menos abrasivas obteniendo diversas clases de pulimento. Puede efectuarse en piezas de tamaño medios y pequeños con un equipo simple, de poco mantenimiento que puede seguirse a un precio bajo en capacidades variables.

Materiales que se emplean comunmente:

a) Desbaste y rebabeado:

- Cargas . Agua, Oxido de aluminio grano 70, carbonato de sodio.
- . Aceite, Oxido de aluminio grano 120.
- . Petróleo, Oxido de aluminio grano 150

b) Pulido:

- Cargas . Zinc en trozos, Fosfato trisódico, compound
- . 260, microgrit No. 7
- . Porcelana en trozos, Petróleo, Aceite.

c) Abrillantado:

- Cargas . Balines de acero, Sosa Cáustica, Detergentes.
- . Fosfato trisódico
- . Aserrín, Rojo Inglés, Cera de pulir.

El proceso de pulido que se va a utilizar es el pulido manual por ser el que más se adapta a la variedad de superficies de las piezas que se van a procesar.

3.4.2. Clases de desengrasas

Se entiende por sustancia desengrasante la facultad de una solución determinada para dejar libre de suciedad una superficie metálica, y es el resultado de la combinación de un considerable número de factores, incluyendo la disminución de la tensión superficial entre la fase acuosa y el aceite o grasa, el poder peptizante y dispersante de la solución y sus propiedades emulsionantes y secuestrantes que provocan la suspensión de las grasas y aceites.

Las cualidades que se deben de buscar en las sustancias desengrasantes se enumeran a continuación.

- a) Baratos y fáciles de adquirir
- b) Buena capacidad de emulsionar las grasas
- c) Buena acción detergente para dar peptización
- d) Buena humectación
- e) Buena rentabilidad

Para el proceso de electro depósito se debe utilizar un desengrase de inmersión y uno electrofítico.

3.4.2.1. Desengrase de inmersión

Este tipo de desengrase se selecciona para remover la grasa y -- pasta macromolecular. Se ha mostrado que en la inmersión de piezas metálicas afectadas por grasa en una solución detergente, la película de aceite se contrae más bien que aumentar la extensión superficial, formando glóbulos, que son fácilmente separados en la superficie del metal a tratar por la solución alcalina.

Esto indica que el poder humectante de la solución alcalina para con la superficie metálica es superior que el que posee para la misma superficie la capa de aceite. Los agentes humectantes -- son casi siempre agentes emulsionantes.

Una fórmula típica de solución de desengrase de inmersión se da a continuación:

	Concentración
Desengrase inmersión	60 g/lit.
Temperatura	70 - 80° C
Tiempo	2 - 5 min.

3.4.2.2. Desengrase electrofítico

El uso de desengrase electrofítico alcalino es actualmente una -- práctica muy común en los procesos de galvanoplastia.

Fundamentalmente consiste en suspender en una solución alcalina el objeto a desengrasar micromolecularmente y hacerlo actuar como electrodo en un circuito eléctrico con C.D. generalmente como cá-

todo. Como ánodo se coloca una placa de fierro que va a ser insoluble para cerrar el circuito. El hidrógeno liberado limpia eficazmente la superficie gracias a su acción mecánica que acelera el trabajo de la solución alcalina. Esto se recomienda cuando el material tiene restos de níquel, cobre, latón de anteriores depósitos. Cuando el metal base es fierro o alguna de sus aleaciones, se puede utilizar como ánodo, desprendiéndose oxígeno, el cuál va a realizar el mismo trabajo mecánico que el hidrógeno acelerando la acción de la solución alcalina.

Una formulación típica de un baño de desengrase electrolítico es la siguiente:

Formulación para tres diferentes soluciones desengrasantes.

Composición %	1	2	3
NaOH	20.2	23.6	41.9
Silicato de Na	31.7	8.5	
Fosfato Trisódico	6.9		0.8
Oleato de Na	11.2		
Glicerina		13.0	
Agua	30	54.9	18
NaCO ₃			55.5

Condiciones de la solución:

Electro limpiador	60 g/lit
Temperatura	70 - 80° C
Tiempo	30 - 60 seg.
Densidad de corriente	5 - 10 amp/cm ²

El criterio necesario para elegir dos clases de desengrasas va a ser que tanto el de inmersión y el electrolítico sean compatibles, ya sea aniónico con aniónico, aniónico con neutro, catiónico con neutro o catiónico con catiónico, porque si son de diferente naturaleza van a reaccionar entre si formando en la superficie del metal a desengrasar una capa insoluble que solo se va a poder retirar por medios mecánicos.

3.4.3. Activación

Esta operación sirve para remover la capa de óxido pasiva que invariablemente aparece cuando se ha realizado la operación de desengrasado electrolíticamente en la pieza a recubrir.

Se conocen una gran variedad de formulaciones para el baño de activado siendo el mas empleado por su economía y facil control el de ácido sulfúrico con ayuda de corriente catódica en los materiales y barras insolubles de plomo para cerrar el circuito eléctrico realizando la función de ánodos.

Un baño de activación típico es el siguiente:

H ₂ SO ₄	10% (60° Be)
HCl	0.1%
Humectante	0.01%
Temperatura	ambiente
Tiempo	10 - 15 seg.
C.D.	6 volts.

3.4.4. Cobrizado

Selección del baño de cobre electrolítico

Existen dos procedimientos para depositar cobre electrolíticamente y son:

- . Baños ácidos (solución de CuSO_4 en medio ácido)
- . Baños alcalinos (CuCN en medio alcalino)

3.4.4.1. Baños ácidos de cobrizado -

La mayoría de las formulaciones para este tipo de acabado dadas por diversas compañías, se encuentran en los siguientes límites:

Baño Acido	Concentración
CuSO_4	187 - 262 gr/l
H_2SO_4	45 - 82 gr/l
Condiciones de Operación	Parámetros
Temperatura	Ambiente
Corriente Directa	1.85 - 6.50 A/dm ²
Tanque	Acero ferrado con koroseal o fibra de vidrio.
Agitación	Aire comprimido con gasto - constante.
Anodos	Cobre electrolítico con bol- sas de tela de polipropileno

La composición de los baños ácidos de cobre puede ser variada ampliamente con un efecto poco perceptible en las propiedades del depósito pues solo afecta el brillo.

Altas concentraciones de CuSO_4 permiten altas densidades de corriente especialmente cuando van acompañadas de buena agitación.

. Agentes de adición

En los depósitos de cobre ácido se adicionan abrillantadores organo-metálicos para producir recubrimientos de grano fino los cuales poseen un alto grado de brillantéz. La composición de tales sustancias abrillantadoras se basa en el ácido fenol sulfónico y la tiourea, las cuales son fácilmente oxidadas por el oxígeno contenido en el aire comprimido que se inyecta para homogeneizar la solución.

. Desventajas

El cobrizado en baño ácido no puede ser usado directamente sobre acero o zinc debido a la formación inmediata de una capa de cobre no adherente por simple inmersión. También los abrillantadores son difíciles de controlar, y se debe tener filtración continua para extraer las impurezas metálicas que van a dar depósitos asperos.

3.4.2.2. Baño alcalino de cobrizado

Este tipo de baños es el más difundido entre las empresas pues posee calidades y ventajas sobre el baño ácido que lo hacen ser muy empleado. Los depósitos de cobre se aplican como recubrimiento previo al niquelado para reducir el costo de pulido y mejorar la resistencia a la corrosión. En el proceso que es objeto de este trabajo, se recurre al empleo de cobrizado alcalino, el cual posee buen poder de penetración en zonas de baja densidad, y deja depósitos brillantes de grano fino que sin ser muy gruesos, los cuales son suficientes para los fines estimados, impidiéndose además el depósito por cementación, con el empleo de este tipo de recubrimiento.

La solución ordinaria de CN^- tiene una pobre corrosión anódica cuando se disminuye el cianuro libre y se aumenta el contenido de cobre para mejorar los rendimientos, por lo que se deben añadir sales que coadyuvarán a mejorar las propiedades de este recubrimiento, como son la sal de Rochelle (tartrato doble de sodio y potasio), la cual provoca la eliminación de la película anódica formada en el baño de cianuro facilitando una buena corrosión de manera que puedan utilizarse elevadas densidades de corriente. La concentración óptima parece ser que es del orden de 24 g /l, disminuyendo el rendimiento a concentraciones más elevadas; a pesar de eso se trabaja con cantidades mayores para contrarrestar las pérdidas de arrastre al exterior en el curso de la operación. El carbonato de sodio se adiciona para reducir la polarización anódica y estabilizar el pH; se considera que un pH entre 12.2 y 12.8 proporciona las mejores condiciones de recubrimiento; a valores de pH mayores, se reduce el rendimiento anódico y un valor más bajo es difícil de mantener pues la solución está poco amortiguada.

Una composición típica de este baño es la siguiente:

Componentes	Concentración
CuCN	28 g/l
NaCN	37 g/l
Sal de Rochelle	47 g/l
Na_2CO_3	16 g/l
CN^- libre	6 g/l
pH	12.6
Temperatura	45 - 50° C

Un incremento de CN^- libre lo mismo que una adición de NaOH - aumenta la conductividad, pero incrementa el desprendimiento - gaseoso, lo que reduce el rendimiento.

La temperatura aumenta el rendimiento del baño pero no debe - exceder de 70°C a causa de la elevada velocidad de descomposi - ción del cianuro; se recomienda que arriba de 60°C debe insta - larse un sistema de extracción de vapores. Con esta temperatu - ra pueden usarse densidades de corriente hasta de 6.5 amp/dm^2 con un rendimiento catódico del orden el 65 %. La densidad - anódica debe controlarse y es conveniente disponer de una super - ficie anódica por lo menos el doble de la catódica.

3.4.5. Niquelado

Selección de baños:

De acuerdo a la literatura y en la práctica, los baños de elec - tro recubrimiento que producen mejores resultados son dos: El tipo Watts y el de Sulfamato de Níquel que son los que actual - mente se utilizan en mayor escala.

En la industria de galvanoplastia, los baños más generalizados son los de tipo Watts, ya que presentan un número de variables que se pueden controlar más fácilmente para dar mejores resulta - dos, las cuales son: temperatura, concentración, densidad de corriente, pH y agitación; por lo que se describirán con mayor detalle.

3.4.5.1. Baños tipo Watts.

Los baños tipo Watts proporcionan un buen depósito, gran ductibi - lidad, a temperaturas elevadas ($45-60^\circ\text{C}$) y a gran densidad de co - rriente, (8 amp/dm^2) obteniéndose buena eficiencia del ánodo y el cátodo.

Los baños tipo Watts, pueden ser divididos en dos categorías, los de dentro de una escala de 1.5 a 4.5 y de pH alto de 4.3 a 6, siendo la composición de estos dos tipos, la que se enuncia a continuación:

Baño Watts		Concentración	
		pH bajo	pH alto
Sulfato de Níquel	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	300 g/l	240 g/l
Cloruro de Níquel	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	38 g/l	48 g/l
Acido Bórico	H_3BO_4	30 g/l	25 g/l
pH		1-4.5	4.5-5
Temperatura		45-60°C	45-75°C

Funciones de los constituyentes

La principal función de ión cloruro es incrementar la corrosión del ánodo y mejorar la conductividad del electrolito.

La función del ácido bórico es actuar primordialmente como un -- amortiguador que ayuda a mantener el pH dentro de un rango determinado (como solución "buffer").

El sulfato de níquel es el que en su totalidad aporta el níquel metálico para depositarse en forma de ión para que ocurra la -- reacción de óxido-reducción durante el tiempo de depósito.

- La corriente máxima permisible no solo depende de la concentración del electrolito, sino que depende también de la agitación y el calentamiento de la solución.

Los baños de níquel comercial necesitan incrementar las utilidades y por lo tanto reducir el tiempo de electrodeposición del níquel, esto se logra evitando el excesivo pulido de los depósitos, utilizando en consecuencia menor mano de obra y una reducción del tiempo de trabajo con abatimiento del costo.

Para el tipo de depósito específico de la planta se seleccionó un baño electrolítico tipo Watts, debido a la costeabilidad y requerimientos del proceso.

Los baños de níquel utilizan para obtener depósitos electrolíticos brillantes, los cuales contienen sustancias denominadas abrilantadores ó agentes de adición que son generalmente compuestos orgánicos.

Para este tipo de baño se utilizan sustancias abrilantadoras las cuales se adicionan en pequeñas cantidades, basándose en formulaciones patentadas y por la práctica en el manejo de las mismas lográndose que esta solución electrolítica funcione dando depósitos altamente aceptados para fines decorativos.

Estos compuestos son agregados a las soluciones electrolíticas en pequeñas cantidades, y generalmente son adicionados en los baños tipo Watts y pueden variar por las condiciones (pH, temperatura) dependiendo de las características del depósito deseado.

Las variables más importantes para la funcionabilidad de estos aditivos son:

Parámetro	Concentración	Parámetro de Operación
pH	3-5 (variando en décimas)	4.2
Temperatura	50 - 60° C	50 - 60° C
Densidad de corriente	2 - 8 amp/dm ²	5 amp/cm ²
Agitación	2 - 3 m ³ /h	2 - 3 m ³ /h

Estos parámetros aunados a los agentes de adición, los cuales son específicos y definidos para cada baño electrolítico propuesto en cada patente, producen recubrimientos de níquel de grano fino y un alto grado de brillantez.

En general, estos aditivos de carácter organo-metálico son agregados con diferentes propósitos, entre los cuales están el lograr:

- . Flexibilidad
- . Ductibilidad
- . Homogeneidad
- . Nivelación
- . Reflejo
- . Brillantez

3.4.5.2. Baños de níquel del tipo sulfamato

Los baños de sulfamato son utilizados fundamentalmente para producir un depósito muy grueso el cuál corresponde a la parte adyacente a la superficie; de aquí que se utiliza para formar matrices fonográficas, engruesar elementos gastados de maquinaria, electroformado y galvanotipia.

Este baño produce un depósito de grano fino, elevada dureza y prácticamente carente de tensiones (16) pero no posee la cualidad de proporcionar un brillo que sirva para decoración.

Una formulación típica del baño de sulfamato, es la que a continuación se cita:

		Concentración
Sulfamato de Níquel	$\text{Ni}(\text{NH}_2\text{SO}_3)_2$	300 g/l
Cloruro de Níquel	$\text{Ni Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6 g/l
Acido Bórico	H_3BO_4	30 g/l
Densidad de corriente		10 - 14 amp/dm ²
Temperatura		40 - 50° C

3.4.6. Cromado

Se seleccionó para el baño de cromo un producto de M y T denominado CR-110 que contiene principalmente CrO_3 , algunos radicales ácidos como sulfatos, fluoruros y algunos catalizadores de composición no identificados; dicho baño sirve para cromo decorativo.

La solución de cromado tipo CR-110 trabaja a concentraciones bajas y tiene la peculiaridad de que esta concentración se regula automáticamente por la presencia de los catalizadores.

La formulación típica del baño de cromado basada en el empleo del producto CR-110 se señala a continuación.

(16) Diggin, M.B. Metal Progress, 66 No. 4 132 (1954)

Componentes	Parámetros
CR - 110	330 g/l
H ₂ SO ₄	2.5 g/l
Densidad de solución	22 - 23° Be
Temperatura	37 - 50° C
Densidad de corriente	20 amp/dm ²

• Ventajas que ofrece:

a) Calidad del depósito

Para depósitos decorativos de un espesor aproximado 0.00001" se puede obtener buen brillo a todos los rangos de concentración.

b) Eficiencia Catódica

Su eficiencia catódica es de 25 % en promedio siendo la del cromo convencional 18 %.

c) Mayor poder de penetración en zonas de baja densidad

d) No requiere control analítico, ya que esta solución contiene un catalizador cuya solubilidad es proporcional a la concentración y a la temperatura de la solución; existen tablas que nos permiten conocer la concentración por medio de la densidad, como se muestra en la tabla 3.4.1.; la velocidad de depósito es posible conocerla con la tabla 3.4.2., la cual relaciona, la densidad de la solución, temperatura y densidad de corriente.

e) Mayor dureza

f) Posibilidad de depositar varias capas de cromo sucesivas, una sobre otra.

TABLA 3.4.1. RELACION DE DENSIDAD Y CONCENTRACION

t° F	CrO ₃ g/l	densidad ° Be
90	180 - 210	17.6 - 19.3
100	200 - 225	18.2 - 20.6
110	210 - 240	19.2 - 21.3
120	225 - 250	19.9 - 21.7

En esta tabla se compara el espesor del depósito considerando la velocidad de depósito del CR-110 ; va el espesor de depósito proporcionado por otras soluciones.

TABLA 3.4.2. VELOCIDAD DE DEPOSITO

Densidad de Corriente A/dm ²	C R - 110			Baño de cromado a base de CrO ₃	Baño de cromado Común	Baño de cromado con una concentración de 22° Be
	110°F	132°F	150°F			
0.5	0.18	0.11	-	0.14	0.12	-
1.0	0.48	0.43	0.38	0.43	0.31	0.30
2.0	1.24	1.20	1.10	1.06	0.80	0.75
3.0	2.10	2.00	1.90	1.75	1.40	1.24
4.0		2.90	2.80		2.06	1.82
5.0		3.80	3.70		2.78	2.44
6.0			4.50		3.45	3.08

Espesor en micras

3.5. OPERACION EN LA LINEA DE CROMADO

3.5.1. Limpieza de los metales

En este inciso se tratará acerca de la limpieza a que debe someterse la superficie que será recubierta electrolíticamente, aunque varios de estos métodos se pueden emplear en la limpieza de materiales para otros tipos de acabado.

La selección de un método de limpieza apropiado de las superficies metálicas por tratar en cualquier caso depende de 3 factores siguientes:

- . Cantidad de Impurezas
- . Composición del metal y textura de la superficie
- . Grado de limpieza requerido

3.5.1.1. Tipos de Impurezas

- a) De naturaleza aceitosa (aceite mineral, grasas y emulsiones). Cuando se presentan como películas delgadas o pequeños residuos y cuando son de naturaleza poco viscosa, pueden ser eliminados por medio de limpiadores alcalinos.
- b) Semi-sólidas (petrolatos, sebos y ceras, agentes incrustantes alcalino-terreos y emulsiones en agua reseca). Estas impurezas pueden ser removidas por limpiadores alcalinos fuertes especialmente cuando se emplean pulverizadores a presión ó tinas electrolíticas a altas temperaturas. Frecuentemente los limpiadores emulsionados en agua, son efectivos en estos casos.

Los limpiadores difase ó emulsionantes son buenos en estos casos de impureza dura complementados por un enjuague.

Los solventes clorinados en fase vapor son muy efectivos especialmente para superficies metálicas tales como latón, cobre, zamac y aluminio.

- c) Sólidas (ceras de alto punto de fusión, compuestos reguladores, lubricantes y colorantes pigmentados).

Estas son las impurezas más difíciles de quitar para propósitos de electrodeposito.

Los limpiadores en soluciones electrolíticas ó pulverizadores a presión, son efectivas, pero existen ocasiones en que se tienen que combinar con solventes, emulsiones y limpiadores a presión.

- d) Tipos de limpiadores

Los limpiadores de metales pueden clasificarse en 4 categorías principales que son:

- . Solventes
- . Solventes emulsionantes
- . Limpiadores emulsionantes y difase
- . Limpiadores alcalinos

En nuestro proceso utilizaremos el concurso de:

- . Solventes emulsionantes
- . Limpiadores emulsionantes y difase
- . Limpiadores alcalinos en tanques de inmersión
- . Limpiadores alcalinos en tanques electrolíticos.

3.5.2. Parámetros de las soluciones electrolíticas

El proceso de electrodepósito requiere de condiciones de operación óptimas, las cuales presentan rangos de variación mínimos. En tales condiciones solo es posible modificar el tiempo de permanencia en el tanque de proceso, para conseguir los fines deseados; En este inciso se indican los parámetros dentro de los cuales se deben mantener las soluciones.

Parámetros de las soluciones utilizadas en los procesos de electrodepósitos.

a) Desengrase Inmersión

Materia prima: Motor clean
Concentración: 60 g/lit
Temperatura: 70-80° C
T. Residencia: 2 - 5 min.

b) Enjuague desengrase de inmersión

Materia prima: Agua limpia
Temperatura: Ambiente

c) Desengrase electrolítico

Materia prima: Electro clean
Concentración: 60 g/lit
Temperatura: 70 - 80° C
T. Residencia: 1 - 3 min.
Corriente: Directa, con un switch reversible para hacer inversión de la polaridad.

d) Enjuague desengrase I

Materia prima: Agua limpia

e) Enjuage desengrase II

Materia prima: Agua limpia

f) Acido sulfurico para activar

Materia prima: Acido sulfúrico 60° Be

Concentración: 10 % en volumen

Temperatura: Ambiente

g) Enjuague del acido

Materia prima: Agua limpia

Temperatura: Ambiente

h) Enjuague del cobre alcalino

Materia prima: Agua limpia

Temperatura: Ambiente

i) Cobre alcalino

Concentración

Materia prima: Cianuro de cobre 75 - 90g/l

Cianuro de sodio 50 - 60g/l

Sosa Cáustica 15 - 30g/l

Aditivos: Antipit 0.5 % en volumen

Temperatura: 30 - 40° C

T. Residencia: 1 - 2 min.

Corriente: - Barra anódica la cuál soporta los ánodos de cobre metálico, que se van a disolver en favor de la solución.

- Barra catódica la cuál soporta las piezas para cobrizar.

j) Niquel electrolítico	Concentración
Materia prima: Sulfato de níquel	300 g/l
Cloruro de níquel	60 g/l
Acido Bórico	45 g/l
Agentes de adición	
Antipit	0.5 % en volumen

Agitación: Por medio de una compresora de gasto continuo con ductos de P.V.C, con perforaciones de 1/64" y 1/32".

Temperatura: 45 - 60 ° C

T. Residencia: 15 - 20 min.

Corriente: -Barra anódica la cual soporta los ánodos de níquel que se van a disociar en favor de la solución.
-Barra catódica la cual soporta las piezas para recubrir.

k) Enjuague Niquel Electrolítico

Materia prima: Agua limpia

Temperatura: Ambiente

l) Precromado

Materia prima: Agua limpia

Temperatura: Ambiente

m) Cromo Electrolítico	Concentración
-------------------------------	----------------------

Materia prima: CR - 110	330 g/l
Acido sulfúrico	5 % en volumen
Aditivos DC-1	1 % en volumen
Humectante P3-NEXO	0.5 % en volumen

Temperatura: 45 - 50 ° C

T. Residencia: 15 - 60 seg.

Corriente: Directa

- Barra anódica la cual soporta ánodos de plomo antimonial al 5 % en peso que conducirán los iones positivos.

- Barra catódica la cual soporta las piezas que se quieren recubrir.

n) Recuperador de cromo

Materia prima: Agua limpia

Temperatura: Ambiente

ñ) Enjuague de Cromo I

Materia prima: Agua limpia

Temperatura: Ambiente

o) Enjuague de Cromo II

Materia prima: Agua limpia

Temperatura: Ambiente

p) Agua Caliente Desionizada

Materia prima: Agua desionizada

Temperatura: 70 - 80° C

La figura 3.5.1. muestra la secuencia que debe de seguirse para recubrir electrolíticamente las piezas de la producción. En esta secuencia, existen varios retornos debido al aumento en el número de tanques de proceso. El tiempo estimado de proceso es - de 35 minutos y 10 minutos de transporte.

La figura 3.5.2. muestra la secuencia que posee el proceso y las diferentes actividades que deben de realizarse en la línea de cromado, referentes al control de calidad que se ejerce en la línea de electrodepósito.

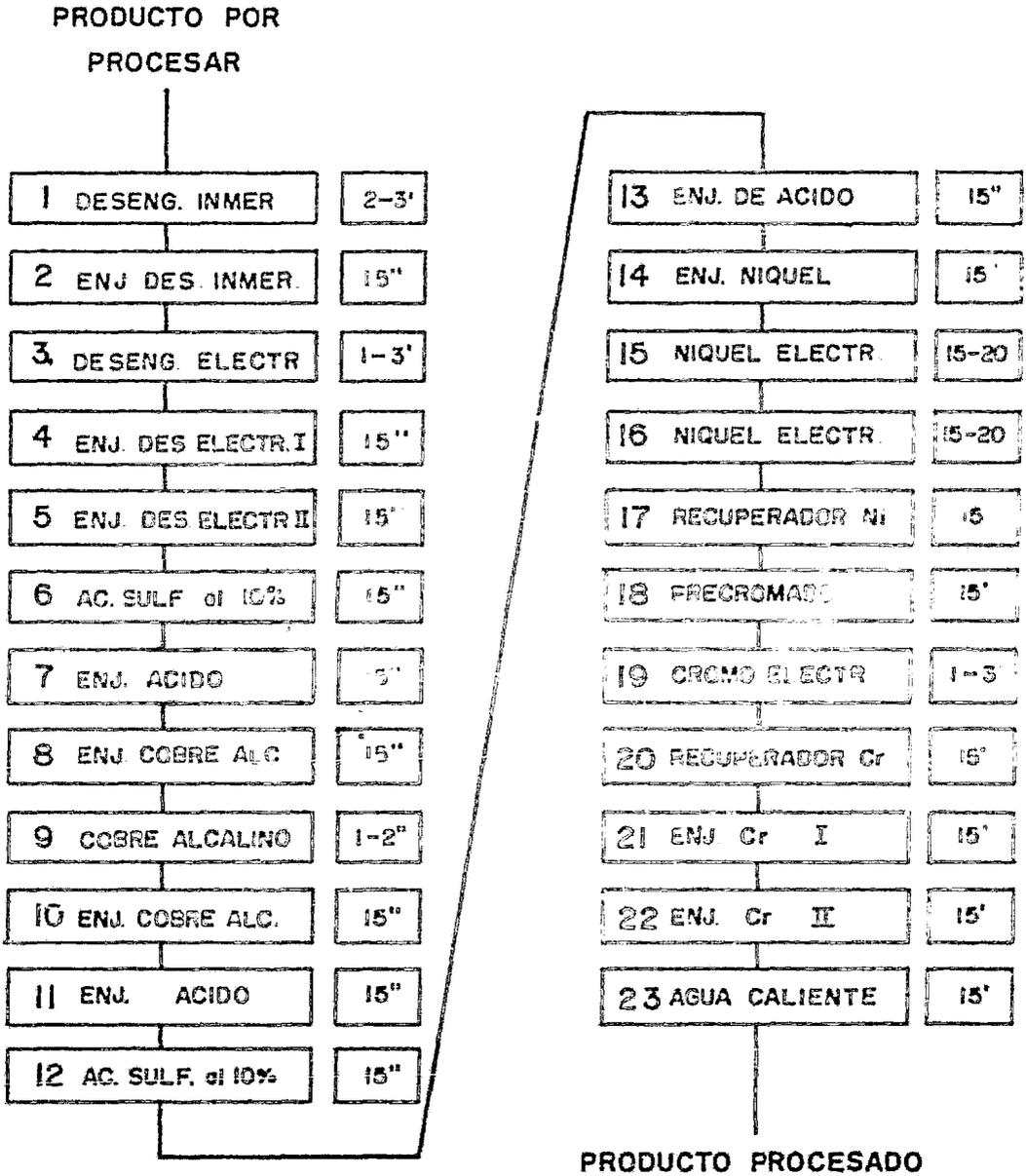


Fig 3.5.1 Secuencia del proceso de electrodeposito en la línea de cromado

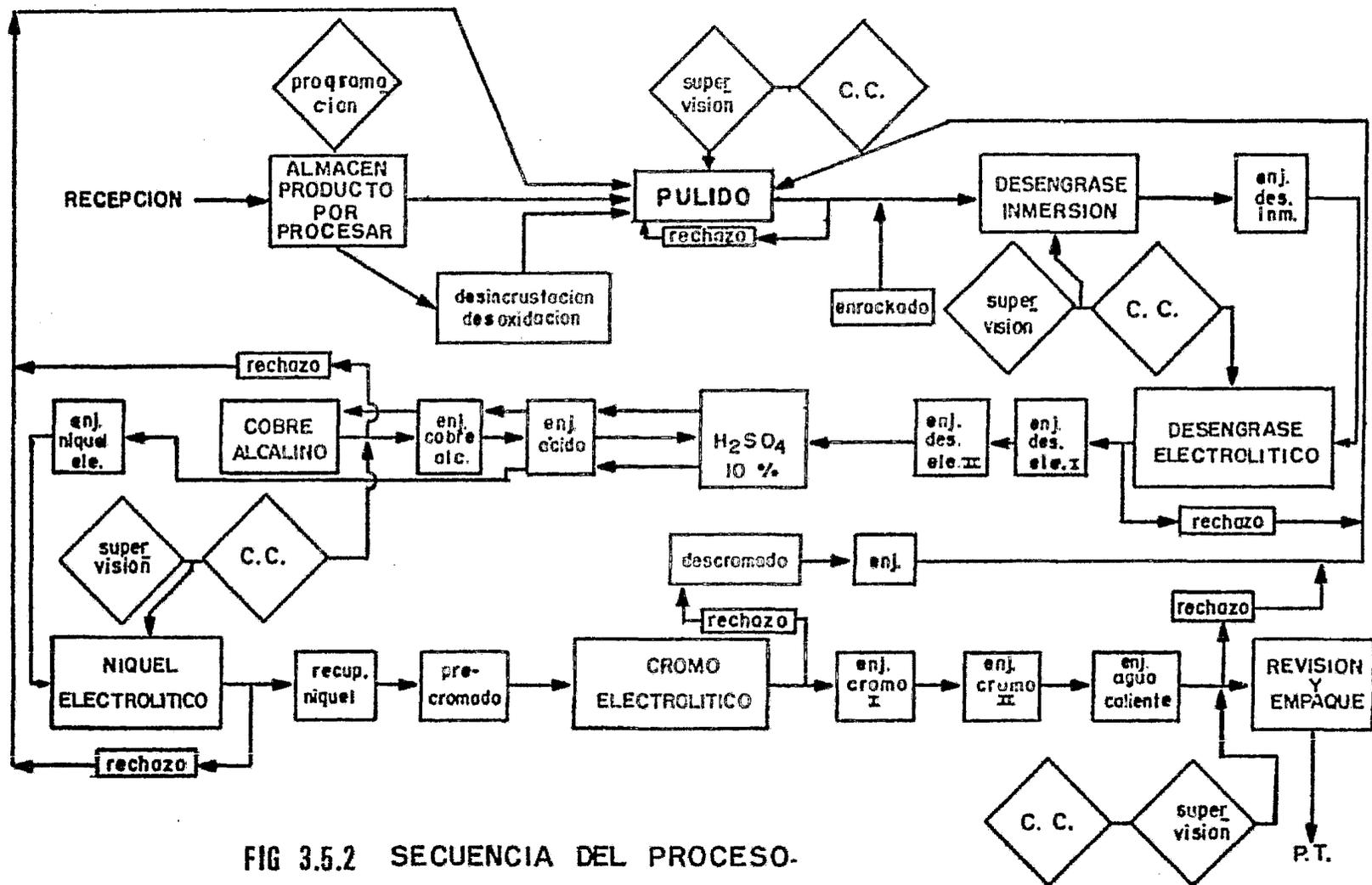


FIG 3.5.2 SECUENCIA DEL PROCESO.

3.6. CALCULO DE COSTOS DE MATERIAL PROCESADO

3.6.1. Cálculo de los costos del níquel depositado.

Se debe seleccionar el espesor de la película de níquel que proporcione una mayor seguridad, en los aspectos de duración, resistencia a la corrosión, presentación, etc., para evitar rechazos y la pérdida de confiabilidad en el producto; en la tabla 3.6.1. (17), se presenta el baño de níquelado brillante tipo Watts, el cual se ajusta a las necesidades de la línea de producción; dicha composición se presenta en la tabla 3.6.2.

El espesor que se selecciona para su aplicación sobre los productos será de 15 milésimas de milímetro, ya que proporciona un recubrimiento satisfactorio, el cual al ser sometido a la prueba de la cámara salina, resistirá 48 horas a la corrosión, lo cual se señala en la tabla 3.6.3.

Las áreas de los materiales por procesar, se calcularon y se encuentran relacionadas en la tabla 3.6.4. En el cálculo de las áreas para recubrir, se debe tomar en cuenta el área interior, ya que en ellas también se deposita cobre y níquel; para el cálculo de estas áreas, se tomará un valor del 30 % del área exterior.

(17) BURNS, R.M. Y BRADLEY, W.W. Recubrimientos protectores de los metales, Ediciones Interciencias, Madrid. 1964.

Se toma únicamente en consideración el espesor del recubrimiento del níquel a causa de su elevado precio y mayor espesor comparados estos, con el recubrimiento de cobre.

En la industria de cromado, la fijación de precios por parte de una empresa promedio debe realizarse en función del precio imperante en el mercado, dado que la estructura de este mercado es de libre competencia y por lo tanto las variaciones van a ser muy pequeñas. Para ello es necesario establecer un sistema de costeo que refleje las variaciones en los costos de materia prima y del proceso.

De ahí la importancia de cuantificar la cantidad mensual de níquel utilizada que representa de manera estimada un 30 % del costo total y la adición de otras materias primas, y cuyo precio tiene fluctuaciones muy relevantes en períodos de tiempo cortos. Las soluciones representan un 15% del costo y la energía 5 %, el resto lo constituyen sueldos e indirectos que no presentan una variación significativa, en un período de un año.

3.6.1.1. Cálculo del peso del níquel depositado

Ahora se procederá a calcular el níquel que se deposita en cada pieza.

- a) Las rodajas de $1 \frac{5}{8}$ " poseen un área de 80 cm^2 las cuales se van a recubrir con una ca--

pa de níquel electrolítico de 15 milésimas de milímetro y se tendrá que el volumen depositado representa:

$$80 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 120 \text{ cm}^3 \times 10^{-3} = 0.120 \text{ cm}^3$$

Peso específico del níquel = 8.6 gr/cm^3 . (18)

Peso del níquel depositado = $8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.120 \text{ cm}^3 = 1.032 \text{ gr}$.

Número de piezas por procesar mensualmente.

$8640 \text{ pzas.} \times 1.032 \text{ gr/pza.} = 8916.5 \text{ grs.} = 8.9165 \text{ Kg}$.

b) Para la rodaja de 2" con área de 100 cm^2 se tiene:

$$100 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 150 \text{ cm}^3 \times 10^{-3} = 0.150 \text{ cm}^3$$

Peso específico del níquel = 8.6 gr/cm^3

Peso del níquel depositado = $8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.150 \text{ cm}^3 = 1.29 \text{ gr/pza}$

Número de piezas por procesar mensualmente

$8640 \text{ pzas.} \times 1.29 \text{ gr/pza.} = 11,145.6 \text{ grs.} = 11.145 \text{ kg}$.

c) Para la horquilla de 2 1/2" se tiene:

$$\text{Area} = 128 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 192 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.192 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado:

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.192 \text{ cm}^3 = 1.651 \text{ grs.}$$

Número de piezas por procesar:

$8640 \text{ pzas.} \times 1.652 \text{ gr/pza.} = 14,266.36 \text{ gr} = 14.2664 \text{ kg}$.

d) Para la horquilla de 3" se tiene:

$$\text{Area} = 146.3 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 219.45 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.2195 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado.

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.2195 \text{ cm}^3 = 1,88727 \text{ gr/pza.}$$

Número de piezas por procesar;

$8640 \text{ pzas.} \times 1.88727 \text{ gr/pza.} = 16.306 \text{ grs} = 16,306 \text{ kg}$.

pa de níquel electrofítico de 15 milésimas de milímetro y se tendrá que el volumen depositado representa:

$$80 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 120 \text{ cm}^3 \times 10^{-3} = 0.120 \text{ cm}^3$$

Peso específico del níquel = 8.6 gr/cm^3 . (18)

Peso del níquel depositado = $8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.120 \text{ cm}^3 = 1.032 \text{ gr}$.
 Número de piezas por procesar mensualmente.
 $8640 \text{ pzas.} \times 1.032 \text{ gr/pza.} = 8916.5 \text{ grs.} = 8.9165 \text{ Kg}$.

b) Para la rodaja de 2" con área de 100 cm^2 se tiene:

$$100 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 150 \text{ cm}^3 \times 10^{-3} = 0.150 \text{ cm}^3$$

Peso específico del níquel = 8.6 gr/cm^3

Peso del níquel depositado = $8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.150 \text{ cm}^3 = 1.29 \text{ gr/pza}$

Número de piezas por procesar mensualmente

$8640 \text{ pzas.} \times 1.29 \text{ gr/pza.} = 11,145.6 \text{ grs.} = 11.145 \text{ kg}$.

c) Para la horquilla de 2 1/2" se tiene:

$$\text{Area} = 128 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 192 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.192 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado:

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.192 \text{ cm}^3 = 1.651 \text{ grs.}$$

Número de piezas por procesar:

$8640 \text{ pzas.} \times 1.652 \text{ gr/pza.} = 14,266.36 \text{ gr} = 14.2664 \text{ kg}$.

d) Para la horquilla de 3" se tiene:

$$\text{Area} = 146.3 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 219.45 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.2195 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado.

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.2195 \text{ cm}^3 = 1,88727 \text{ gr/pza.}$$

Número de piezas por procesar;

$8640 \text{ pzas.} \times 1.88727 \text{ gr/pza.} = 16.306 \text{ grs} = 16.306 \text{ kg}$.

(18) Perry, J.H. Chemical Engineer's Handbook (23-34, table 23.5)

e) Para la horquilla de 4" se tiene

$$\text{Area} = 173.3 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 259.95 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.260 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado.

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.260 \text{ cm}^3 = 2.2355 \text{ gr/pza.}$$

Número de piezas por procesar:

$$8640 \text{ pzas.} \times 2.2355 \text{ gr/pza.} = 19,315.3 \text{ grs.} = 19.315 \text{ kg.}$$

f) Para la horquilla de 5" se tiene

$$\text{Area} = 180 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 270 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.270 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado por pieza.

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.270 \text{ cm}^3 = 2.322 \text{ gr}$$

Número de piezas por procesar:

$$8640 \text{ pzas} \times 2.322 \text{ gr/pza.} = 20,062 \text{ grs.} = 20.062 \text{ kg.}$$

g) Para las aletas de perfil de 2" x 3/4" x 25 cm se tiene:

$$\text{Area} = 350 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 0.525 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado por pieza:

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.525 \text{ cm}^3 = 4.515 \text{ grs/pza.}$$

Número de piezas por procesar:

$$8640 \text{ pzas.} \times 4.515 \text{ grs/pza} = 39,009.5 \text{ grs.} = 39.009 \text{ kg.}$$

h) Para los tubos de 1 3/4" x 15 cm se tiene

$$\text{Area} = 82.5 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 123.75 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.123 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado por pieza:

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.123 \text{ cm}^3 = 1.064 \text{ grs/pza.}$$

Número de piezas por procesar:

$$2,160 \text{ pza.} \times 1.064 \text{ gr/pza.} = 2,298.24 \text{ grs.} = 2.298 \text{ kg.}$$

i) Para la aleta de 2" x 3/4" x 45 cm. se tiene

$$\text{Area} = 628.65 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 942.9 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.9429 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado:

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.9429 \text{ cm}^3 = 8.108 \text{ gr/pza.}$$

Número de piezas por procesar:

$$1600 \text{ pzas.} \times 8.108 \text{ gr/pza.} = 12,972 \text{ gr} = 12.972 \text{ kg.}$$

j) Para el tubo de 4" \emptyset x 60 cms. se tiene

$$\text{Area} = 1914.14 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 2871.2 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 2.8712 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado:

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 2.8712 \text{ cm}^3 = 24.692 \text{ gr/pza.}$$

Número de piezas por procesar:

$$400 \text{ pzas.} \times 24.692 \text{ gr/pza.} = 9,876.98 \text{ gr} = 9.877 \text{ kg.}$$

k) Para los tubos \emptyset de 1" x 69 cm se tiene

$$\text{Area} = 560 \text{ cm}^2 \times 1.6 \times 10^{-3} \text{ cm} = 840 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 0.840 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 0.840 \text{ cm}^3 = 7.224 \text{ gr.};$$

Número de piezas por procesar.

$$12,000 \text{ pzas.} \times 7.224 \text{ gr/pza.} = 86,688 \text{ grs.} = 86,688 \text{ Kg.}$$

l) Para los tubos \emptyset de 1" x 70 cm se tiene

$$\text{Area} = 711 \text{ cm}^2 \times 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm} = 1.066 \times 10^{-3} \text{ cm}^3 = 1.066 \text{ cm}^3$$

Peso del níquel depositado

$$8.6 \text{ gr/cm}^3 \times 1.066 \text{ cm}^3 = 9.171 \text{ gr/pza.}$$

Número de piezas por procesar.

$$12,000 \text{ pzas.} \times 9.171 \text{ gr/pza.} = 110,052 \text{ grs.} = 110.052 \text{ kg.}$$

Las necesidades que existen en la compañía para ser capaces de procesar todo este material se condensan en la tabla 3.6.5.

Asimismo de estas tablas se pueden calcular las necesidades de capacidad en los rectificadores de corriente.

3.6.2. Cálculo de la capacidad de los rectificadores

Se debe seleccionar el área mayor, ya que nos va a representar la mayor demanda de energía; al tomar 432 cm^2 para níquelar y utilizar una densidad de corriente de 50 amp/ft^2 , tenemos:

$$I = 43200 \text{ cm}^2 \frac{\text{ft}^2}{929 \text{ cm}^2} = 46,50 \text{ ft}^2 \times \frac{50 \text{ amp.}}{\text{ft}^2} = 2325 \text{ amp.}$$

Al considerar un 90 % de eficiencia, resulta la igualdad siguiente:

$$\frac{2325}{0,90} \text{ amp} = 2557.5 \text{ amp.}; \text{ más o menos } 2600 \text{ amp.}$$

Por lo tanto los rectificadores que se requieren son:

Rectificadores para:

Desengrase	2500 amp.	9 volts.	1/2 rango
Cobre	2500 amp.	9 volts.	1/2 rango
Niquel	(2)2500 amp.	9 volts.	rango completo
Cromo	(1)3000 amp.	18 volts.	1/2 rango

En este caso se utilizarán rectificadores de silicio con control saturable con los cuales se obtiene un control desde 5% hasta - 100 % continuo y con control automático de una exactitud de 3 % mínimo.

Para el cálculo estructural de las barras que transportarán la energía eléctrica hacia los racks respectivos, se debe considerar una corriente de 1000 amp/in² de área seccional para que -- sea conducida libremente, por lo que dividiendo los amperes necesarios entre este valor se obtiene el área de la sección necesaria.

$$\text{Área Seccional} = \frac{2500 \text{ amp}}{1000 \text{ amp/in}^2} = 2.5 \text{ in}^2$$

Para calcular el diámetro de la barra se tiene:

$$A = 0.785 d^2 ; \text{ despejando } d \text{ se tiene}$$

$$d = (A/0.785)^{\frac{1}{2}} = 1.78 \text{ in.}$$

El diámetro de la barra será de 1 3/4" de cobre; para el baño de cromo se tiene:

$$\frac{\text{Area Seccional}}{1000 \text{ amp/in}^2} = \frac{3000 \text{ amp}}{1000 \text{ amp/in}^2} = 3 \text{ in}^2$$

Para calcular el diámetro de la barra se tiene :

$$A = 0.785 d^2 ; \text{ despejando } d \text{ resulta}$$

$$d = (A/0.785 d)^{\frac{1}{2}} = 1.95 \text{ in.}$$

El diámetro de la barra será de 2"

En la figura 3.6.1. se ilustra la colocación de las barras en -- los tanques de proceso.

TABLA 3.6.1.- PROPIEDADES TIPICAS DE LOS DEPOSITOS DE NIQUEL (17)

PROPIEDAD	GRUPO I Tipo Watts, Fluoborato		GRUPO II Cloruro de Niquel		GRUPO III Amoniacal brillante	
	Media	Gama	Media	Gama	Media	Gama
Dureza (Vickers)	192	140 - 400	270	200 - 390	467	350 - 820
Resistencia a la tracción 1.000 kg/cm ²	6.18	3.5 - 8.08	7.6	6.3 - 10.5	12.8	9.85 - 15.4
Alargamiento %	19	2 - 31	9	4 - 17	3	1 - 5
Resistencia eléctrica (ohm cm x 10 ⁻³)	8.3	7.5 - 11	8.7	8.5 - 11	12.2	8.5 - 3.6
Tensión 1,000 kg/cm ²	2.11	1.05 - 3.72	2.8	1.76 - 3.86	--	- - -

TABLA 3.6.2. COMPOSICION DEL BAÑO TIPO WATTS APLICABLE
AL PROCESO DE ELECTRODEPOSITO (17)

Sulfato de níquel	330 g/l
Cloruro de níquel	45 g/l
Acido bórico	38 g/l
pH	1.5 - 4.5
Temperatura	46 - 60 ° C
Densidad de Corriente	3 - 11 amp/dm ²

TABLA 3.6.3. ESPECIFICACIONES ASTM SOBRE NIQUEL Y CROMO ELECTROPOSITADOS (a)

Metal base y especificación ASTM correspondiente.	Recubrimiento	Espesor mínimo en milésimas de milímetro necesario para distintas exposiciones en las condiciones de servicio			
		Muy severa	Severa	Corriente	Moderada
Acero (A166-53T)	Cu + Ni	50	50	18.75	1
	Ni final	25	15	10	5
	Cr (si preciso)	0.25	0.25	0.25	0.25
	Ensayo de niebla salina*	96 hr	72 hr	48 hr	16 hr
Cinc (B142-53)	Cu + Ni		30	18.75	12.5
	Cu		5	5	5
	Ni final		12.5	7.5	7.5
	Cr (si preciso)		0.25	0.25	0.25
	Ensayo de niebla salina		48 hr.	32 hr.	16 hr.
Cobre (B141-54)	Ni		12.5	7.5	2.5
	Cr (si preciso)		0.25	0.25	0.25

(a) Recubrimientos protectores de los metales, R.M. BURNS Y W.W. Bradley, EDICIONES INTERCIENCIAS, MADRID 1964

TABLA 3.6.4 CALCULO DE LAS AREAS PARA RECUBRIR LAS PIEZAS SOLICITADAS

	(1) EXT	(2) INT	(3) TOTAL	(4) PZAS/RACK	AREA/RACK (3) X (4)	RACKS/ BARRA	AREA/ BARRA	BARRAS/ BAÑO	AREA cm ² BAÑO	AREA EN dm ²
Horquilla 1.1/2"	60	20	80	32	2 560	4	10 240	1	10 240	162.4
Horquilla 2"	75	25	100	32	3 200	4	12 800	1	12 800	128.0
Horquilla 2.1/2"	95	33	128	32	4 096	4	16 384	1	16 384	163.85
Horquilla 3"	110	36.6	146.6	12	1 759	5	8 795	2	17 590	251.80
Horquilla 4"	130	43.3	173.3	12	2 079	5	10 395	2	20 790	415.80
Horquilla 5"	135	45	180	12	2 160	5	10 800	2	21 600	432.00
Esférica 1.1/2"	60	20	80	32	2 560	4	10 240	1	10 240	102.40
Esférica 2"	75	25	100	32	3 200	4	12 800	1	12 800	128.00
Cilíndrica 1.1/2"	60	20	80	32	2 560	4	10 240	1	10 240	102.40
Cilíndrica 2"	75	25	100	32	3 200	4	12 800	1	12 800	128.00
Aleta de 2" x 3/4" x 25 cm			350	8	2 800	2	5 600	1	5 600	56.00
Tubo de 1.3/4" x 15 cm.			82.5	8	660	2	1 320	1	1 320	13.20
Aleta de 2" x 3/4" x 1/5 cm.			628.65	4	2 514.6	2	5 029	1	5 029	50.29
Tubo de 4" x 60 cm			1 914.14	6	11 484.8	2	22 969	1	22 969	229.7
Tubo Ø de 1" x 69 cm.			560	6	3 360	2	6 720	1	6 720	67.20
Tubo Ø de 1" x 70 cm.			711	6	4 266	2	8 532	1	8 532	85.32

TABLA 3.8.5 CONSUMO DE NIQUEL ESTIMADO

	AREA EN CM ²			Grs. NIQUEL X PZA.	PROD. MENSUAL	Kg NIQUEL
	EXT	INT.	TOTAL			
Horquilla de 1.1/2"	60	20	80	1.032	8640	8.916
Horquilla de 2"	75	25	100	1.290	8640	11.145
Horquilla de 2.1/2"	95	33	128	1.650	8640	14.266
Horquilla de 3"	110	36.6	146.6	1.887	8640	16.806
Horquilla de 4"	130	43.3	173.3	2.235	8640	19.315
Horquilla de 5"	135	45	180	2.322	8640	20.062
Esférica de 1.1/2"	60	20	80	1.032	8640	8.916
Esférica de 2"	75	25	100	1.29	8640	11.145
Cilíndrica de 1.1/2"	60	20	80	1.032	8640	8.916
Cilíndrica de 2"	75	25	100	1.29	8640	11.145
Aletas de 2"x3/4"x25 cm.			350	4.515	8640	39.009
Tubo de 1.3/4" x 15 cm.			82.5	1.064	2160	2.298
Aletas de 2" x 3/4" x 45 cm.			628.65	8.108	1600	12.972
Tubo de 4" x 60 cm.			1 914.14	24.692	400	9.876
Tubo Ø de 1" x 70 cm.			560	7.224	6000	42.134
Tubo Ø de 1" x 70 cm.			711	9.171	6000	55.020
					SUBTOTAL	393.86
					25% PERDIDAS	73.46
					TOTAL	<u>467.32</u>

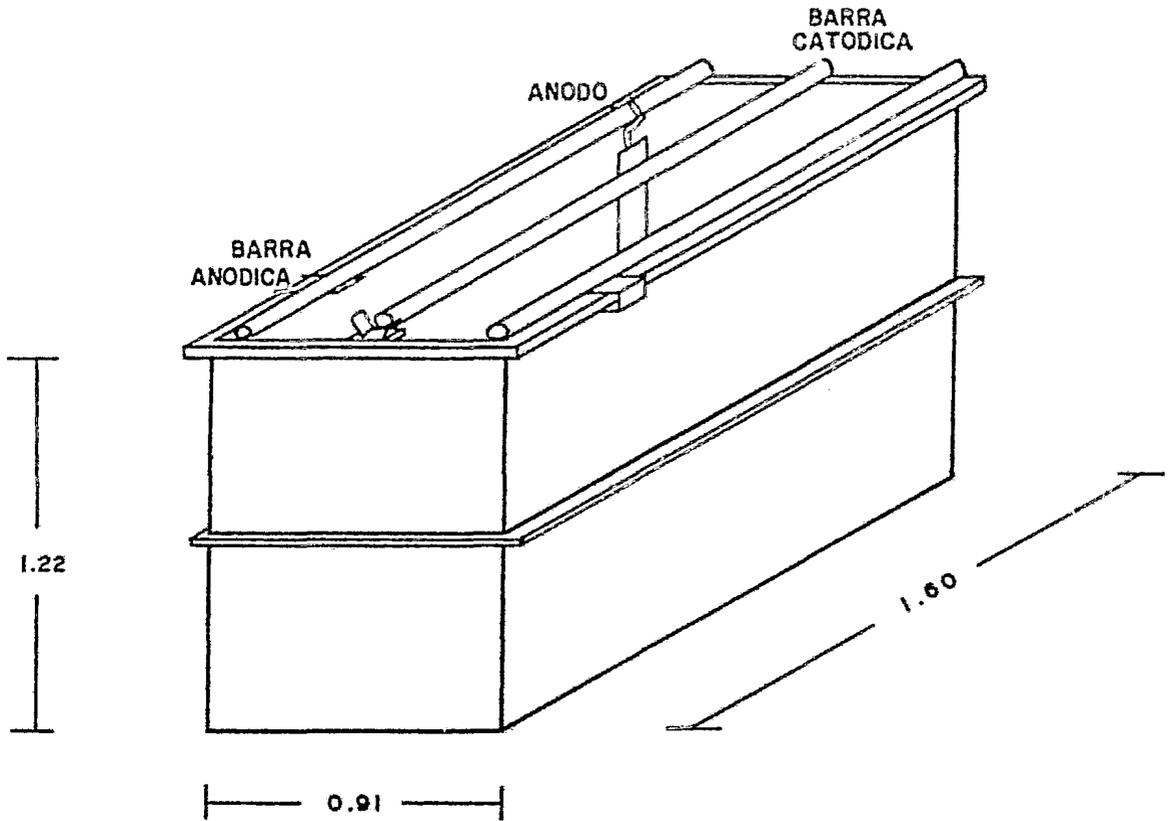


FIG 3.6.1

Colocación de las barras en los tanques de proceso

3.7. PLANEACION

Como se mencionó en el capítulo 2, uno de los aspectos que presenta problemas en la pequeña y mediana industria, caso general en la industria de cromado lo constituye la función de producción, la cual tiene muy poca productividad, misma que redundo en problemas de tipo financiero como son la falta de liquidéz a corto plazo y la falta de crecimiento por baja rentabilidad y los costos de producción altos. (En la mayoría de las empresas pequeñas los ingresos provenientes de ventas en promedio solamente cubren los costos de producción y operación).

Esta situación tiene como causa la falta de planeación de las funciones de producción, distribución y comercialización. Como no existen planes ni programas de producción, la obtención de recursos materiales, humanos y financieros se realizan sobre criterios de necesidad mas que de optimalidad, lo que se ve reflejado en los costos que afectan adversamente la generación de utilidades por la naturaleza del mercado de cromado que tiene un precio determinado.

Por las características del proceso de electrodepósito y el número reducido de productos que manejan la mayoría de estas empresas y dado que el personal que ocupa los puestos de dirección de este tipo de industrias en su mayoría no posee una educación formal, sino empírica, se ha considerado que la metodología de planeación agregada puede ser un instrumento para resolver los problemas de planeación, oferta-demanda en el tipo de empresas que analiza el presente trabajo.

3.7.1. Planeación Agregada

Debido al funcionamiento intermitente con que opera la planta de electrodepósito y al reducido número de variables, ya que hay solamente 16 artículos y que la línea de producción puede ser considerada como un solo proceso (una sola variable) se realiza la planeación de la producción considerandola como planeación agregada.

Para llevar a cabo la planeación agregada se deben considerar los aspectos siguientes:

- a) nivel de producción
- b) nivel de inventarios
- c) tiempo extra
- d) subcontratación
- e) contratación y despido de obreros

En la secuencia de cálculo para la planeación se consideran los volúmenes de ventas pronosticados (19) y los inventarios mínimos requeridos en cada período de producción. La tabla 3.7.1. muestra los volúmenes requeridos por las ventas, los días laborales y el valor del inventario mínimo.

Para complementar la información proporcionada en la tabla 3.7.1. y evaluar, es necesario conocer los siguientes datos: (20)

-
- (19) Los volúmenes de ventas pronosticados se calcularon con el Paquete estadístico SPSS, con la subrutina Scattergram.
 - (20) La capacidad de la producción, los costos de inventario y los cambios del nivel de producción se calcularon en base a la información condensada en el anexo A.

- . El volúmen normal de producción de la planta es de 83,400 piezas mensuales laborando al 75 % de la capacidad instalada y elevando la producción al 100 % se llega a un máximo de 111,200 piezas mensuales.
- . El costo de mantener en inventario es de \$ 36.00 por artículo por año.
- . Un cambio de nivel de producción de 138 piezas conduce a un costo adicional de \$ 4,500.00.
- . Las unidades producidas en tiempo extra cuestan \$ 3.00 más.
- . Al término del mes de Diciembre del año anterior, el inventario existente era de 20,000 piezas.

La gráfica 3.7.1. representa los volúmenes de venta acumulados y los inventarios mínimos requeridos.

Dicha gráfica se construye de la siguiente manera:

- 1) Se grafican los valores de los volúmenes acumulados contra los días laborales acumulados.
- 2) Se grafican los valores resultantes de la suma de los volúmenes acumulados y de los inventarios mínimos contra los días laborales acumulados.
- 3) Con las curvas resultantes se trazan las estrategias que se seguirán, determinando los puntos en que tocaran la curva de los volúmenes acumulados mas los inventarios mínimos.

La planeación se realizará para todos los artículos que se fabrican en las instalaciones, y se llevará a cabo la evaluación de las estrategias que se van a seleccionar.

Planteamiento de las estrategias seleccionadas.

La estrategia 1 considera una tasa de producción diaria fija durante todo el año, la estrategia 2 contempla el uso de dos tasas diferentes de producción, adecuándose a la demanda del mercado; la estrategia 3 involucra el empleo de 4 tasas diferentes de producción, las cuales moldearán la planeación acorde a las demandas del mercado.

3.7.1.1. Estrategia 1 para la planeación de la producción.

La línea representativa de la estrategia 1 se inicia en el punto "a" y finaliza en el punto "e".

Tal estrategia representa una tasa de producción diaria fija durante todo el año.

Para que esta solución sea factible, se necesita un inventario inicial de 20,000 artículos (que se determina a partir de la gráfica 3.7.1.)

a) Cálculo de la tasa de producción para la estrategia 1

La tasa de producción estará dada por el cociente de la diferencia vertical entre la diferencia horizontal de la recta, el cual se calcula con la siguiente igualdad.

$$\begin{aligned} \text{Tasa de producción} &= \frac{\text{diferencia vertical}}{\text{diferencia horizontal}} = \\ &= \frac{632,285 - 20,000}{244 - 0} = 2,509 \end{aligned}$$

Tasa de Producción = 2,509 artículos

En la tabla 3.7.1.1. se muestra el programa anual de producción en base a la tasa determinada.

El inventario resultante es el que se posee en el mes de Diciembre del año anterior.

Los costos resultantes de esta estrategia son:

b) Costo debido a cambios de nivel de producción:

- . Producción inicial : 4,170 artículos / día
- . Producción de la estrategia: 2,509 artículos / día
- . Diferencia: 1,661 artículos
- . Costo: 1,661 artículos x 138 artículos / \$ 4,500 = \$54,163

c) Costo del inventario.

El costo de mantener el inventario será igual al inventario medio anual, multiplicado por el costo de mantener, que es - de \$ 36.00 por artículo por año.

La tabla 3.7.1.2. presenta el cálculo del costo del inventario medio para los doce meses.

Las iniciales representan lo siguiente:

- I.I. = Inventario inicial
- I.F. = Inventario final
- I.M. = Inventario medio

Finalmente el inventario medio anual será la media ponderada de los inventarios medios mensuales y los pesos serán los días laborales de cada mes; por tanto se tiene:

$$\text{Inv medio anual} = \frac{10'820,028}{244} = 44,344$$

y el costo de mantener dicho inventario será:

$$\text{Costo anual} = 44,344 \text{ artículos} \times \$ 36.00 \text{ por artículo}$$

$$\text{Costo anual} = \$ 1'596,398$$

3.7.1.2. Estrategia 2 para el cálculo de la producción

Como se puede observar en la gráfica 3.7.1., esta solución presenta dos tasas de producción diferentes; una entre los puntos "a" y "c" y otra entre los puntos "c" y "e".

Se sugiere este cambio en la tasa de producción para que se pueda seguir más de cerca las fluctuaciones de las ventas, reduciendo así el inventario medio anual.

a) Cálculo de las tasas de producción.

. Tasa de producción entre los puntos "a" y "c".

La tasa de producción entre los puntos "a" y "c" es la siguiente: (valores leídos de la gráfica)

$$\text{Tasa de producción} = \frac{403,690 - 20,000}{167 - 0} = 2,298 \text{ artículos}$$

. Tasa de producción entre los puntos "c" y "e"

Análogamente la tasa de producción entre los puntos "c" y "e" es la siguiente:

$$\text{Tasa de producción} = \frac{632,285 - 403,690}{244 - 167} = 2969 \text{ artículos}$$

Finalmente, el programa de producción resultante, si se adopta la estrategia 2 será el que se presenta en la tabla 3.7.1.3.

Consecuentemente, los costos de esta estrategia son los siguientes:

b) Costo debido a cambios de la tasa de producción:

- . Producción entre "a" y "c" = 2,298 artículos/día
- . Producción entre "c" y "e" = 2,969 artículos/día
- . Diferencia en la primera tasa de producción = $4,170 - 2,298 = 1,872$ artículos/día.
- . Diferencia en la segunda tasa de producción = $4,170 - 2,969 = 1,201$ artículos/día
- . Costo de la primera tasa de producción = $1872 \text{ artículos/día} \times 138 \text{ artículos} / \$ 4,500.00 = \$ 61,043.00$
- . Costo de la segunda tasa de producción = $1,201 \text{ artículos/día} \times 138 \text{ artículos} / \$ 4,500.00 = 39,163.00$
- . Costo total = $61,043.00 + 39,163.00 = \$ 100,206.00$

c) Costo del inventario

El costo de mantener el inventario se calcula con ayuda de la tabla 3.7.1.4.

El costo del inventario medio está dado por:

$$\text{Inv. medio anual} = \frac{7'002,733}{244} = 28,700 \text{ artículos}$$

$$\text{Costo anual} = 28,700 \text{ artículos} \times \$ 36.00 \text{ por artículo} = \\ \$ 1'033,190.00$$

3.7.1.3. Estrategia 3

En la gráfica 3.7.1 la línea representativa de la estrategia 3 considera 4 tasas de producción diferentes, las cuales son: entre los puntos "a" y "b", "b" y "c", "c" y "d", y "d" y "e".

Esta variación en las tasas de producción obedece a la adecuación de esta a los niveles de las ventas, reduciendo así el inventario medio anual.

a) Cálculo de la tasa de producción.

- . Tasa de producción entre los puntos "a" y "b"

$$\text{Tasa de producción} = \frac{241,435 - 20,000}{102 - 0} = 2,191 \text{ artículos}$$

- . Tasa de producción entre los puntos "b" y "c"

$$\text{Tasa de producción} = \frac{403,696 - 241,435}{167 - 102} = 2,496 \text{ artículos}$$

- . Tasa de producción entre los puntos "c" y "d"

$$\text{Tasa de producción} = \frac{518,374 - 403,696}{207 - 167} = 2,867 \text{ artículos}$$

- . Tasa de producción entre los puntos "d" y "e"

$$\text{Tasa de producción} = \frac{632,285 - 518,374}{244 - 207} = 3,079 \text{ artículos}$$

En la tabla 3.7.1.5. se calcula el programa anual de producción en base a las tasas de producción determinadas.

Los costos de la estrategia 3 son los siguientes.

b) Costo debido a cambios de la tasa de producción.

- . Producción entre "a" y "b" = 2,191 artículos/día
- . Producción entre "b" y "c" = 2,496 artículos/día
- . Producción entre "c" y "d" = 2,867 artículos/día
- . Producción entre "d" y "e" = 3,079 artículos/día

- . Diferencias: 4,170 - 2,191 = 1979 artículos/día
- . Diferencias: 4,170 - 2,496 = 1674 artículos/día
- . Diferencias: 4,170 - 2,867 = 1303 artículos/día
- . Diferencias: 4,170 - 3,079 = 1091 artículos/día

$$\begin{aligned} \text{Costo total} &= 6,047 \text{ artículos /día} \times 138 \text{ artículos}/\$4,500 \\ &= \$ 197,185.00 \end{aligned}$$

c) Costo del inventario

El costo de mantener el inventario se calcula con ayuda de la tabla 3. .1.6.

El costo del inventario medio está dado por:

$$\text{Inv. medio anual} = \frac{5'463,975}{244} = 22,393 \text{ artículos}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= 22,393 \text{ artículos} \times \$ 36.00 \text{ por artículo} \\ &= \$ 806,160.00 \end{aligned}$$

3.7.1.4. Evaluación de las estrategias planteadas

La evaluación de las estrategias se llevará a cabo con ayuda de la tabla 3.7.1.7.; para que sea posible la comparación entre los costos adicionales generados por cada estrategia; es necesario restar de los costos de los inventarios obtenidos los costos correspondientes a los inventarios mínimos.

Promedio de los inventarios mínimo: 18,260 artículos
Costo de los inventarios mínimos: 18,260 artículos x \$36.00
por artículo = \$ 657,360.00

- a) Estrategia 1: 1'596,398.00 - 657,360.00 = 939,038.00
- b) Estrategia 2: 1'033,190.00 - 657,360.00 = 375,830.00
- c) Estrategia 3: 806,160.00 - 657,360.00 = 148,800.00

Al evaluar las estrategias en base a los costos que se presentan, se genera la tabla 3.7.1.7. en la cual se muestran los resultados.

TABLA 3.7.1.7. COSTOS CORRESPONDIENTES A LAS ESTRATEGIAS PLANTEADAS.

C O S T O S	ESTRATEGIA 1	ESTRATEGIA 2	ESTRATEGIA 3
Inventarios	939,038.00	375,830.00	148,800.00
Cambios en la Tasa de producción.	54,163.00	100,206.00	197,185.00
T O T A L	993,201.00	476,036.00	345,985.00

De esta evaluación se concluye que la estrategia 3 es la más adecuada para los intereses de la compañía.

TABLA No. 3.7.1. LOS VOLUMENES REQUERIDOS POR LAS VENTAS, LOS DIAS LABORALES Y EL VALOR DEL INVENTARIO MÍNIMO.

MES	VOLUMENES REQUERIDOS		DIAS LABORALES		INVENTARIOS MINIMOS
	MENSUAL	ACUMULADO	MENSUAL	ACUMULADO	
I	39,908	39,908	21	21	20,000
II	42,512	82,420	20	41	23,000
III	45,083	127,503	21	62	25,000
IV	47,823	175,326	20	82	23,000
V	49,109	224,435	20	102	19,000
VI	49,608	274,043	22	124	18,000
VII	54,916	328,959	21	145	17,500
VIII	59,437	388,396	22	167	15,300
IX	59,994	448,390	19	186	15,300
X	56,984	505,374	21	207	13,000
XI	57,893	563,268	20	227	13,000
XII	53,717	616,985	17	244	15,300
	616,985			I.M	18,360

TABLA No. 3.7.1.1. PROGRAMA ANUAL DE PRODUCCION
PARA LA ESTRATEGIA 1.

MES	PRODUCCION REQUERIDA (A)	INVENTARIO RESULTANTE IR=INV+C-A	DIAS LABO- RABLES	PRODUCCION DIARIA (C)	PRODUCCION MENSUAL
XII		20,000			
I	39,908	32,789	21	2509	52,697
II	42,512	40,457	20	2509	50,180
III	45,083	48,071	21	2509	52,697
IV	47,823	50,428	20	2509	50,180
V	49,109	51,499	20	2509	50,180
VI	49,608	57,089	22	2509	55,198
VII	54,916	54,870	21	2509	52,697
VIII	59,437	50,631	22	2509	55,198
IX	59,994	45,835	19	2509	47,671
X	56,984	41,548	21	2509	52,697
XI	57,893	33,835	20	2509	50,180
XII	53,717	22,771	17	2509	42,653

616,985

244

TABLA No. 3.7.1.2.- CALCULO DE LOS INVENTARIOS MEDIOS
PARA LA ESTRATEGIA 1

MES	I.I.	I.F.	I.M	Dias Labore Mes	I.M. x DIAS LAB
I	20,000	32,789	26,395	21	554,285
II	32,789	40,457	36,623	20	732,460
III	40,457	48,071	44,264	21	929,544
IV	48,071	50,428	49,250	20	984,990
V	50,428	51,499	50,964	20	1'019,270
VI	51,499	57,089	54,294	22	1'194,468
VII	57,089	54,870	55,980	21	1'175,570
VIII	54,870	50,631	52,751	22	1'160,511
IX	50,631	45,835	48,233	19	916,427
X	45,835	41,548	43,692	21	917,522
XI	41,548	33,835	37,692	20	753,830
XII	33,835	22,771	28,303	17	481,151
				244	10'820,028

TABLA No. 3.7.1.3. PROGRAMA DE PRODUCCION PARA
LA ESTRATEGIA 2

MES	PRODUCCION REQUERIDA	INVENTARIO RESULTANTE	DIAS LABO- RABLES	PRODUCCION	
				TASA	TOTAL
XII		20,000			
I	39,908	28,350	21	2298	48,258
II	42,512	31,798	20	2298	45,960
III	45,083	34,973	21	2298	48,258
IV	47,823	33,110	20	2298	45,960
V	49,109	29,961	20	2298	45,960
VI	49,608	30,909	22	2298	50,556
VII	54,916	24,251	21	2298	48,258
VIII	59,437	30,132	22	2969	65,318
IX	59,994	26,549	19	2969	56,411
X	56,984	25,976	21	2969	62,349
XI	57,893	24,494	20	2969	59,380
XII	53,717	27,188	17	2969	50,473

TABLA No. 3.7.1.4. CALCULO DEL COSTO DEL INVENTARIO
MEDIO

MES	I.I.	I.F.	I.M.	Dias Labora- bles	I.M. x DIAS LAB
I	20,000	28,350	24,175	21	507,675
II	28,350	31,798	30,074	20	601,480
III	31,798	34,973	33,386	21	701,096
IV	34,973	33,110	34,042	20	680,830
V	33,110	29,961	31,536	20	630,710
VI	29,961	30,909	30,435	22	669,570
VII	30,909	24,251	27,580	21	579,180
VIII	24,251	30,132	27,192	22	598,213
IX	30,132	26,549	28,341	19	538,470
X	26,549	25,976	26,263	21	551,513
XI	25,976	24,494	25,235	20	504,700
XII	24,494	27,188	25,841	17	439,297
				244	7'002,733

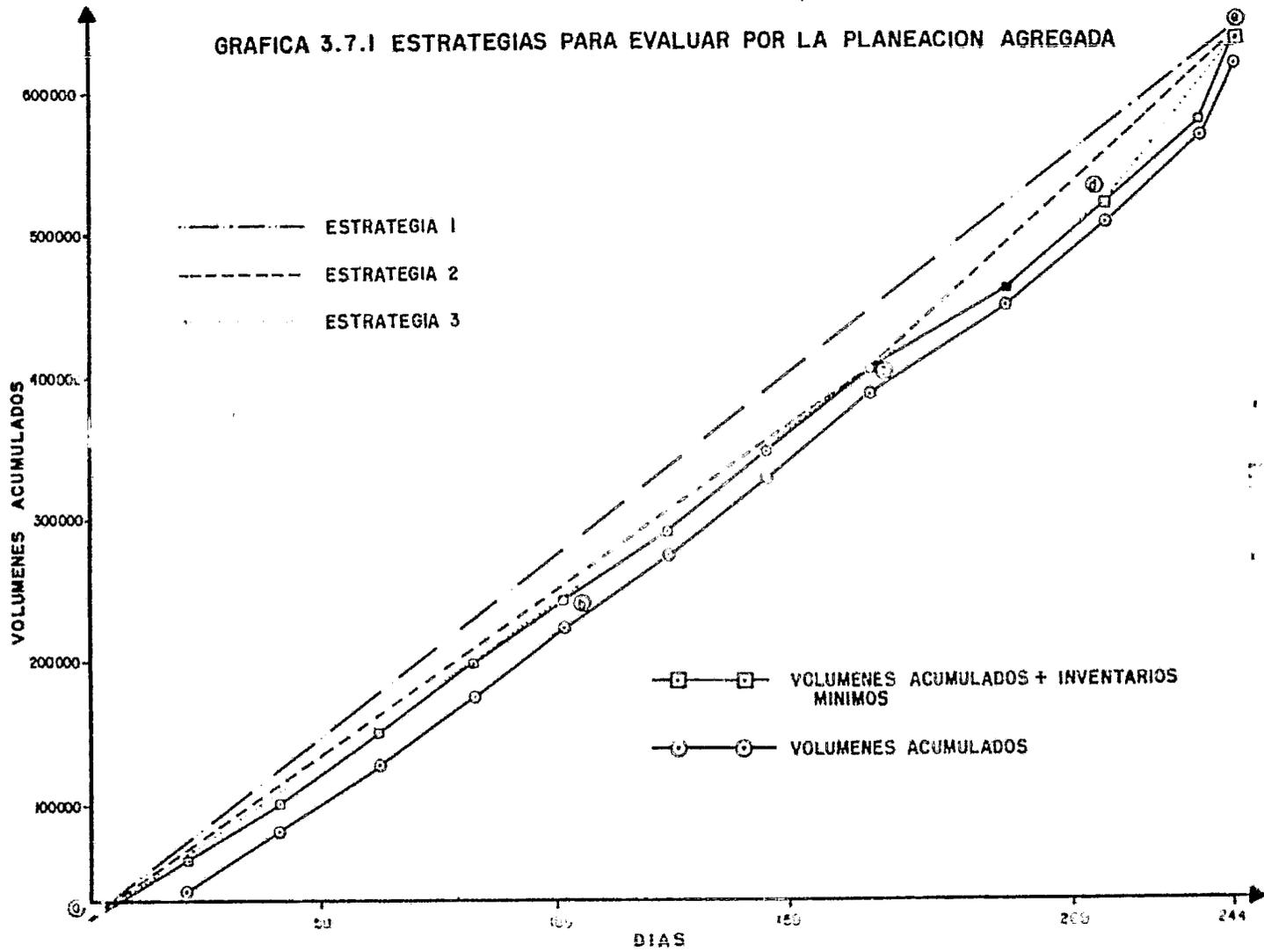
TABLA No. 3.7.1.5. PROGRAMA ANUAL DE PRODUCCION
PARA LA ESTRATEGIA 3

MES	PRODUCCION REQUERIDA	INVENTARIO RESULTANTE	DIAS LABO- RABLES	PRODUCCION	
				TASA	TOTAL
XII		20,000			
I	39,908	26,103	21	2191	46,011
II	42,512	27,411	20	2191	43,820
III	45,083	28,339	21	2191	46,011
IV	47,823	24,336	20	2191	43,820
V	49,109	19,047	20	2191	43,820
VI	49,608	24,351	22	2,496	54,912
VII	54,916	24,347	21	2496	52,416
VIII	59,437	19,822	22	2496	54,912
IX	59,994	14,740	19	2867	54,473
X	56,984	17,963	21	2867	60,207
XI	57,893	21,650	20	3079	61,580
XII	53,717	20,276	17	3079	52,343

TABLA No. 3.7.1.6. CALCULO DEL COSTO DEL INVENTARIO
MEDIO

MES	I. I.	I. F.	I. M	Dias Labora- bles	I.M. x DIAS LAB
I	20,000	26,103	23,052	21	484,092
II	26,103	27,411	26,757	20	535,140
III	27,411	28,339	27,875	21	585,375
IV	28,339	24,330	26,338	20	526,750
V	24,336	19,047	21,692	20	433,830
VI	19,047	24,351	21,699	22	477,378
VII	24,351	24,347	24,349	21	511,329
VIII	24,347	19,822	22,085	22	485,859
IX	19,822	14,740	17,281	19	328,339
X	14,740	17,963	16,352	21	343,382
XI	17,963	21,650	19,807	20	396,130
XII	21,650	20,276	20,963	17	356,371
				244	5'463,975

GRAFICA 3.7.1 ESTRATEGIAS PARA EVALUAR POR LA PLANEACION AGREGADA



3.7.2. Programación del sistema productivo

Los problemas de secuenciación son muy frecuentes y evidentemente son solucionados ya que las empresas fabrican sus productos; sin embargo las soluciones generalmente son empíricas.

Es de esperarse que al adoptar secuencias diferentes generalmente conducen a resultados radicalmente diferentes y consecuentemente, para la determinación de la secuencia ideal de procesamiento, deben definirse precisamente los resultados requeridos.

3.7.2.1. Clasificación de los problemas de programación

Si se considera toda la información requerida para la definición de los problemas de programación, se pueden clasificar de la siguiente forma:

a) Problemas estáticos:

Son aquellos en los cuales todos los productos están listos para ser procesados simultáneamente. En estos casos se conoce el número "n" de productos por procesar.

b) Problemas dinámicos:

Son aquellos en los cuales hay un flujo continuo de productos, que llegan al sistema obedeciendo a una determinada - distribución probabilística.

También existe la clasificación por sistemas, al considerar la secuencia según la cual las máquinas son utilizadas para realizar las operaciones de cada producto, por tanto los sistemas productivos pueden clasificarse como sigue:

a) Sistema de secuencia fija:

Son aquellos en los cuales los productos siguen siempre la misma secuencia, es decir, pasan por la máquina 1, después por la 2, etc., hasta que pasan por la última máquina "m".

b) Sistemas de secuencia variable

Son aquellos en los cuales cada producto requiere una secuencia diferente, en lo que se refiere a la utilización de las máquinas.

Debido a las diferentes características que pueden presentar los problemas de programación, es conveniente utilizar una notación del tipo A/B/C/D, donde cada parámetro indicará lo siguiente:

A.- Indica si el problema es estático ó dinámico; si el problema es dinámico, "A" representará la distribución probabilística de los tiempos de llegada. Si el problema es estático, "A" representará simplemente el número de productos por fabricar.

B.- Indica el número de máquinas en la planta.

C.- Indica si el sistema productivo es de secuencia fija ó variable. Si la secuencia es fija se tendrá que $C=F$; si la secuencia es variable, entonces $C=V$.

D.- Indica el objetivo que se persigue; si el objetivo es minimizar el tiempo de fabricación máximo, se tendrá que: $D=TPM$.

El caso que se considera, presenta una programación dinámica, puesto que existe un flujo continuo de productos por procesar, los cuales llegan al sistema obedeciendo a una determinada distribución probabilística; por otro lado se tiene un sistema de secuencia fija, a causa de que los productos siguen siempre el mismo ordenamiento en la línea de producción, es decir, los artículos pasan por la tina 1, después por la 2, hasta la tina 19. El objetivo que se persigue es el de minimizar el tiempo de entrega.

La notación A/B/C/D tomará la siguiente forma:

16/1/F/MTE

donde 16 es el número de artículos por procesar en la planta que posee "1" máquina y presenta una secuencia fija de procesamiento, de modo que se minimice el tiempo de entrega.

Al presentarse 16 artículos para procesar, los cuales todos y -- cada uno siguen una secuencia fija ya que deberán recorrer todo el proceso completo de electrodepósito, este proceso se considera como una sola máquina, puesto que iniciado el procesamiento con la operación de desengrase no se debe interrumpir porque involucra muchos cambios y trastornos en la secuencia.

Los tiempos de recubrimiento entre los 16 artículos, son semejantes entre sí; donde se encuentran diferencias significativas es en el tiempo requerido en la operación de pulido, ya que estos artículos tiene áreas diferentes, lo cual afecta estos tiempos de procesamiento.

Además se hace la consideración de que al procesar los 16 artículos en solo siete tipos de soportes se reduce la problemática de la programación. Los 16 artículos se reducirán a las literales A,B,C,D,E,F. y G, las cuales engloban los siguientes artículos:

La literal "A" contempla el manejo de las horquillas de $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$ y 3 pulgadas, las rodajas esféricas de $1\frac{1}{2}$ y 2 pulgadas y las rodajas cilíndricas de $1\frac{1}{2}$ y 2 pulgadas. La literal "B" agrupa a las horquillas de 4 y 5 pulgadas. La literal "C" considera el tubo de $1\frac{3}{4}$ " x 15 cm. La literal "D" incluye las aletas de 2" x $\frac{3}{4}$ " x 25 cm. La literal "E" representa las aletas de 2" x $\frac{3}{4}$ " x 40 cm. La literal "F" es para los tubos de 4" x 60 cm. La literal "G" representa los tubos de 1" x 69 y 70 cm.

Esta nomenclatura se utilizará para realizar la programación para el tiempo de entrega.

3.7.2.2. Programación de acuerdo al tiempo de entrega

El objetivo mas importante de los sistemas productivos es cumplir con los plazos de entrega previamente establecidos conjuntamente por la empresa y los clientes. Para comprender este tipo de -- problema es necesario definir las siguientes variables:

a) Diferencial de entrega

Es la diferencia entre el tiempo de fabricación y el tiempo de entrega requerido por el cliente.

b) Adelanto

Es la diferencia entre el tiempo de fabricación y el tiempo de entrega, cuando es negativa.

c) Retraso

Es la diferencia entre el tiempo de fabricación y el tiempo de entrega cuando es positiva.

Se seleccionó la regla de TPMC a causa de que aunque no involucra los tiempos de entrega, minimiza el promedio de los diferenciales de entrega; sin embargo, esta regla no garantiza la minimización de las siguientes variables.

- a) Retraso máximo
- b) Retraso medio
- c) Número de productos retrasados

Si se quiere minimizar el retraso máximo, se tendrá que utilizar la regla que da prioridad a los artículos de tiempo de entrega mas corto, es decir, a la fecha de entrega más próxima y se le abrevia con la siguiente notación: TEMC. Otra regla que en muchos casos prácticos conduce a mejores resultados que la regla - TEMC, es la que da prioridad a los artículos cuyas diferencias "tiempo de entrega-tiempo de procesamiento" sean menores. Esta diferencia puede ser llamada tiempo de holgura por lo que se utilizará la notación THMC. Con la aplicación de estas tres reglas se tendrán tres criterios para seleccionar la mejor alternativa para la producción, ya que la regla TPMC minimiza el tiempo de - fabricación medio y el diferencial de entrega medio, y la regla TEMC minimiza el retraso máximo.

La programación para el tiempo de procesamiento mas corto (TPMC) se reduce a considerar 7 artículos en la única máquina que tiene la planta de galvanoplastia. En la tabla 3.7.2.1. se indican - los tiempos de procesamiento y plazos de entrega.

TABLA 3.7.2.1.

Artículos	Tiempo de procesamiento (días) (P)	Tiempo de entrega (días) (T)	Tiempo de holgura (días) (T-P)
A	2.0	6.0	4.0
B	2.5	4.0	1.5
C	4.5	6.5	2.0
D	4.0	8.0	4.0
E	6.0	8.5	2.0
F	3.0	8.0	5.0
G	5.0	10.0	5.0

Al aplicar la regla para el tiempo de procesamiento mas corto - (TPMC) se generan los resultados para el tiempo de fabricación, los cuales se indican en la tabla 3.7.2.2. En dicha tabla se sigue la secuencia de A,B,F,D,C,G y E para seguir el TPMC.

TABLA 3.7.2.2. REGLA TPMC

Artículos	Tiempo de procesamiento (días)	Tiempo de entrega (días)	Tiempo de fabricación (días)	Diferencial de entrega (+) retraso (días) (-) adelanto (días)
A	2.0	6.0	2.0	- 4.0
B	2.5	4.0	4.5	+ 5.0
F	3.0	8.0	7.5	- 0.5
D	4.0	8.0	11.5	+ 3.5
C	4.5	6.5	16.0	+ 9.5
G	5.0	10.0	21.0	+ 11.0
E	6.0	8.5	27.0	+ 18.0

De la tabla 3.7.2.2. se tienen los siguientes resultados:

- a) Tiempo de fabricación medio: 12.79 días
- b) Diferencial de entrega medio: 5.43 días
- c) Adelanto medio 4.5 días (dos artículos).
- d) Retraso medio 8.50 días
- e) Número de artículos retrasados: 5
- f) Retraso máximo 18.0 días

Al observar los resultados, se concluye que el retraso medio es alto, requiriéndose calcular el tiempo de entrega mas corto - - (TEMC).

La aplicación de la regla para el tiempo de entrega más corto -- (TEMC) implica el arreglo de los artículos de la siguiente manera: B,A,C,D,E,F y G . En la tabla 3.7.2.3. se aplica la regla TEMC.

TABLA 3.7.2.3. REGLA TEMC

Artículos	Tiempo de pro cesamiento (días)	Tiempo de entrega (días)	Tiempo de fabrica-- ción(días)	Diferencial de entrega (+) retraso en días (-) adelanto en días
B	2.5	4.0	2.5	- 1.5
A	2.0	6.0	4.5	- 1.5
C	4.5	6.5	9.0	+ 2.5
D	4.0	8.0	13.0	+ 5.0
E	6.0	8.5	18.0	+ 9.5
F	3.0	8.0	21.0	+ 13.0
G	5.0	10.0	26.0	+ 16.0

De la tabla 3.7.2.3. se tienen los siguientes resultados:

- a) Tiempo de fabricación medio 13.43 días
- b) Diferencial de entrega medio 6.14 días
- c) Adelanto medio 1.5 (dos artículos).
- d) Retraso medio 5.14 días
- e) Número de artículos retrasados 5
- f) Retraso máximo 16.0 días

Al observar, los resultados, se concluye que el retraso medio es menor que para el calculado para el TMPC.

La tercer evaluación que se requiere efectuar es la del tiempo de holgura más corto (THMC), el cual adopta la siguiente forma: B,C,E,A,D,F y G; en la tabla 3.7.2.4. se aplica la regla THMC.

TABLA 3.7.2.4. REGLA THMC

Artículos	Tiempo de pro cesamiento (días)	Tiempo de entrega (días)	Tiempo de fabrica-- ción (días)	Diferencial de entre ga (+)retraso en días (-) adelanto en días
B	2.5	4.0	2.5	- 1.5
C	4.5	6.5	7.0	+ 0.5
E	6.0	8.5	13.0	+ 4.5
A	2.0	6.0	15.0	+ 9.0
D	4.0	8.0	19.0	+ 11.0
F	3.0	8.0	22.0	+ 14.0
G	5.0	10.0	27.0	+ 17.0

De la tabla 3.7.2.4. se tienen los siguientes resultados:

- a) Tiempo de fabricación medio 15.07 días
- b) Diferencial de entrega medio 7.79 días
- c) Adelanto medio 1.5 (un solo artículo)
- d) Retraso medio 11.03 días
- e) Número de productos retrasados 6
- f) Retraso máximo 17 días

Al observar estos resultados se nota que el retraso medio y el tiempo de fabricación medio son altos. En la tabla 3.7.2.5. se condensan los resultados obtenidos para llevar a cabo las evaluaciones respectivas.

TABLA 3.7.2.5.

RESULTADOS DE LOS SISTEMAS DE PROGRAMACION PROPUESTOS

	TPMC	TEMC	THMC
Tiempo de fabricación medio (días)	12.79	13.43	15.07
Diferencial de entrega medio (días)	5.43	6.14	7.79
Adelanto medio (días)	4.5	1.5	1.5
Retraso medio (días)	8.50	5.14	11.03
Número de artículos retrasados	5	5	6
Retraso máximo (días)	18.0	16.0	17.0

La evaluación de los sistemas propuestos deberá estar basada en las reglas y/o políticas de la compañía, ya que para el TPMC el retraso máximo es el mayor comparado con los otros dos, pero presenta ventajas para el tiempo de fabricación medio y en la diferencial de entrega medio.

Concluyendo, si se desea minimizar el tiempo de entrega se debe rá seleccionar el TEMC el cual solo presenta dos artículos retrasados y el retraso máximo es de 16 días; en esta selección influye la imagen que se le desee dar a la empresa.

3.7.3. Balanceo de líneas

El balanceo de líneas que se propone está diseñado para la producción en la línea de electrodepósito, ya que se tienen varios operarios, los cuales realizan operaciones consecutivas en la misma, y se comportan como una unidad. En esta situación la tasa de producción a través de la línea de cromado depende del operador más lento, así como también del tiempo de operación mayor en la secuencia de proceso.

En la secuencia de cromado, se presentan diferentes tiempos de procesamiento, los cuales se listan en la tabla 3.7.3.

La eficiencia de esta línea se calcula como la relación entre los minutos estandar y el total de minutos asignados, lo cual se presenta de la siguiente manera:

$$E = \frac{\sum M.E.}{\sum M.A.} \times 100 \quad (A)$$

en donde:

E = Eficiencia

M.E. = Minutos estandar por operación

M.A. = Minutos asignados por operación

El total de minutos asignados para procesar una barra con 4 soportes para cualquiera de los 16 artículos que se procesan en la planta será:

$$\sum M.A. = \sum M.E. \times 1/E$$

El número de operarios requeridos, será igual a la tasa requerida de producción, por el total de minutos asignados.

$$N = P \times \sum M.A.$$

donde:

N = Número de personas requeridas en la línea de proceso.

P = Tasa de producción deseada (soportes por minuto)

Con las igualdades arriba mencionadas se procederá a calcular la eficiencia de la línea, con los datos de la tabla 3.7.3.1.

3.7.3.1. Cálculo de la eficiencia de la línea de electrodepósito.

La eficiencia en la línea de cromado es posible calcularla con ayuda de la ecuación (A) al darle valores provenientes de la tabla 3.7.3,

$$E = \frac{\overset{23}{\underset{1}{\text{M}}} \text{ M.E.}}{\overset{23}{\underset{1}{\text{M}}} \text{ M.A.}} \times 100 = \frac{58.0}{690} = 8.41 \%$$

La eficiencia calculada es muy baja, por lo que se procederá a balancear la línea de producción, agrupando un determinado número de operaciones cuyos tiempos de procesamiento permitan reducir los lapsos de espera y consecuentemente minimicen la diferencia entre los minutos estandar y los asignados para cada operación.

a) Balanceo de operaciones

El agrupamiento de las operaciones se llevará a cabo de una manera tal, que la eficiencia alcance un valor superior al 90 %.

La tasa de producción promedio para la estrategia 3 es de 2,750 artículos diarios. Las 23 operaciones involucran 58.0 minutos estandares, los cuales se agruparán hasta acercarse al tiempo de depósito de níquel, el cual es de 10 minutos, por lo que se genera la tabla 3.7.3.1., donde se calculará el número necesario de operarios.

El criterio que se siguió para formular la tabla 3.7.3.1, es la de realizar con tres operarios la operación de colocar los artículos en los soportes para reducir la operación hasta 10 minutos debido que es el tiempo máximo de residencia en el baño de níquel; para la operación de desengrase, el tiempo estandar se redujo hasta 10 minutos; para la operación de cobrizado se unieron varios pasos hasta alcanzar 7 minutos estandar en la operación; para la operación de niquelado se requieren 11.0 minutos estandar y para la operación de cromado se necesitan 6 minutos.

Para este arreglo se calculará la eficiencia que se obtiene con ayuda de los datos de la tabla 3.7.3.2.

Se hace notar que la única operación cuyo tiempo estandar es menor y no es posible ajustarlo es la de cobrizado, ya que antecede a la operación limitante del sistema.

Si se pretendiese elevar la eficiencia de la línea de electrodeposición solo se lograría al reducir el tiempo de depósito en el tanque de niquelado, lo cual se podría lograr al aumentar la corriente de trabajo ó disminuir el espesor de la capa de níquel.

TABLA 3.7.3. TIEMPOS DE PROCESAMIENTO EN LA LINEA DE PRODUCCION

OPERACION	Minutos estandar para ejecutar la operación (M. E.)	Tiempo de espera basado en la operación más lenta	Minutos asignados (M.A.)
a) Colocación de los artículos en los soportes	30	- - -	30.0
b) Desengrase inmersión	5.00	25	30.0
c) Enjuague desengrase inmersión	0.50	29.5	30.0
d) Desengrase electrolítico	3.00	27.0	30.0
e) Enjuague desengrase electrolítico I	0.50	29.5	30.0
f) Enjuague desengrase electrolítico II	0.50	29.5	30.0
g) Activado con ácido sulfúrico	0.50	29.5	30.0
h) Enjuague del ácido	0.50	29.5	30.0
i) Enjuague cobre alcalino	0.50	29.5	30.0
j) Cobrizado alcalino	3.00	27.0	30.0
k) Enjuague cobrizado alcalino	0.50	29.5	30.0
l) Enjuague ácido	0.50	29.5	30.0
m) Activado ácido	1.00	29.0	30.0
n) Enjuague de ácido	0.50	29.5	30.0
o) Enjuague de níquel	0.50	29.5	30.0
p) Niquelado electrolítico	10.00	20.0	30.0
q) Recuperador de níquel	0.50	29.5	30.0
r) Precromado	0.50	29.5	30.0
s) Cromado electrolítico	3.00	27.0	30.0
t) Recuperador de cromo	0.50	29.5	30.0
u) Enjuague de cromo 1	0.50	29.5	30.0
v) Enjuague de cromo 2	0.50	29.5	30.0
x) Enjuague de agua caliente	0.50	29.5	30.0
	58.0		345.0

TABLA 3.7.3.1. CALCULO DEL NUMERO DE OPERACIONES

Operación	Minutos estandar	Minutos estandar entre minutos estimados para el baño de niquelado	Número de Operarios
1 Colocar los artículos en los soportes	30.0	10	3
2 Desengrasado	10	10	1
3 Cobrizado	7.0	10	1
4 Niquelado	11.0	10	1
5 Cromado	6	10	1

TABLA 3.7.3.2. TIEMPOS DE PROCESAMIENTO CON EL ARREGLO PROPUESTO

Operación	Minutos estandar para ejecutar la operación M.E.	Tiempo de espera basado en la operación más lenta (min.)	Minutos asignados M.A.
1 Colocación de los artículos en los soportes.	10.0	1.0	11.0
2 Desengrasado	10.0	1.0	11.0
3 Cobrizado	7.0	3.0	11.0
4 Niquelado	11.0	---	11.0
5 Cromado	6.0	---	6.0 *

* Se toma el valor de 6.0 minutos asignados a la operación de cromado, debido a que es la operación final del proceso.

La eficiencia de esta línea puede calcularse con la ecuación (A):

$$E = \frac{\sum_{i=1}^5 M.E.}{\sum_{i=1}^5 M.A.} \times 100 = \frac{44.0}{500} \times 100 = 88 \%$$

3.7.4. Cálculo del lote económico para los inventarios de materia prima.

Para determinar la cantidad económica a ordenar se deben utilizar los siguientes parámetros:

- Q = Cantidad económica a ordenar
- C = Costo por unidad
- I = Costos anuales de mantenimiento, expresados como un porcentaje del valor del inventario promedio.
- R = Necesidades totales anuales
- S = Costos de colocación por pedido

Los costos anuales de mantenimiento de inventario, expresados con base en el inventario promedio, pueden representarse con la siguiente igualdad:

$$\frac{Q}{2} \quad CI = CTMI \dots \dots \dots (C)$$

donde tenemos:

$$\frac{Q}{2} = \text{Inventario promedio (unidades)}$$

$$C = \text{Costo por unidad (\$/unidad)}$$

$$I = \text{Costo anual de mantenimiento de inventario, expresado como un porcentaje del valor del inventario promedio.}$$

$$CTMI = \text{Costo total de mantenimiento de inventario.}$$

Para determinar los costos totales de colocación de pedidos se considera que el número esperado de pedidos por año, es proporcio

nal a la cantidad anual total necesaria R que se ha pronosticado e inversamente proporcional a la cantidad a ordenar Q. El número de pedidos por año que es igual a R/Q, se multiplica por el costo fijo que representa la colocación de cada pedido S, obteniéndose con ello los costos totales de colocación de pedidos R/QS. En consecuencia, los costos anuales totales de emisión de pedidos se calculan con la siguiente ecuación:

$$\frac{R}{Q} S = CTC \quad (D)$$

Al igualar los costos totales anuales de mantenimiento del inventario a los costos anuales totales de colocación de pedidos, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\frac{Q}{2} CI = \frac{R}{Q} \times S \quad (E)$$

Pasando términos

$$QCI = \frac{2RS}{Q}$$

$$Q^2CI = 2RS$$

$$Q^2 = \frac{2RS}{CI}$$

$$Q = \left(\frac{2RS}{CI} \right)^{1/2} \quad (F)$$

Con la fórmula F, la cantidad económica a ordenar se calcula para todas las materias primas. (21)

(21)

La demanda y su tendencia se calculó utilizando la subrutina Linear Regression del paquete de computación SPSS.

3.7.4.1. Cantidad económica a ordenar para las diferentes materias -
primas utilizadas en el proceso de electrodepósito (22)

a) Desengrase de inmersión

$$Q = \left(\frac{2 (2400) 460.00}{70.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 251.17$$

b) Desengrase electrolítico

$$Q = \left(\frac{2 (1200) 460.00}{75.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 177.6$$

c) Acido Sulfúrico

$$Q = \left(\frac{2 (2400) 960.00}{15.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 783.8$$

d) Acido clorhídrico

$$Q = \left(\frac{2 (1800) 960.00}{25.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 525.8$$

e) Cianuro de cobre

$$Q = \left(\frac{2 (250) 460.00}{600.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 27.7$$

f) Cianuro de Sodio

$$Q = \left(\frac{2 (600) 560.00}{150.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 94.6$$

g) Sosa Cáustica

$$Q = \left(\frac{2 (2400) 560.00}{85.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 251.5$$

(22) Los valores numéricos para la secuencia de cálculo se encuentran relacionados en la tabla 3.7.4.1.

h) Cobre Metálico

$$Q = \left(\frac{2(360) 910.00}{450.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 26.9$$

i) Oxido de Cobre

$$Q = \left(\frac{2(120) 910.00}{420.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 32.25$$

j) Humectante Alcalino

$$Q = \left(\frac{2(120) 960.0}{210.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 46.8$$

k) Humectante Acido

$$Q = \left(\frac{2(180) 960.0}{270.00(0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 50.6$$

l) Sulfato de Niquel

$$Q = \left(\frac{2(3600) 810.00}{350.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 182.5$$

m) Acido Bórico

$$Q = \left(\frac{2(900) 960.00}{150.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 151.8$$

n) Abrillantador primario

$$Q = \left(\frac{2 (960) 460.00}{320.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 74.3$$

o) Abrillantador secundario

$$Q = \left(\frac{2(840) 460.00}{270.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 75.6$$

p) Carbón Activado

$$Q = \left(\frac{2(180) 960.00}{80.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 92.95$$

q) Ayuda filtro

$$Q = \left(\frac{2(480) 910.00}{85.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 143.3$$

r) Bisulfito de Sodio

$$Q = \left(\frac{2 (120) 910}{90.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 69.6$$

s) Niquel Metálico

$$Q = \left(\frac{2 (5640) 1510.00}{1000.00(0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 184.5$$

t) Carbonato de Sodio

$$Q = \left(\frac{2 (300) 910.00}{75.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 120.6$$

u) Acido Crómico

$$Q = \left(\frac{2 (1800) 1510.00}{650.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 129.3$$

v) Carbonato de Bario

$$Q = \left(\frac{2 (120) 960.00}{130 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 59.54$$

w) Humectante Acido II

$$Q = \left(\frac{2 (180) 910.00}{150.00 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 66.0$$

x) Anodos de Plomo

$$Q = \left(\frac{2 (600) 910.00}{100.0 (0.5)} \right)^{\frac{1}{2}} = 147.8$$

Estos resultados se condensan en la tabla 3.7.4.1.

3.7.4.2. Número óptimo de pedidos por año

La igualación de los costos de mantenimiento de inventario a los costos de colocación de pedidos para el modelo básico de la CEO, puede aplicarse en forma semejante al número óptimo de pedidos por año, ya que puede convertirse en la colocación de pedidos ca da cierto número de días a lo largo del año.

Para calcular el número óptimo de pedidos por año, se necesitan los términos siguientes:

- N = Número óptimo de pedidos por año para minimizar los costos totales para la empresa.
- A = Importe total en pesos de la cantidad utilizada anualmen te.
- S = Costos de colocación por pedido
- I = Costos anuales de mantenimiento de inventario, expresados como porcentaje del valor del inventario promedio.

Los costos totales de mantenimiento del inventario se derivan de la siguiente igualdad.

$$\frac{A}{N} \times \frac{1}{2} \times I = CTMI \quad (G)$$

Los costos totales de colocación de pedidos por año, se calculan con la fórmula:

$$N \times S = NS$$

Siguiendo la metodología realizada para el cálculo anual de mante nimiento de inventario, se deben igualar los costos totales de mantenimiento de inventario a los costos totales de colocación de

pedidos, con lo cual se obtiene la siguiente igualdad:

$$\frac{AI}{2N} = NS \quad (H)$$

despejando N,

$$2 N^2 S = AI$$

$$N^2 = \frac{AI}{2S}$$

$$N = \sqrt{\frac{AI}{2S}} \quad (I)$$

Con la fórmula(I), el número óptimo de pedidos a colocar por año se calcula para todas las materias primas.

• Número óptimo de pedidos a colocar por año, para los requerimientos de materia prima.

a) Desengrase inmersión

$$N = \left(\frac{168,000.00 (0.5)}{2 (460)} \right)^{\frac{1}{2}} = 9.5$$

b) Desengrase electrolítico

$$N = \left(\frac{90,000.00 (0.5)}{2 (460)} \right)^{\frac{1}{2}} = 6.99$$

El cálculo numérico de los incisos subsecuentes se omitió de presentarlos evitando ser repetitivo; los resultados generados del mismo se presentan en la tabla 3.7.4.1.

3.7.4.3. Suministro óptimo por pedido expresado en días.

Al haber desarrollado el modelo de inventario para el número óptimo de pedidos, se desarrollará ahora una fórmula para el suministro óptimo por pedido expresado en días, con base a 360 días por año para este caso en particular.

En el modelo se utilizan los términos siguientes:

- D = Número óptimo de días del suministro por pedido en un año.
- R = Requerimiento anual total de cantidad
- S = Costos de colocación por pedido colocado
- I = Costos anuales de mantenimiento de inventario, expresado como porcentaje del valor del inventario promedio.
- C = Valor del costo de una unidad.
- 360 = Días de calendario por año.

Una vez más, los costos totales de mantenimiento de inventario por año, son iguales a los costos de colocación de pedidos por año, lo cual se ilustra con la ecuación siguiente:

$$\frac{RC}{360/D} \times \frac{1}{2} \times I = CTM \quad (J)$$

Los costos totales de colocación de pedidos por año, están dados por la siguiente ecuación:

$$\frac{360}{D} \times S = CTC \quad (K)$$

Al despejar D

$$\frac{RCI}{720/D} = \frac{360S}{D}$$

$$\frac{RCID}{720} = \frac{360S}{D}$$

$$D^2 RCI = 259,200 \text{ S}$$

$$D^2 = \frac{259,200 \text{ S}}{RCI}$$

$$D = \sqrt{\frac{259,200 \text{ S}}{RCI}} \quad (L)$$

Con la fórmula(L)se calculará el suministro óptimo por pedido. El suministro óptimo por pedido expresado en días para los requerimientos de materia prima son:

a) Desengrase de inmersión

$$D = \left(\frac{259,200 (460)}{2400(70.00)0.5} \right)^{\frac{1}{2}} = 37.68 \text{ días}$$

b) Desengrase electrolítico

$$D = \left(\frac{259,200 (460)}{1200(75.00)0.5} \right)^{\frac{1}{2}} = 51.47 \text{ días}$$

El cálculo numérico de los incisos siguientes se omitió de presentarlos evitando ser repetitivos; los resultados generados de la secuencia de cálculo se encuentran en la tabla 3.7.4.1.

3.7.4.4. Importe óptimo por pedido

Ahora que se han desarrollado tres fórmulas para el inventario óptimo, se debe calcular el importe óptimo por pedido.

Para su cálculo se utilizan los siguientes términos.

- O = Importe óptimo en pesos por pedido
- A = Importe total en pesos de la cantidad utilizada anualmente
- S = Costos de colocación por pedido colocado
- I = Costos anuales de mantenimiento de inventario, expresados como porcentaje del valor del inventario promedio.

Los costos totales de mantenimiento del inventario se calculan con la siguiente formula :

$$\frac{A}{A/O} \times \frac{1}{2} \times I = \text{CTMI} \quad (M)$$

Los costos totales de colocación de pedidos para el inventario se determinan con la siguiente igualdad.

$$\frac{A}{O} \times S = \text{CTC}$$

Como se ha hecho, los costos totales de mantenimiento de inventario por año, se igualan a los costos totales de colocación de pedidos por año, con lo cual se tiene la siguiente ecuación.

$$\frac{OI}{2} = \frac{AS}{O} \quad (N)$$

para despejar O,

$$O^2 I = 2AS$$

$$O^2 = \frac{2AS}{I}$$

$$O = \sqrt{\frac{2AS}{I}} \quad (O)$$

La fórmula (O) permite calcular el importe óptimo por pedido. El importe óptimo por pedido para los requerimientos de cada artículo de materia prima es:

a) Desengrase de inmersión.

$$O = \left(\frac{2(168,000.00) 460.00}{0.5} \right)^{\frac{1}{2}} = 17,581.81$$

b) Desengrase electrolítico

$$O = \left(\frac{2(90,000.00) 460.00}{0.5} \right)^{\frac{1}{2}} = 12,863.57$$

Se omitió la presentación de la secuencia de cálculo para los artículos faltantes; los resultados se encuentran en la tabla 3.7.4.1.

3.7.4.5. Cálculo del lote económico por el método ABC

Para poder utilizar el método ABC se deben realizar ciertas consideraciones con los artículos en cuestión, tales como:

Los artículos de la clase A son lo suficientemente valiosos como para justificar el control estricto por medios mecánicos así como por parte de la administración de inventarios. Los conceptos de las clases B y C, siendo más numerosos y menos costosos, son también candidatos ideales para un control mecanizado.

En este caso se tiene la siguiente clasificación:

ARTICULOS CLASE A:

Sulfato de Níquel, con un 12.608 % del total del inventario
Níquel Metálico, con un 56.518 % del total del inventario
Acido Crómico, con un 11.708 % del total del inventario

ARTICULOS CLASE B:

Desengrase de inmersión con un 1.681 % del total del inventario
Cianuro de Cobre con un 1.441 % del total del inventario
Cobre Metálico con un 1.621 % del total del inventario
Sosa Cáustica con un 2.041 % del total del inventario
Acido Bórico con un 1.350 % del total del inventario
Abrillantador Primario con un 3.072 % del total del inventario
Abrillantador Secundario con un 2.268 % del total del inventario

ARTICULOS CLASE C:

Desengrase Electrolítico	0.901% del total del inventario
Acido Sulfúrico	0.360% del total del inventario
Acido Clorhídrico	0.450% del total del inventario
Cianuro de Sodio	0.901% del total del inventario
Oxido de Cobre	0.504% del total del inventario
Humectante Alcalino	0.252% del total del inventario
Humectante Acido	0.486% del total del inventario
Carbón Activado	0.144% del total del inventario
Ayuda Filtro	0.408% del total del inventario
Bisulfito de Sodio	0.108% del total del inventario
Carbonato de Sodio	0.225% del total del inventario
Carbonato de Bario	0.156% del total del inventario
Humectante Acido	0.270% del total del inventario
Anodos de Plomo	0.600% del total del inventario

Con estos datos podemos construir la tabla 3.7.4.3, la cual pondera la importancia de los artículos del inventario.

TABLA 3.7.4.3. DISTRIBUCION DEL INVENTARIO DE VALORES

ARTICULO	A	B	C
Utilización anual en pesos	80.834 %	11.853 %	7.313 %
Número de artículos en inventario.	12.500 %	29.167 %	58.333 %

TABLA 3.7.4.2.

PRODUCTO	Cantidad económica a ordenar(Kg)	Núm. Optimo de pedidos por años	Suministro optimo por pedido días	Importe óptimo por pedido (\$)
Desengrase inmersión	251.17	9.5	37.68	17581.81
Desengrase electrolítico	177.6	6.99	51.47	12868.57
Acido Sulfúrico	783.8	3.06	117.58	11757.55
Acido Clorhídrico	525.8	3.52	102.39	13145.34
Cianuro de cobre	27.7	8.85	40.69	16677.59
Cianuro de sodio	94.6	6.34	56.79	14198.59
Sosa Cáustica	251.5	9.54	37.72	21376.62
Cobre metálico	26.9	6.67	53.96	24263.33
Oxido de Cobre	32.25	3.72	96.75	13911.72
Humectante Alcalino	46.8	2.56	140.53	9837.07
Humectante Acido I	50.6	3.56	101.19	13661.04
Sulfato de Níquel	182.5	19.72	24.93	87237.61
Acido Bórico	151.8	5.93	60.72	22768.40
Abrillantador Primario	74.3	12.92	27.86	23774.94
Abrillantador Secundario	75.6	11.10	32.43	20428.22
Carbón activado	92.95	1.94	185.90	7436.13
Ayuda filtro	143.3	3.26	110.44	12516.87
Bisulfito de sodio	69.6	2.37	214.66	6439.88
Níquel metálico	184.5	30.56	11.78	184568.69
Carbonato de Sodio	120.6	2.42	148.72	9295.16
Acido Crómico	129.3	13.92	25.87	80064.24
Carbonato de Bario	59.54	2.91	178.61	7739.77
Humectante Acido II	66.0	3.75	132.18	9913.63
Anodos de plomo	147.8	4.06	88.67	14778.36

TABLA 3.7.4.1. VALORES DE LOS DIFERENTES CONCEPTOS Y LOS RESPECTIVOS ARTICULOS PARA EL CALCULO DEL LOTE ECONOMICO

	EMISION DE REQUISICIONES	ORDENES DE COMPRA	ACARREO	RECEPCION e INSPECCION	ALMACENAMIENTO \$	CONTABILIDAD Y AUDITORIA	CONSUMO MENSUAL KG	PRECIO UNITARIO \$	VALOR TOTAL ANUAL DEL INVENTARIO	% DEL TOTAL DEL INVENT.
Desengrase Inmersión	\$ 100.00	\$ 10.00	--	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	200.000	\$ 70.00	\$ 168,000.00	1.681
Desengrase Electrolítico	\$ 100.00	\$ 10.00	--	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	100.000	\$ 75.00	\$ 90,000.00	0.901
Acido Sulfúrico al 60%Be	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$100.00	\$ 250.00	200.000	\$ 15.00	\$ 36,000.00	0.360
Acido Clorhídrico	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$ 50.00	\$ 250.00	150.000	\$ 25.00	\$ 45,000.00	0.450
Cianuro de Cobre	\$ 100.00	\$ 10.00	--	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	20.000	\$ 600.00	\$ 144,000.00	1.441
Cianuro de Sodio	\$ 100.00	\$ 10.00	--	\$ 100.00	\$100.00	\$ 250.00	50.000	\$ 150.00	\$ 90,000.00	0.901
Sosa Cáustica	\$ 100.00	\$ 10.00	--	\$ 100.00	\$100.00	\$ 250.00	200.000	\$ 85.00	\$ 204,000.00	2.041
Cobre Metálico	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	\$ --	\$ 50.00	\$ 250.00	30.000	\$ 450.00	\$ 162,000.00	1.621

TABLA 3.7.4.1. VALORES DE LOS DIFERENTES CONCEPTOS Y LOS RESPECTIVOS ARTICULOS PARA EL CALCULO DEL LOTE ECONOMICO (CONTINUACION)

	EMISION DE REQUISICIONES	ORDENES DE COMPRA	ACARREO	RECEPCION E INSPECCION	ALMACENAMIENT TO \$	CONTABILIDAD Y AUDITORIA	CONSUMO MENSUAL KG	PRECIO UNITARIO \$	VALOR TOTAL ANUAL DEL IN- VENTARIO	% DEL TOTAL DEL INVENT.
Oxido de Cobre	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$ 50.00	\$ 250.00	10,000	\$ 420.00	\$ 50,400.00	0.504
Humectante Alcalino	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	10,000	\$ 210.00	\$ 25,200.00	0.252
Humectante Acido	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	15,000	\$ 270.00	\$ 48,600.00	0.486
Sulfato de Niquel	\$ 250.00	\$ 10.00	--	\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 250.00	300,000	\$ 350.00	\$1260,000.00	12.608
Acido Bórico	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$ 100.00	\$ 250.00	75,000	\$ 150.00	\$ 135,000.00	1.350
Abrillantador Primario	\$ 100.00	\$ 10.00	--	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	80,000	\$ 320.00	\$ 307,200.00	3.072
Abrillantador Secundario	\$ 100.00	\$ 10.00	--	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	70,000	\$ 270.00	\$ 226,800.00	2.268
Carbón activa- do	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	15,000	\$ 80.00	\$ 14,000.00	0.144
Ayuda Filtro	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$ 50.00	\$ 250.00	40,000	\$ 85.00	\$ 40,800.00	0.408
Bisulfito de Sodio	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$ 50.00	\$ 250.00	10,000	\$ 90.00	\$ 10,800.00	0.108
Niquel Metá- lico	\$ 500.00	\$ 10.00	--	\$ 250.00	\$ 500.00	\$ 250.00	470,000	\$1000.00	\$5640,000.00	56.518

TABLA 3.7.4.1. VALORES DE LOS DIFERENTES CONCEPTOS Y LOS RESPECTIVOS ARTICULOS PARA EL CALCULO DEL LOTE ECONOMICO (CONTINUACION)

	EMISION DE REQUISICIONES	ORDENES DE COMPRA	ACARREO	RECEPCION E INSPECCION	ALMACENAMIENTO \$	CONTABILIDAD Y AUDITORIA	CONSUMO MENSUAL KG	PRECIO UNITARIO \$	VALOR TOTAL ANUAL DEL INVENTARIO	% DEL TOTAL DEL INVENT.
Carbonato de Sodio	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$ 50.00	\$ 250.00	25,000	\$ 750.00	\$ 22,500.00	0.225
Acido Crómico	\$ 500.00	\$ 10.00	--	\$ 250.00	\$ 500.00	\$ 250.00	150,000	\$ 650.00	\$1170,000.00	11.708
Carbonato de Bario	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 250.00	10,000	\$ 130.00	\$ 15,600.00	0.156
Humectante Acido	\$ 100.00	\$ 10.00	\$ 500.00	--	\$ 50.00	\$ 250.00	15,000	\$ 150.00	\$ 27,000.00	0.270
Anodos de plomo	\$ 250.00	\$ 10.00	--	\$ 200.00	\$ 200.00	\$ 250.00	50,000	\$ 100.00	\$ 60,000.00	0.600
									\$9'993,300.00	98.68 %

3.7.5. Lote económico de producción.

La compañía fabrica 16 artículos en lotes de producción, de diferentes tamaños, porque las ventas no son suficientemente grandes para justificar un proceso continuo en el transcurso de todo el año. En este caso se incurre en costos de arranque de la línea de cromado en cada ocasión en que se inicia un lote de producción. Estos costos son semejantes a los de colocación de pedidos, e incluyen los costos de arranque y adaptación de la línea de cromado, en cuanto al tiempo que toman estas operaciones para la corrida que se esté llevando a cabo, el costo de control de producción y el costo de emisión de requisiciones de almacén para obtener las materias primas que se requieren para dicha corrida.

El mismo procedimiento que se siguió para determinar los costos de mantenimiento de inventario para la anterior fórmula de pedido económico, se puede aplicar también en lo que se refiere a las requisiciones para un pedido de producción por lote. La empresa incurre en costos de mantenimiento de inventario de productos terminados desde el momento en que fabrica el producto, hasta que lo vende. Estos costos son mayores para los productos terminados que para la materia prima, ya que el costo del inventario de artículos terminados está formado por el costo directo de los materiales, el costo directo de la mano de obra y los gastos variables y fijos de manufactura.

En esta situación se utilizará el procedimiento que involucra las ventas y producción simultánea para 7 productos.

Se ha considerado para el presente trabajo a las horquillas de 1½", 2", 2½ y 3", las rodajas esféricas de 1½" y 2", las rodajas cilíndricas de 1½" y 2" como Horquillas A a causa de que se procesan en los mismos soportes y no hay cambio de herramientas para iniciar el recubrimiento de cada parte. Las horquillas de 4" y 5" se consideraron en la clasificación de Horquillas B ya que

se procesan en los mismos soportes. Los tubos de 1 3/4" son el tercer artículo; las aletas de 2" x 3/4" x 25 cm son el cuarto artículo; las aletas de 2" x 3/4" x 40 cm son el quinto artículo; los tubos de 4" x 60 cm. son el sexto artículo y por último, los tubos de 1" x 69 y 70 representan el séptimo artículo.

El método básico para la determinación de una longitud de ciclo económico, consiste en encontrar la longitud del ciclo ó el número de ciclos por mes ó por año que minimice el costo total de arranque de la línea de cromado (o los costos de cambio de corrida) y los costos de inventario.

El punto de partida para el modelo es: el número de ciclos por año (N), es igual a los requerimientos de utilización anual (R) divididos entre la cantidad económica a ordenar por corrida de producción (Q) ó sea:

$N = \frac{R}{Q}$ Al substituir en la ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2 RS}{CI (1-U/P)}} \quad (1)$$

tendremos:

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{R}{\sqrt{\frac{2 RS}{CI(1-U/P)}}} &= \sqrt{\frac{R^2}{\frac{2 RS}{CI (1-U/P)}}} \\
 &= \sqrt{\frac{R^2 CI (1-U/P)}{2 RS}} &= \sqrt{\frac{RCI (1-U/P)}{2S}} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Esta ecuación refleja las cantidades y costos para solo una parte producida en la máquina. Para que refleje lo mismo para una séptima parte, debe modificarse el modelo por estas adiciones; - escrita en notación compacta, la ecuación se transforma en:

$$N = \sqrt{\frac{\sum R_j C_j I_j (1-U_j/P_j)}{2 \sum S_j}} \quad (3)$$

A continuación se presenta la definición de sus términos:

- Q = número óptimo de unidades por corrida de producción
- R = requerimientos anuales totales de cantidad
- S = costos de arranque de máquina por corrida de producción
- U = tasa de utilización en unidades por día
- P = tasa de producción en unidades por día
- C = costo de cada unidad
- I = costos anuales de mantenimiento de inventario, expresados como porcentaje del valor del inventario promedio de artículos terminados.
- D = número de días que dura la corrida de producción.

La tabla 3.7.5.1. contiene los registros de producción y contabilidad para nuestros productos, con los cuales podemos calcular el número de corridas por año que debe considerar la empresa para minimizar los costos de cada parte.

Cálculo de N

$$N = \left(\frac{(140.00)(240)(15.00)(0.5)(1-140/3456) + (160)(240)(25.00)(0.5) + (1-160/864) + (33)(240)(12)(0.5)(1-33/2160) + (133)(240)(45.15)(0.5) + (1-133/432) + (33.5)(240)(82.00)(0.5)(1-33.5/1600) + (8.4)(240)(247.00) + (0.5)(1-8.4/400) + (127.14)(240)(32.00)(0.5)(1-127.40/400)}{2[\$ 2,000.00 \times 7]} \right)^{\frac{1}{2}} = 9.63$$

número aproximado de corridas por año para cada parte.

También es posible determinar las cantidades que deben fabricarse por corrida de las siete partes mediante la siguiente consideración: Las cantidades a ordenar por corrida de producción para cada parte, son iguales a la utilización anual de la parte en particular, dividida entre el número de corridas de producción que se realizan anualmente para cada producto.

Para las horquillas A tenemos:

$$Q = \frac{33,600.00}{9.63} = 3,489.10$$

Para las horquillas B

$$Q = \frac{38,400.00}{9.63} = 3,987.54$$

Para los tubos de 1 3/4" x 15 cm.

$$Q = \frac{7920.0}{9.63} = 822.43$$

Para las aletas de 2" x 3/4" x 25 cm.

$$Q = \frac{31,920.0}{9.63} = 3,314.64$$

Para las aletas de 2" x 3/4" x 45 cm.

$$Q = \frac{8040.0}{9.63} = 834.89$$

Para los tubos de 4" x 60 cm

$$Q = \frac{2016}{9.63} = 209.35$$

Para los tubos de 1" x 69 y 70 cm.

$$Q = \frac{30513.6}{9.63} = 3,168.6$$

TABLA 3.7.5.1. REGISTROS DE PRODUCCION Y CONTABILIDAD

PZAS./DIA	Horquillas A	Horquillas B	Tubos de 1 3/4"	Aletas de 2" x 3/4" x 25 cm.	Aletas de 2" x 3/4" x 45 cm.	Tubo de 4" x 60 cm	Tubo de 1" x 69 y 70 cm
• Tasa de producción	3456	864	2160	432	1600	400	400
• Tasa de ventas	140	160	33	133	33.5	8.4	127.14
• Costo de cambio de corrida	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00
• Costo de manteni-- miento.							
• Costo por parte	\$ 15.00	\$ 25.00	\$ 12.00	\$ 45.15	\$ 82.00	\$ 247.00	\$ 82.00
• Costo de manteni- miento de inventa rio.	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
• Número prom. de días de trabajo por año.	240	240	240	240	240	240	240

TABLA 3.7.5.1. REGISTROS DE PRODUCCION Y CONTABILIDAD

PZAS./DIA	Horquillas A	Horquillas B	Tubos de 1 3/4"	Aletas de 2" x 3/4" x 25 cm.	Aletas de 2" x 3/4" x 45 cm.	Tubo de 4" x 60 cm	Tubo de 1" x 69 y 70 cm
• Tasa de producción	3456	864	2160	432	1600	400	400
• Tasa de ventas	140	160	33	133	33.5	8.4	127.14
• Costo de cambio de corrida	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00	\$ 2000.00
• Costo de manteni- miento.							
• Costo por parte	\$ 15.00	\$ 25.00	\$ 12.00	\$ 45.15	\$ 82.00	\$ 247.00	\$ 82.00
• Costo de manteni- miento de inventa rio.	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
• Número prom. de días de trabajo por año.	240	240	240	240	240	240	240

3.8. MANTENIMIENTO Y REEMPLAZO DE EQUIPO

Se puede considerar que el mantenimiento de un equipo y/o maquinaria de producción, es la serie de trabajos que hay que ejecutar en los mismos a fin de conservar el servicio para el cual fueron diseñados. Para llegar a estas metas, se deben equilibrar en las labores de mantenimiento tres factores esenciales, los cuales son:

- a) Calidad económica del servicio
- b) Duración adecuada del equipo.
- c) Costos mínimos de mantenimiento.

Desde el punto de vista de los costos, estos tres factores señalan que existe un costo total del servicio el cuál resulta de la suma de:

- . Costo inicial del equipo.
- . Costo del mantenimiento considerando su incremento, y
- . Costo de las fallas o faltas de servicio.

La figura 3.8.1. relaciona los factores de costo por fallas, costo inicial, y costo por mantenimiento para generar la curva del costo total y define el área de máximo beneficio económico.

Es necesario considerar, que la compra de un buen equipo acarrea costos elevados, porque inicialmente su depreciación es muy acelerada, pero dicho equipo va a necesitar menos gastos de mantenimiento y también se tendrán menores fallas en el servicio prestado. Por lo que respecta a los costos de mantenimiento, además de incrementarse con el tiempo el valor de la mano de obra, también el desgaste del equipo es mayor, ya que se exige más mano de obra, también el desgaste del equipo es mayor, ya que exige más mano de obra para el mantenimiento así como cambio de

TABLA 3.8.I PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

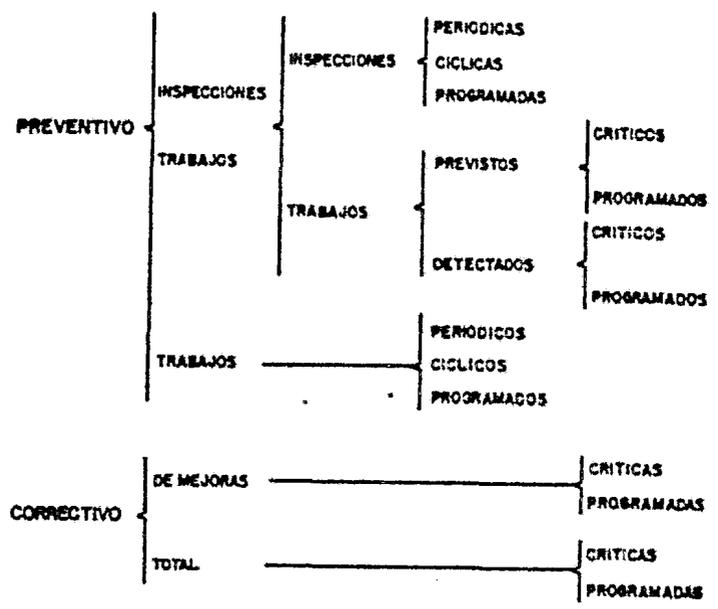
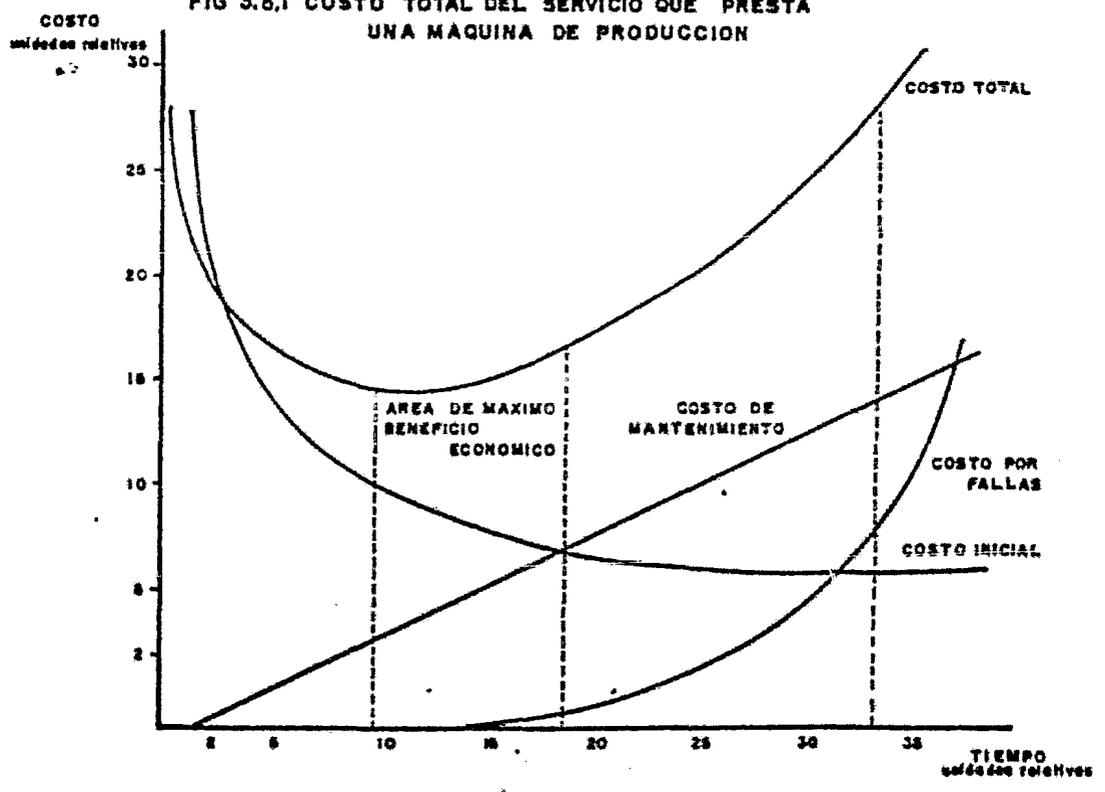


FIG 3.8.I COSTO TOTAL DEL SERVICIO QUE PRESTA UNA MAQUINA DE PRODUCCION



partes o refacciones que cada vez son mas costosas.

Al observar la curva del costo total, se comprueba que existe una zona en donde este es mínimo, por lo que, si es posible debe ser cambiada la maquinaria al comenzar a rebasar dicha zona, pero teniendo cuidado de garantizar el servicio en primer lugar y además considerando los nuevos gastos en general por las siguientes fuentes:

- a) La maquinaria o equipo mismos
- b) El ambiente circundante
- c) El personal que interviene en la operación y el mantenimiento.

Conforme se va desgastando el equipo, sus componentes van sufriendo desgastes o cambios en sus condiciones físicas que necesariamente propician un aumento en la frecuencia de fallas del servicio y, por lo tanto, se pierde el ingreso que origina la prestación del mismo, de tal manera que estos costos aumentan en forma sensible hasta prácticamente ser prohibitivos casi al final de la vida del equipo.

Las condiciones ambientales que se presentan en las instalaciones de las industrias de galvanoplastia son de carácter agresivo hacia los equipos, debido a la presencia de polvos abrasivos, humos, vapores corrosivos y humedad relativa elevada.

La maquinaria y equipo mismos utilizado en galvanoplastia, se vuelve una fuente importante de fallas, dependiendo de la calidad y propiedades eléctricas, mecánicas y electrónicas de sus partes, encontrándose mayores fallas en los equipos de rectificación de corriente.

Se debe hablar también del personal que interviene en las actividades productivas, como una fuente de fallas cuando sus habilidades manuales son de baja calidad, ya sea en las labores de operación ó mantenimiento, lo cual es muy frecuente debido al empleo de personal poco capacitado y especializado en las empresas medianas y pequeñas. La mano de obra de mantenimiento debe ser cuidadosamente considerada a fin de adecuarlas a las necesidades de la empresa. Los operadores de los equipos y maquinaria son causa directa de fallas pues son los que manejan directamente los equipos, de tal manera que si existe ignorancia en ellos de como operar correctamente el equipo, esta se traduce en fallas de los mismos.

Lo anterior hace pensar en el principio esencial del mantenimiento "Toda maquinaria debe ser intervenida lo menos posible". Esta aseveración conduce al punto de vista, de que los equipos o máquinas deben estar preferiblemente aislados del elemento humano, sobre los cuales el personal de mantenimiento hará sus programas de trabajo en base a las excepciones de intervención las cuales son:

- a) Hacer constantemente pruebas y verificaciones de la máquina en conjunto, desde el punto de vista del que la opera (o del que recibe la prestación del servicio).
- b) Hacer excepcionalmente pruebas y verificaciones sobre alguna parte de la maquinaria, cuando se tengan sospechas de fallas en dicha parte.
- c) Hacer excepcionalmente pruebas y verificaciones sobre el comportamiento de la maquinaria en conjunto o algunas de sus partes, para comprobar que esta trabaja aún en situaciones de compromiso (Tolerancia).

El más importante de los tres puntos es el primero, el cual da la pauta del mantenimiento preventivo, que consiste en establecer una serie de controles que permitan detectar el buen funcionamiento de la maquinaria y que esta no sobrepase los límites de tolerancia calculados previamente por el fabricante durante el diseño y protegidos por la garantía en condiciones adecuadas de operación.

Por lo tanto es necesario establecer políticas que determinen como debe actuarse en los casos más comunes de mantenimiento; después del establecimiento de éstas normas, se hace necesario sistematizar el trabajo de mantenimiento estableciendo procedimientos a fin de ejecutar este, en la forma más repetitiva posible, para así lograr un mejor rendimiento; se debe hacer hincapie en el punto de vista del mantenimiento con respecto al servicio, lo cual es de capital importancia para la planta.

3.8.1. Trabajos de mantenimiento preventivo detectados en las instalaciones.

La línea de cromado debe de mantenerse en operación continua durante las horas de labores, e indudablemente se tendrá que establecer un programa de inspecciones, pruebas y rutinas que permita tenerla en condiciones de operación; se deberán realizar inspecciones periódicas a los equipos que presentan mayor número de fallas, que son los rectificadores de corriente, los cuales son alimentados con corriente alterna y la convierten a directa. Estas fallas se presentan debido a que los componentes de estos equipos son delicados, al ambiente agresivo y al mal manejo por parte de los operarios.

La serie de trabajos que se deberán realizar en los equipos para proporcionar el mantenimiento preventivo, se encuentran relacionados en la tabla 3.8.1. donde se citan los mismos y las actividades diarias indicando sus prioridades, además de progra--

mar los trabajos semanales y mensuales que se deben desarrollar de manera sistemática. La tabla 3.8.2. presenta la secuencia que se debe de llevar a cabo para las soluciones de proceso.

3.8.2. Reemplazo de equipo

Las características de esta industria son tan especiales que propician el considerar al mantenimiento preventivo de mayor importancia que el reemplazo de equipo, debido a que los equipos limitantes de la capacidad son los rectificadores de corriente, los cuales van a estar diseñados para proporcionar solamente un cierto máximo de volts y amperes. Cuando se requieren recubrir artículos de mayor área, el equipo no será capaz de proporcionar la energía que se demanda, así mismo el equipo calculado para los requerimientos de las instalaciones será incapáz de proporcionar energía para dos tanques de proceso. Cuando se presente el caso de aumentar la capacidad, se deberá seleccionar un aparato que cubra las necesidades demandadas resultando el aparato anterior obsoleto; por consiguiente el problema se convierte en la determinación del intervalo óptimo de reemplazo, ya que al tener en operación un rectificador de corriente a su máxima capacidad, este es mas vulnerable a las fallas. El intervalo óptimo es posible calcularlo con los planes de producción de los cuales se visualiza un punto máximo de demanda.

Es evidente que el criterio de reemplazo de equipo, va a estar normado por las condiciones de obsolescencia tecnológica y económica; para dichas condiciones se describen sus generalidades para orientar los criterios de reemplazo de equipo en la empresa.

3.8.1.1. Reemplazo bajo condiciones de obsolescencia tecnológica y económica.

Es un hecho, que las mejoras tecnológicas pueden volver indeseable un equipo simplemente porque no pueden seguir compitiendo económicamente con los mas recientes adelantos. Por tanto es factible reemplazar un equipo que actualmente funciona bien en el sentido mecánico, por un equipo más reciente y más costoso. El análisis se simplifica suponiendo que la mejora se efectúa de manera creciente cada año. Cuando se desea que el equipo tenga una prolongada vida de servicio a causa del excesivo costo de reemplazo, puede ser apropiada la suposición de una continua mejora tecnológica, esto sucede cuando se decide aumentar la capacidad.

TABLA 3.8.1. PROGRAMAS DE INSPECCION, PRUEBAS Y RUTINAS PARA LOS EQUIPOS

EQUIPO	FRECUENCIA	DIARIA	FRECUENCIA	SEMANAL	FRECUENCIA	MENSUAL
RACKS	1	Limpieza y reparación según su estado.	1	Reparación general de los soportes de los tanques.	1	Fabricación según programas de producción.
	2	Fabricación según programas de producción.				
FILTROS	1	Carga y operación para la filtración de las tinas de níquel	1	Revisión de la bomba, sellos y cople.	1	Revisión de baleros, estado general y engrasado
	2	Limpieza interior y de sus elementos.	2	Revisión de empaques y sellos exteriores de los elementos filtrantes.		
TINAS			3	Revisión del motor		
			4	Revisión del sistema de arranque.		
					1	Revisión de su estado exterior revisando el ataque químico en las partes metálicas; el recubrimiento interior si existen puntos de oxidación o destrucción del recubrimiento; reparar o pintar las partes afectadas.
CALDERA	1	Limpieza de elementos filtrantes.	1	Limpieza de fluxes, revisión de electrodos y cables.	1	Limpieza del tanque de almacenamiento de combustible.
			2	Limpieza de bomba impulsora de combustible.	2	Limpieza del tanque de condensado.
			3	Comprobación de los manómetros.		
			4	Adición de desincrustante.		

TABLA 3.8.1. PROGRAMAS DE INSPECCION, PRUEBAS Y RUTINAS (CONTINUACION)

EQUIPO	PRIN- RIPAS	DIARIA	US- RIPAS	SEMANAL	US- RIPAS	MENSUAL
TUBERIAS			1	Revisión y reparación de zonas de oxidación		
			2	Revisión de las llaves de paso.		
PISOS Y DRENAJES	1	Limpieza general de pisos	1	Lavado de pisos y remoción de sustancias extrañas.	1	Desenzolvado de canaletas y drenajes.
ILUMINACION			1	Reemplazo de fusibles y lámparas defectuosas.		
ARTICULOS ELECTRICOS.					1	Revisión de cajas de control para remoción de sustancias extrañas.
					2	Revisión de los sistemas de arranque magnético.
MOTORES PULIDORES					1	Revisión de las cuerdas en las flechas.
PASILLOS METALICOS EN LA LINEA DE PROD					1	Revisión, reparación y cambio de elementos defectuosos.
BOMBAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO			1	Revisión de sellos, empaques conexiones y válvulas.		
CONTROLADORES ORP	1	Revisión de su correcto funcionamiento.				
DOSIFICADORES DE REACTIVO	1	Revisión de válvulas de admisión.				
	2	Revisión de los niveles de arranque y paro.				

TABLA 3.8.1. PROGRAMAS DE INSPECCION, PRUEBAS Y RUTINAS (CONTINUACION)

EQUIPO	FRECUENCIA	DIARIA	SEMANAL	SEMANTAL	MENSUAL	MENSUAL
<p>TANQUES DE REACTIVO</p> <p>RECTIFICADORES DE CORRIENTE</p>	<p>1</p> <p>2</p>	<p>Revisión de los arrancadores magnéticos.</p> <p>Limpieza de las barras de corriente rectificadas.</p>	<p>1</p>	<p>Revisión de la cantidad de corriente rectificada</p>	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p>	<p>Revisión y reparación en las zonas de oxidación.</p> <p>Limpieza general del equipo</p> <p>Revisión de los diodos</p> <p>Revisión de los fusibles</p> <p>Revisión del sistema de alimentación.</p>

Tabla 3.9.1. TRABAJOS PROGRAMADOS PARA LAS SEMANAS.

EQUIPO	FRECUENCIA	DIARIA	FRECUENCIA	SEMANAL	FRECUENCIA	MENSUAL
ACIDO ACTIVACION	1	Limpieza de los contactos, barras anódicas y catódicas.			1	Desecar la solución
	2	Adición de materia prima para reponer las pérdidas.			2	Lavar la tina interior y exteriormente.
	3	Adición de tensactivos.			3	Preparar la solución con la concentración original
	4	Extracción de piezas que se hayan caído a la solución durante el proceso.				
	5	Remoción de grasa sobre nadafente.				
COBRE ALCALINO	1	Limpieza de los contactos, barras anódicas y catódicas.	1	Medir los ánodos de cobre para determinar el consumo en una solución de cianuro de sodio al 20%.	1	Filtrar la solución de un tanque a otro.
	2	Adición de materia prima para reponer las pérdidas.	2	Reponer los ánodos que se van consumiendo para mantener en línea anódica suficiente.	2	Separar el cieno poniéndolo a otra tanque para su sedimentación.
	3	Extracción de piezas que se hayan caído a la solución durante el proceso.	3	Tomar muestra para analizarlo cuantitativamente.	3	Lavar la tina interior y exteriormente.
	4	Poner en su soportes los juegos de cobre.	4	Ajustar la materia prima faltante para alcanzar la concentración óptima de lazo a los reportes de laboratorio.	4	Revisión de serpentines, sobre los anódicos y catódicos.
SOLUCIONES DE DESENGRASE	1	Adición de materia prima para reponer las pérdidas.	1	Limpieza exterior de grasas acumuladas en las paredes del tanque.	1	Desecar la solución.
	2	Extracción de piezas que se hayan caído a la solución durante el proceso.			2	Lavar la tina interior y exteriormente.

TABLA 3.8.2. TRABAJOS PROGRAMADOS PARA LA MANTENCIÓN DE LA LÍNEA DE NIQUEL

EQUIPO	FRECUENCIA	DIARIA	SEMANAL	MENSUAL	
ENJUAGUES ALCALINOS	3	Limpieza de barras anódicas y catódicas.		Reponer la solución, con las cantidades originales.	
	1	Reposición de agua faltante.	1		Reponer la solución.
	2	Adición de tenso-activos para separar la grasa sobrenadante.	2		Lavar la tina de tenso-activos y agua.
ENJUAGUES ACIDOS	3	Extracción de piezas que se hayan caído al líquido durante el proceso.	3	Llenar la tina con agua limpia.	
	1	Reposición de agua faltante.	1	Reponer la solución.	
	2	Adición de tenso-activos para separar la grasa sobrenadante.	2	Lavar la tina de tenso-activos y agua.	
NIQUEL ELECTROLITICO	3	Extracción de piezas que se hayan caído al líquido durante el proceso.	3	Llenar la tina con agua limpia.	
	4	Filtración continua	4	Reponer los ánodos de níquel para mantener el nivel de níquel.	
	1	Limpieza de los contactos, barras anódicas y catódicas.	1	Filtración de la solución de un tanque a otro.	
	2	Adición de materia prima para reponer las pérdidas.	2	Lavado de bolsas de los ánodos.	
	5	Adición de agua para reponer las pérdidas por evaporación.	5	Lavado y pesado de los ánodos de níquel.	

TABLA 3.9.2. REAJUSTES PROGRAMADOS PARA LAS SOLUCIONES (CONTINUACION)

EQUIPO	FRIO RINOS	DIARIA	FRIO RINOS	SEMANAL	FRIO RINOS	MENSUAL
RECUPERADOR DE NIQUEL	1	Reposición del agua faltante usada en el proceso.	1	Acidificar el agua para sedi- mentar los sólidos.	1 2 3	1 Desechar la solución 2 lavar la tina interior y ex- teriormente. 3 llenar la tina con agua lim- pia
RECUPERADOR DE CROMO	1	Reposición del agua faltante usada en el proceso.			1 2 3	1 Desechar la solución 2 lavar la tina interior y exte- riormente. 3 llenar la tina con agua lim- pia.
ENJUAGUES DE CROMO	1	Reposición del agua faltante usada en el proceso.	2	1 Desechar la solución más cont- aminada. 2 lavar la tina interior y exte- rior.		
ENJUAGUE AGUA CALIENTE	1	Reposición del agua faltante usada en el proceso.	1	1 Desechar la solución cada ter- cer día. 2 lavar la tina interiormente.		

3.9 . SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

La seguridad industrial en las plantas maquiladoras es una faceta la cual no ha sido tomada en consideración con la importancia que requiere; es posible indicar que existe una estrecha relación entre la producción y la seguridad industrial, ya que al disminuir los tiempos muertos debido a los accidentes, se mantendrá la eficiencia en los niveles calculados para las instalaciones.

En esta clase de industrias son varios los factores que influyen adversamente en la implantación de algún sistema ó secuela de seguridad, entre los de mayor relevancia son: la falta de personal calificado, ya que un porcentaje muy elevado de los empleados, no posee conocimientos ó adiestramiento sobre el trabajo que va a desarrollar en las instalaciones; La promoción de puestos también afecta este aspecto, debido a la necesidad de utilizar personal recién ingresado, al cual no ha sido posible proporcionarle capacitación en su forma mas elemental; restricciones legales, tales como, encontrarse sujeta la fuente de personal a alguna agrupación sindical, la cual debe de proporcionar personal con conocimientos acerca de las labores que desempeñará en las instalaciones y normalmente proporciona personal con habilidades disímolas a las que se desarrollan en las instalaciones; hábitos y costumbres adquiridos a lo largo de los años al laborar en diferentes plantas; permisos temporales para retornar a su lugar de origen; fluctuaciones en el mercado, las cuales afectan el nivel de producción y el número de personal empleado.

Es necesario hacer hincapié que a esta industria se le imputan características riesgosas a la salud, la Secretaría de Salubridad y Asistencia la cataloga hasta con un riesgo de trabajo del orden del 40 %, el cuál está calculado sobre invalidez, vejez, cesantía y muerte. Esta secretaria ha orientado su atención

hacia los cromatos que se generan en la operación de cromado electrolítico, no debiendo olvidar aquellos metales que tienen la capacidad de unirse con células vivas, y ser acumulativos como es el caso del níquel y cadmio. En el proceso productivo se manejan substancias peligrosas, tales como: ácidos sulfúrico, clorhídrico, nítrico y fosfórico grado industrial, sosa cáustica, cianuro de sodio y petroquímicos. Además se tiene la fuente de energía y las instalaciones eléctricas para los equipos, los cuales requieren de atención especial. Por lo que respecta al departamento de pulido, es en este donde se registra el mayor número de accidentes en las instalaciones; los cuales son ocasionados por fallas de los operarios, haciéndose notar que estas personas han adquirido su especialidad con la experiencia.

Para las condiciones de operación y manejo de substancias peligrosas, se recomienda utilizar el equipo apropiado para laborar, a continuación se relacionan algunos equipos de seguridad personal.

- . Guantes de hule resistentes a las soluciones y productos químicos.
- . Mascarillas contra polvos y humos.
- . Anteojos de seguridad
- . Guantes y mandiles de cuero para los pulidores y a personas que manejan los materiales en la planta.
- . Botas y mandiles de hule
- . Regaderas con agua a presión antes y después del área de proceso.
- . Equipo de primeros auxilios
- . Camillas
- . Extinguidores útiles para toda clase de fuego

- . Extractores con objeto de eliminar los vapores nocivos a la salud en los tanques de proceso y en el departamento de pu lido para los polvos.
- . Constante mantenimiento al equipo eléctrico y mecánico.
- . Proporcionar ropa de trabajo apropiada a los operarios.

3.10. CONTAMINACION AMBIENTAL CAUSADA POR LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LAS INSTALACIONES DE LA FABRICA.

La industria de galvanoplastia utiliza en sus procesos ciertas mate rias primas, las cuales por su naturaleza y composición originan - una serie de subproductos y residuos que presentan características contaminantes. El agua residual generada por este tipo de actividad, posee algunos o la totalidad de las sustancias y subproductos generados por el empleo de las materias primas.

Estos contaminantes están registrados en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, en el cuál se señalan los parametros y las concentraciones máximas permisibles con las -- cuales se permite su descarga en el efluente de las instalaciones.

Existen 5 parámetros generales para toda industria que genera aguas residuales y una clasificación especial para sustancias tóxicas. - En el caso de este estudio, se aplican estas limitaciones, las cuales por ley se deben de observar.

La generación de contaminación en la planta de cromado presenta 4 fuentes principales de aguas residuales inherentes al proceso, las cuales se presentan a continuación:

Fuentes generatrices de agua residual:

- a) Acabados orgánicos
- b) Desengrases
- c) Depósitos metálicos y anodizados
- d) Recubrimiento de conversión

Cada división posee sus desechos característicos los cuales se -- agrupan según su naturaleza, la cual puede ser:

- . Ácidos
- . Alcalinos
- . Alcalino-cianurados

Una forma de limitar la emisión de contaminación estriba en el manejo adecuado y cuidadoso de las materias primas del proceso o procesos que puedan producir sustancias indeseables. El volúmen - de agua que se emplea también debe de ser el mínimo para que en un volumen reducido de agua, exista una mayor concentración de contaminantes.

Los máximos permisibles de los contaminantes en las descargas in--dustriales (22) se presentan en la tabla 3.10.

TABLA 3.10.

Parámetro	Valor máximo permisible
I. Sólidos sedimentables	1.0 ml/l
II. Grasas y Aceites	70 mg/l
III. Temperatura	35° C
IV. pH	4.5 - 10.0
V. Sustancias tóxicas:	
Cadmio	0.01 mg/l
Cobre	0.1 mg/l
Cromo hexavalente	0.1 mg/l
Plomo	0.1 mg/l
Cianuros	0.02 mg/l
Detergentes (SAAM)	3.0 mg/l
Níquel	0.1 mg/l
Zinc	10.0 mg/l
Sulfuros	5.0 mg/l

(22) Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas.

Esta tabla engloba los contaminantes esperados en la descarga de las instalaciones.

Como se señaló en el inciso 3.1 se plantea construir un sistema especial de separación de las aguas residuales generadas durante el proceso para su posterior tratamiento. Dichas zonas están diseñadas para separar el agua residual según su naturaleza, en la figura 3.10.1 se muestra en forma esquemática la distribución de las áreas. Las áreas se clasificaron de la siguiente manera:

<u>Area</u>	<u>Agua residual que recibe</u>
A	Agua conteniendo cromatos
B	Agua ligeramente acidificada con sales de níquel.
C	Agua conteniendo residuos alcalinocianurados.
D	Agua acidificada con Acidos minerales.
E	Agua con características alcalinas.

Para cada fuente contaminante en las instalaciones se indican sus desechos líquidos más probables en la tabla 3.10.1 y las formas alternativas de tratamiento:

Después de describir someramente los métodos de tratamiento para cada parámetro, se desglosará en detalle el sistema de tratamiento para cada corriente. En la figura 3.10.2 se muestra en forma general la conducción hacia el sistema de tratamiento de las aguas residuales según su naturaleza.

TABLA 3.10.1

Sólidos Sedimentables

FUENTE	IMPUREZA	TRATAMIENTO
A -	Hidróxido metálicos	Sedimentación δ
A,C,	Partículas metálicas	
	Residuos de pulido	
C -	Lodos de origen ácido	Filtración
A -	Lodos de origen alcalino	

Grasas y Aceites

FUENTE	IMPUREZA	TRATAMIENTO
A -	Desengrase bifásico	Separador. de grasas por diferencia de - niveles
	Residuos de pulido	
	Solventes clorinados	

Temperatura

FUENTE	IMPUREZA	TRATAMIENTO
A, C	Enjuagues	Enfriamiento

pH

FUENTE	DESECHOS	IMPUREZA	TRATAMIENTO
E	Alcalinos	Causticos	Neutralización
E		Carbonatos	
E		Silicatos	
E		Fosfatos	
E		Cianuros	
D	Acidos	HCl	Neutralización
D		H ₂ SO ₄	
D		HF	
D		H ₃ PO ₄	
D		H ₂ CO ₃	
D		HNO ₃	

Substancias tóxicas:

FUENTE	IMPUREZA	TRATAMIENTO
A	Cadmio	Precipitación
C	Cobre	Precipitación
A	Cromo Hexavalente	Reducción y Precipitación
A	Plomo	Precipitación
E	Cianuros	Destrucción por oxidación
E	Detergentes	Neutralización
B	Níquel	Precipitación
B	Zinc	Precipitación
D	Sulfuros	Destrucción
D,E	Fierro	Precipitación

A continuación se detalla la forma de controlar las emisiones de cada contaminante:

3.10.1. Sólidos Sedimentables

Las partículas metálicas y sólidos sedimentables que existen en las corrientes de agua residual se controlan fácilmente por medio de un sistema de sedimentación primaria. Los lodos formados en el proceso de tratamiento tal vez necesiten atención especial; estos están formados principalmente de precipitados químicos, y consisten en abundantes óxidos, hidróxidos y sales metálicas de los tanques de ácido para decapar, tanques de níquel, cobre, zinc, -- cadmio y los baños cianurados.

Los hidróxidos metálicos referidos existen en diferentes grados de hidratación, siendo voluminosos y dificultándose su manejo cuando son recién formados, tendiendo a decrecer un 75-80 % en volumen cuando se han deshidratado.

Al añadir agentes de floculación que aceleran el tiempo de asentamiento, se reduce el volumen de los hidróxidos lográndose formar un lodo comprimido; tales sustancias son compuestos orgánicos de alto peso molecular. El asentamiento de los lodos se llevará a cabo en tanques hechos ex-profeso y el sedimento es removido en el lugar y en un tiempo apropiado; algunas veces es un material compacto favorable al manejo pero otras veces el sedimento obtenido está todavía muy hidratado, siendo llevado a una base secadora para acelerar su deshidratación.

3.10.2. Grasas y Aceites

Muy a menudo cantidades considerables de grasas y aceites terminan en el sistema de alcantarillado apareciendo como una espuma; este contaminante es fácil de controlar, puesto que su separación es posible por medio de un tanque de dos niveles, el cual permite removerlo de la corriente principal.

3.10.3. Temperatura

En las plantas de galvanoplastia, los procesos productivos operan con temperaturas diferentes a la ambiental. Este parámetro es fácilmente controlable pues existe un número mayor de enjuagues con temperatura ambiente, que los que se encuentran a temperaturas elevadas. Cuando se mezclan los desechos líquidos, la diferencia de temperaturas y volúmenes hace que el parámetro de temperatura en el efluente se sitúe abajo del límite máximo previsto en el Reglamento.

3.10.4. pH

Los desechos ácidos y los alcalinos son usualmente conducidos por separado, para evitar la generación del ácido cianhídrico el cual es tóxico, además de otras razones. La separación de los desechos ácidos y alcalinos con características tóxicas, de los no tóxicos representa la generación de 4 corrientes de agua residual de caracteres disímboles, las cuales aumentan las dimensiones de la planta de tratamiento de agua considerablemente. Los desechos deben ser controlados hasta los valores que señala el Reglamento; normalmente se usan reactivos alcalinos para la resultante de las corrientes ácidas y ácido sulfúrico para la resultante de las corrientes alcalinas.

3.10.5. Sustancias tóxicas

Esta denominación contempla las siguientes sustancias:

a) Cianuros simples y complejos:

El proceso de eliminación se basa en la destrucción de los cianuros por medio de agentes oxidantes. Existen 5 métodos de eliminación que son usados generalmente, los cuales se señalan en la tabla 3.10.5.1.

La oxidación por medio de hipoclorito alcalino o cloro gaseoso es el proceso generalmente aceptado; dicha oxidación puede ser llevada únicamente a cianato o bien hasta bióxido de carbono y nitrógeno, dependiendo de las necesidades en la purificación.

El ozono también es un reactivo apropiado para la oxidación y los productos finales, que se obtienen son esencialmente cianatos; estudios económicos comparativos entre estos procesos han demostrado que existe un mayor costo comparado con el de cloración, aunque este tiene la desventaja de incrementar el ión cloro en los efluentes.

TABLA 3.10.5.1. DESTRUCCION DE CIANUROS

Reactivo	P R O D U C T O
• Cl ₂ ó CLO	Para llegar a CO ₂ y N ₂ con pH 8.5 (8.0 kg de Cl ₂ reaccionan con 1 kg de cianuros y 7.3 kg de NaOH.
• O ₃	1.5 kg de O ₃ reacciona con 1 kg de Cianuro
• Volatización	La solución debe tener un pH 4.0 e inyectar aire comprimido.
• Fe SO ₄ · 6 H ₂ O	Se utiliza para soluciones concentradas de -- cianuros.
• Electrofítico	Para soluciones concentradas de cianuros.

b) Cromatos (Cr⁺⁶, Cr⁺³).

El ión cromato puede ser reducido a ión crómico por medio de varios métodos; los cuales se indican en la tabla 3.10.5.2.

TABLA 3.10.5.2. OXIDACION DE CROMATOS

Reactivo	P R O D U C T O
• SO ₂	A un pH = 3.0 se tiene que: 1.0 kg de SO ₂ reac ciona con 1 kg de Cr O ₃
• NaHSO ₃ a un pH=3	Ca(OH) ₂ a un pH=8.0/1kgCrO ₃
Fe SO ₄ · 6 H ₂ O	8.5 kg FeSO ₄ · 6 H ₂ O/ 1kgCrO ₃
• Gases de Combustión.	Como SO ₂ burbujeando en la solución

Los métodos más empleados son los 2 primeros, aunque estos aumentan el problema de los sedimentos que se deben manejar como sólidos sedimentados.

A continuación se considera la construcción de la planta de tratamiento de agua, paralela a la de proceso utilizando las características de construcción hechas ex-profeso para separar las corrientes contaminadas y tratarlas según su naturaleza.

Una vez descritas las generalidades del sistema se señalarán las operaciones necesarias para tratar cada corriente.

3.10.6. Tratamiento de las corrientes generadas en las instalaciones.

Las necesidades actuales de producción para la planta hacen que - las operaciones de electrodepósito sean realizadas en forma intermitente, lo cual redundará en la planeación del sistema de tratamiento el cual se llevará a cabo en forma intermitente.

3.10.6.1. Tratamiento para la corriente A

Una vez que los desechos de ácido crómico provenientes de los enjuagues posteriores a la operación de cromado son colectados, se confinan en un tanque con el volumen apropiado, debiéndose contar con dos unidades para alternarlas para las operaciones de almacenamiento y tratamiento.

Es recomendable poseer un tercer tanque de almacenamiento el cual contenga soluciones concentradas, el cual servirá para alimentar - gradualmente a los de tratamiento de los desechos diluidos; además de que en ambos casos puede considerarse como recipiente de emergencia para dar mantenimiento a los otros dos. Una vez que el tan

que de tratamiento en operación se llena, la bomba de recirculación se pone en marcha, enseguida se alimenta de ácido sulfúrico o clorhídrico concentrado como reactivo hasta alcanzar un valor de un pH de 3.0. Una muestra de la solución se analiza para determinar la cantidad de cromo hexavalente presente y establecer la alimentación necesaria de bisulfito de sodio, para lo cual puede recurrirse a un análisis colorimétrico comparativo.

Determinado lo anterior, el bisulfito de sodio se bombea hasta -- completar la reacción de reducción que se comprueba con determinaciones periódicas.

Posteriormente, se neutraliza la solución con hidróxido de calcio, el cual se administra por medio de otra bomba hasta alcanzar un pH de 8.0. En tal valor se precipita el cromo trivalente; con lo cual se procede a descargar todo el volumen tratado en el sedimentador y de aquí una vez sedimentado se descarga el líquido clarificado en el alcantarillado.

Para este sistema se utiliza un potenciómetro y un control ORP (Controlador potenciométrico de oxido-reducción). El potenciómetro -- arrancará la bomba de alimentación de ácido hasta alcanzar y mantener un pH de 3.0; en cuyo punto se arrancará la bomba de alimentación del metabisulfito de sodio. La realización de la reacción de reducción es controlada por el control ORP que al detectar el punto final detiene el motor de la bomba alimentadora del metabisulfito de sodio y simultáneamente conecta el interruptor de la bomba del alcalí hasta que logre alcanzar un pH de 8.0. Con el cromo trivalente precipitado se puede proceder a la descarga del agua tratada en el alcantarillado. El esquema de dicho tratamiento se presenta en la Figura 3.10.6.1.

3.10.6.2. Tratamiento para las corrientes C y E.

Los desechos cianurados diluïdos procedentes de los enjuagues correspondientes a soluciones cianuradas y todas aquellas que contienen cianuros son conducidas a un tanque de tratamiento equipado con baffles deflectores, un potenci6metro y un controlador ORP. La capacidad de este tanque normalmente es de un turno de operaci6n por lo que se requiere de un tanque extra, para tenerlo en reserva. Durante todos los pasos del tratamiento, el contenido del tanque es agitado vigorosamente en forma contïnua para producir una rãpida homogenizaci6n y acelerar la velocidad de las reacciones que se pretenden inducir.

El tratamiento consiste bãsicamente en una elevaci6n del pH por la adici6n de sosa cãustica, 6 alguna otra sustancia alcalina seguida de la adici6n simultãnea de cloro o hipoclorito de sodio; - despu6s del tratamiento el contenido del tanque se descarga hacia un sedimentador, para la posterior disposici6n del agua tratada.

Con el sistema de instrumentaci6n se logra la operaci6n semiautomãtica debido a que el potenci6metro arranca la bomba de alimentaci6n de sosa cãustica, que es suministrada hasta alcanzar un pH de 10.5, manteni6ndose una circulaci6n y agitaci6n de los desechos. Cuando el pH se ha ajustado, el mismo potenci6metro arranca la bomba del hipoclorito de sodio, el cual es alimentado a la velocidad de flujo deseada.

Al mismo tiempo y en base a un control de ajuste proporcional, la bomba de alimentaci6n de sosa cãustica continúa alimentando reactivo para mantener el pH a 10.5 durante la reacci6n. El controlador de pH se encuentra equipado como protecci6n a un lïmite bajo, con alarma e interconectado con la bomba de alimentaci6n del hipoclorito de sodio para detenerla si el pH se abate.

El progreso de la cloración es continuo e indicado por el controlador graficador ORP; cuando este instrumento indica que el punto final de la reacción está alcanzándose, suprime la alimentación por medio de la bomba de hipoclorito de sodio, indicando esta detención. La solución continúa recirculándose y después de un tiempo el controlador ORP fijará si la reacción es completa o se llevan a cabo los ajustes necesarios. La figura 3.10.6.2. ilustra el arreglo del equipo necesario para el tratamiento de la corriente B y D.

3.10.6.3. Tratamiento de las corrientes B y D

Dependiendo de las fluctuaciones en la composición del afluente, las características de la curva de titulación, y del pH deseado en el afluente, deberá ser diseñado el sistema de neutralización para uno ó varios pasos.

Para aguas residuales altamente acidificadas, se recomienda un mínimo de dos pasos por estación de neutralización considerándose como apropiado; la primera para elevar el pH a valores entre 3.0 y 3.5 el segundo para elevarlo al valor deseado en el efluente.

El neutralizar corrientes ácidas en dos pasos asegura un buen control, es decir; el primer paso para realizar una neutralización masiva y el segundo para un ajuste fino.

Para esta operación es necesario contar con dos tanques de reacción, los cuales trabajarán alternados; la capacidad de este tanque normalmente es tal, que reciba el volumen correspondiente a un turno de operación, además de que se requiere de un tanque extra, para tenerlo de reserva. Durante los pasos del tratamiento, el contenido del tanque es agitado vigorosamente en forma continua, para producir una homogeneización rápida y acelerar la velocidad de las reacciones. Los tanques están equipados con baffles deflectores, un potenciómetro y un controlador ORP.

Con el sistema de instrumentación se logra la operación semiautomática porque el potenciómetro señala el carácter ácido ó alcalino de la solución para tratar. Dependiendo del valor cuantitativo del pH se deberá operar la bomba que suministra el ácido sulfúrico o la que administra la solución de sosa cáustica. Cuando se ajusta el pH deseado se suspende la adición de reactivo, manteniéndose la agitación hasta que se estabiliza el pH para tener una resultante, ajustándose por medio de un control de ajuste proporcional para suministrar el reactivo que haga falta. La solución continúa agitándose y después de un cierto tiempo, el controlador ORP fijará si la reacción es completa o se hacen los ajustes necesarios. Una vez hecha la neutralización, el contenido se pasa al sedimentador, para su posterior disposición del agua tratada.

La figura 3.10.6.3. ilustra la forma de tratamiento de la corriente ácida.

La figura 3.10.6.4. ilustra las operaciones unitarias que requieren las diferentes corrientes para su tratamiento, así como las substancias contaminantes que se esperan contengan los desechos.

La figura 3.10.6.5. muestra de manera esquemática el arreglo de los sistemas de tratamiento.

Fig. 3.10 .1 DISTRIBUCION AREAS PARA SEPARAR LAS CORRIENTES DE AGUAS RESIDUALES

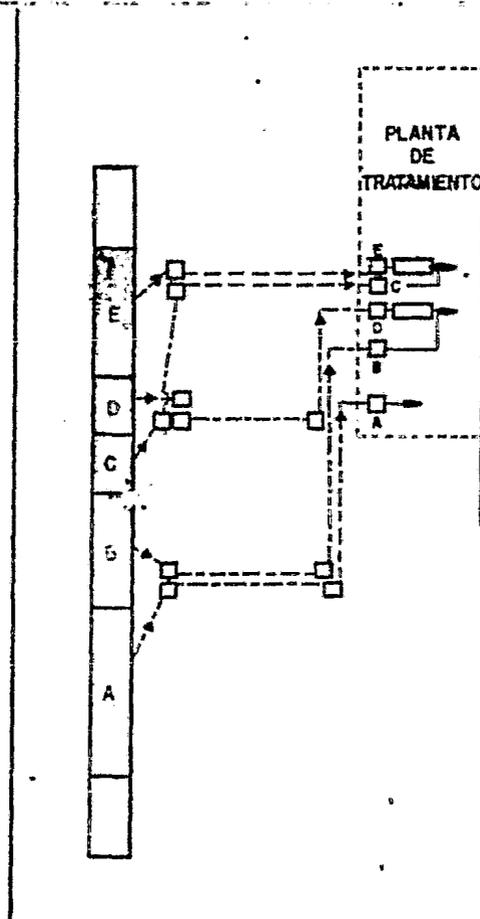
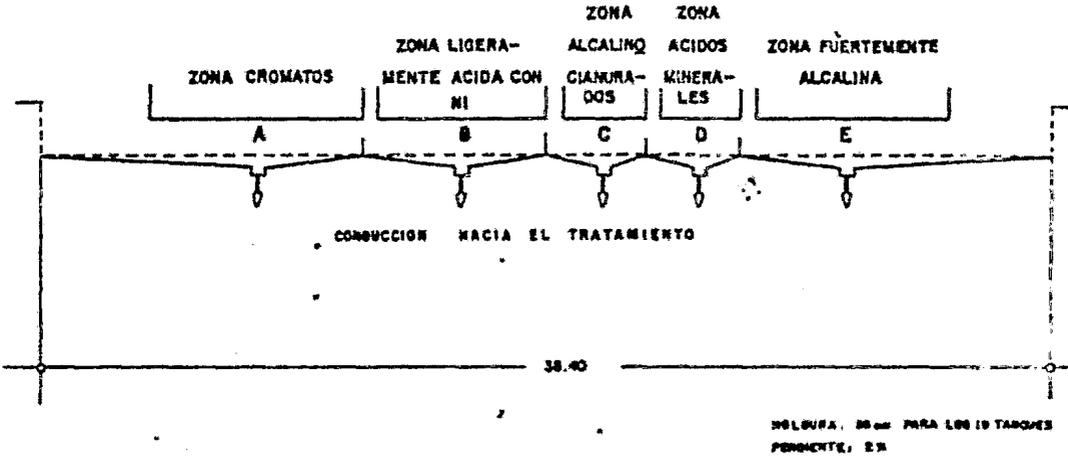


Fig. 3.10.2 CONDUCCION DE LAS AGUAS RESIDUALES HACIA SU TRATAMIENTO

FIG. 3.10.6.1 TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE A

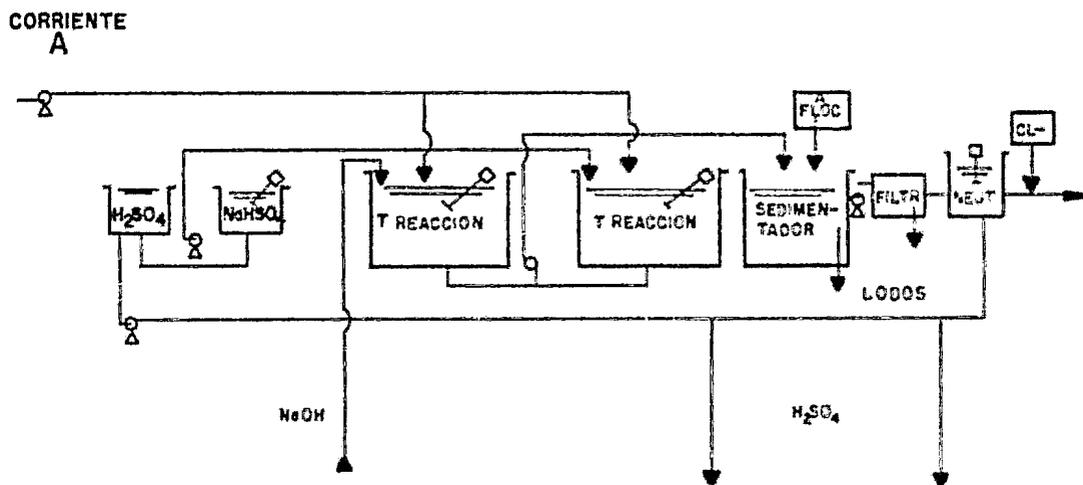


FIG. 3.10.6.3 TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE D y B

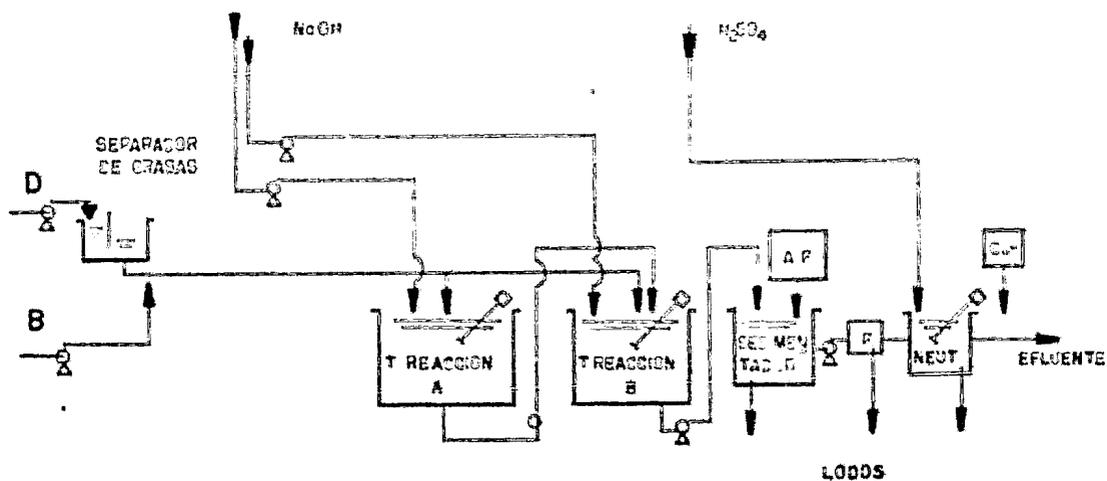


Fig. 3.10.6.2 TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE E y C

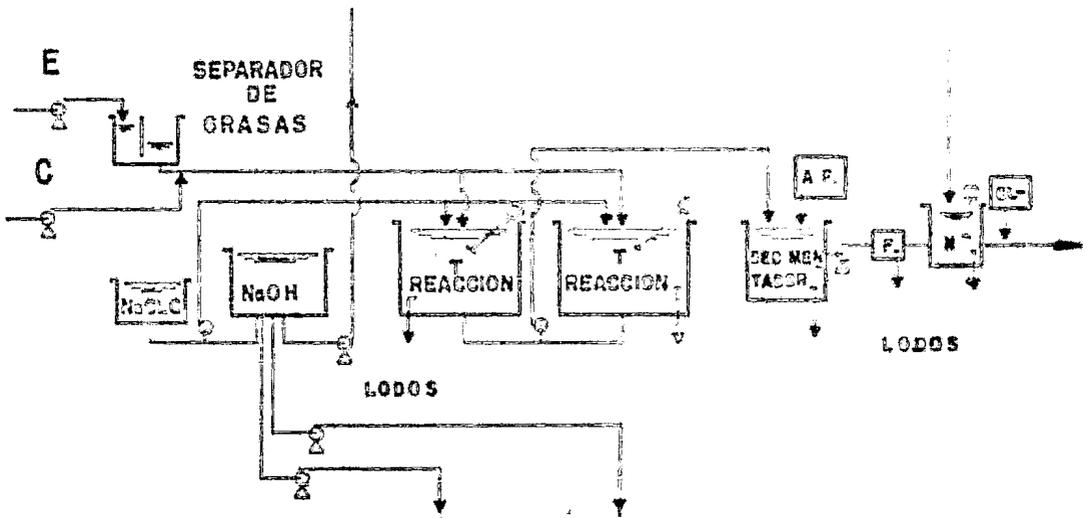
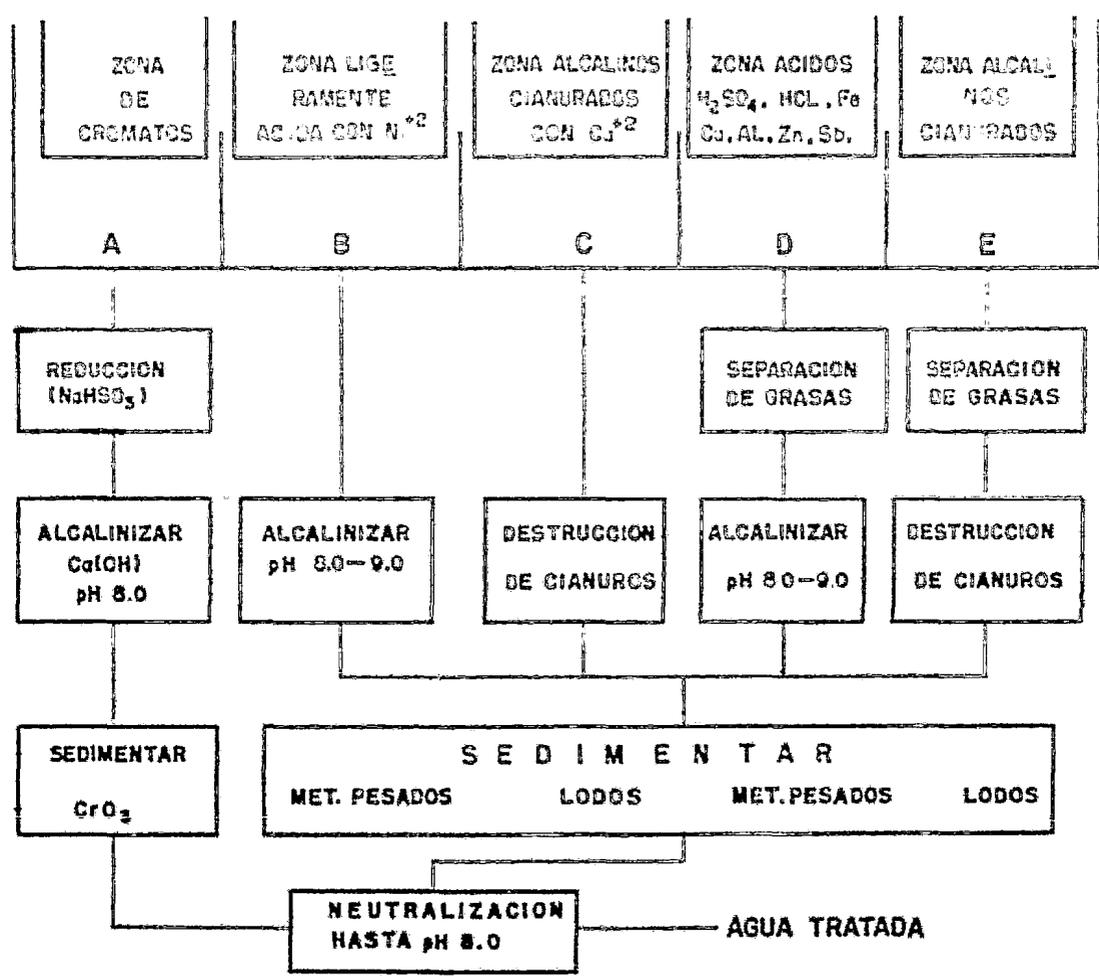


Fig. 3.10.6.4 ESQUEMA DE LA SECUENCIA DE PROCESO NECESARIA :



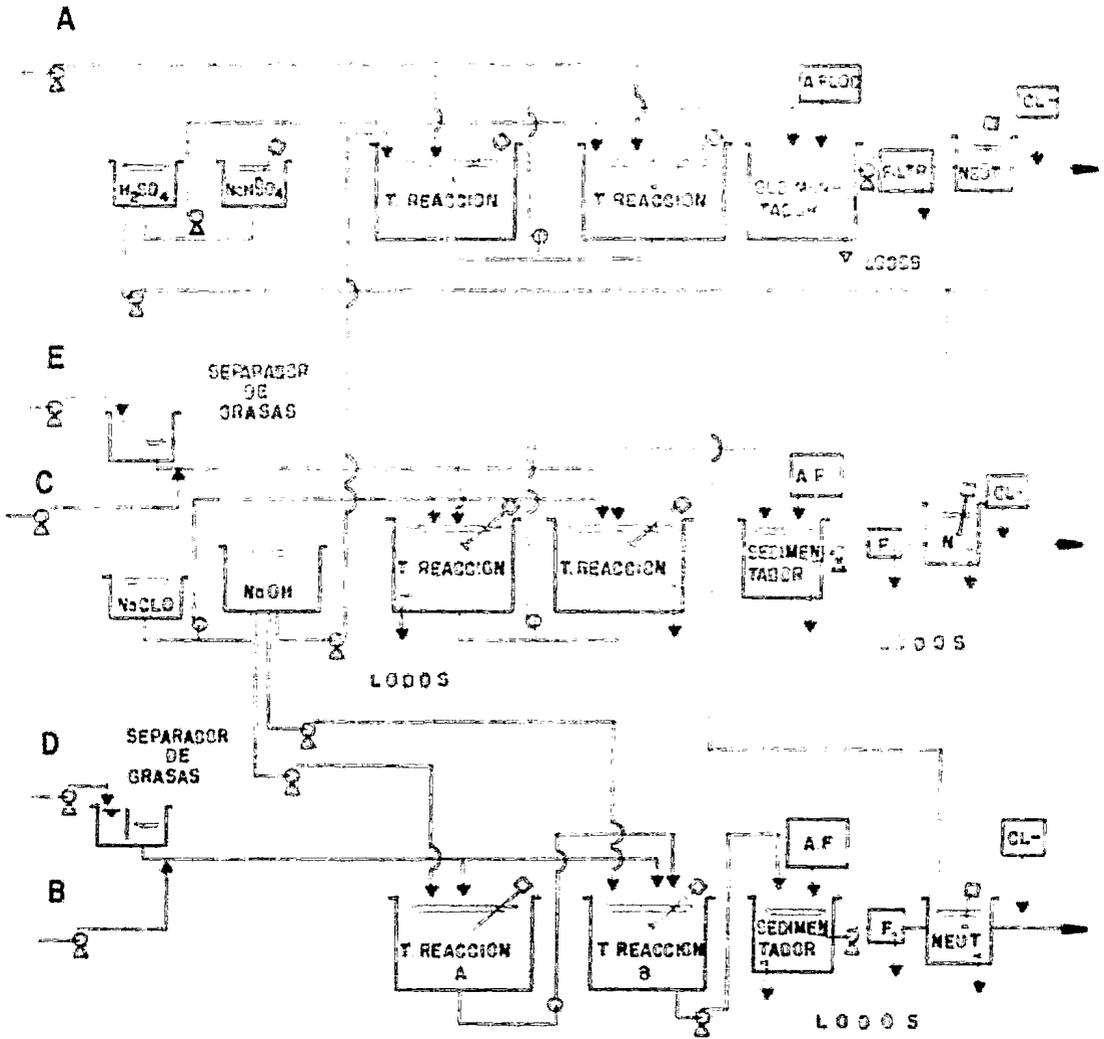


Fig.3.10.6.5 SECUENCIA DE TRATAMIENTO PARA LAS DESCARGAS EN LAS INSTALACIONES

C A P I T U L O I V

CONCLUSIONES

- 1° En nuestro país no existen sistemas adecuados para la clasificación de industrias según su tamaño.
- 2° La pequeña industria tiene problemas para obtener financiamiento derivado de la carencia de garantías que la banca exige para obtención de créditos y los problemas de liquidez que presenta este tipo de industrias. Existe un desconocimiento por parte del pequeño industrial acerca de las fuentes de financiamiento oficial como FOMIN, FONEI, FOGAIN, etc.
- 3° La pequeña y mediana industria de galvanoplastia ocupa un 82 % de obreros y operarios y 18 % de técnicos y administradores, lo que explica la ineficiencia en este tipo de industria.
- 4° La capacidad instalada en la pequeña industria presenta un alto grado de capacidad ociosa, lo que implica altos costos unitarios.
- 5° En el momento actual, en virtud de la falta de divisas, las pequeñas industrias de galvanoplastia afrontan problemas graves en cuanto a suministros de materia prima, como por ejemplo, el níquel metálico y los constituyentes de los abrillantadores - que son de importación y los cuales son una parte importante - del proceso.
- 6° La rotación que existe en este tipo de industrias es alta en -- virtud de que el personal obrero que la integra proviene de la agricultura y las necesidades económicas le obligan a aceptar cualquier trabajo lo que redunda en una baja capacitación, gusto por el trabajo y propicia los accidentes en el mismo lo que conduce a no contar con personal especializado lo que a su vez genera problemas de retraso en la producción y baja calidad de producto terminado.

7° La planeación agregada constituye una metodología apropiada para este tipo de industrias, ya que permite pronosticar la oferta y la demanda de productos y con base en ella programar la producción, lo que lleva implícito un uso más eficiente de los recursos ya que desde el punto de vista financiero se reduce la inversión poco rentable (inventarios); permite el establecimiento de políticas apropiadas de distribución y comercialización, así como de recuperación de cuentas por cobrar, lo que permite resolver el problema de liquidez.

Desde el punto de vista del personal, permite el estabilizar la contratación y despido, lo que reduce los costos por concepto de mano de obra extra.

C A P I T U L O V

DISCUSION

Como se ha visto a lo largo del presente trabajo, la pequeña industria de galvanoplastia en nuestro país, al igual que la pequeña industria en otras ramas industriales presenta una problemática semejante que la hace muy vulnerable al impacto de la crisis que vive nuestro país a pesar de que constituye una parte importante desde el punto de vista económico de la rama industrial.

Para el tipo de industrias objeto de este trabajo el campo para investigar es muy amplio, ya que afronta otros problemas además de los mencionados, entre los que se pueden citar: la falta de eficiencia para obtener insumos por razón de su tamaño, la falta de apoyo para el desarrollo de tecnología propia, la falta de articulación de este tipo de industria como maquiladora o productora integrada de con la gran industria ya que los estudios realizados en este sentido más que constituir una solución a los problemas de esta industria en nuestro país son adaptaciones de soluciones a problemáticas diferentes.

Sería motivo de investigación el tratar de determinar las causas por las que se da una baja utilización de los fondos gubernamentales destinados a apoyar esta industria.

ANEXO A

Estimación de la capacidad

La capacidad productiva de la planta, está limitada por el número de artículos que se pueden procesar en los tanques de niquelado, debido al mayor tiempo de residencia que se requiere para proporcionar el espesor de la capa debido y la calidad de depósito que se requiere.

En la línea de cromado, se procesan los artículos en siete tipos de soportes diferentes, los cuales van a ser soportados en las barras que conducen la corriente catódica.

Se propuso el empleo de dos tanques de níquel con un ancho de - - 1.22 mts. debido a la necesidad de procesar de manera simultánea 8 soportes en cada tanque (6 2 barras catódicas). Con este arreglo se posee una capacidad, la cual se calcula a continuación. - Al obtener el número de barras que se pueden procesar en la línea de cromado se tendrá la capacidad productiva de las instalaciones.

- a) Artículos Tipo A, los cuales se procesan en el mismo tipo de soportes y comprenden las siguientes piezas: horquillas de $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$ y 3 pulgadas; rodajas esféricas de $1\frac{1}{2}$ y 2" pulgadas y las rodajas cilíndricas de $1\frac{1}{2}$ y 2 pulgadas (8).
- b) La literal B, agrupa a las horquillas de 4 y 5 pulgadas.
- c) La literal C, considera el tubo de $1\frac{3}{4}$ " x 15 cm.
- d) La literal D, incluye las aletas de 2" x $\frac{3}{4}$ " x 25 cm.
- e) La literal E, representa las aletas de 2" x $\frac{3}{4}$ " x 40 cm.
- f) La literal F, es para el tubo de 4" x 60 cm.
- g) La literal G, representa los tubos de 1" x 69 y 70 cm.

Los artículos tipo A, se procesan en soportes, específicos; cuya capacidad es de 32 horquillas cada uno, y los tanques de níquelado son capaces de procesar dos barras catódicas las cuales acomodan 4 soportes a la vez, con ayuda del siguiente análisis, se obtiene la capacidad del sistema:

Los planes de producción se han evaluado y se espera llegar hasta una producción de 86.400 horquillas, la que se divide de la siguiente manera:

Producción de horquillas programadas mensuales.

Horquilla	de	1½"	8640
Horquilla	de	2 "	8640
Horquilla	de	2½"	8640
Horquilla	de	3 "	8640
Horquilla	de	4 "	8640
Horquilla	de	5 "	8640
Esfera	de	1½"	8640
Esfera	de	2 "	8640
Cilíndrica	de	1½"	8640
Cilíndrica	de	2 "	8640

86,400 Pzas.

A partir de esta demanda máxima, es posible calcular el número de barras que se deberán procesar para satisfacerla.

a) Artículos tipo A:

Los 8 modelos incluidos con esta denominación se procesan en soportes de 32 piezas de capacidad, por lo que al realizar el cálculo se tiene:

8 modelos x 8640 = 69120 horquillas, las cuales al dividir las entre el número de piezas por soporte, se tiene:

$$69120 \text{ horquillas} \times \frac{1 \text{ soporte}}{32 \text{ horquillas}} = 2160 \text{ soportes}$$

Estos soportes se acomodan en las barras catódicas en número de hasta 4 unidades, de donde se tiene:

$$2,160 \text{ soportes} \times \frac{1 \text{ barra}}{4 \text{ soportes}} = 540 \text{ barras}$$

b) Artículos tipo B:

Estos artículos son las horquillas de 4 y 5 pulgadas, las cuales se procesan en el mismo tipo de soportes, la demanda máxima es de 17,280 artículos, los cuales se pueden procesar en soportes de 12 horquillas de capacidad, por lo que la capacidad se estima de la siguiente forma:

2 modelos x 8640 piezas = 17,280 horquillas, las cuales se procesan en soportes de 12 piezas de capacidad, de donde:

$$17,280 \text{ horquillas} \times \frac{1 \text{ soporte}}{12 \text{ horquillas}} = 1440 \text{ soportes}$$

Estos soportes se procesan en la línea de cromado acomodando 5 soportes en cada barra, donde se tiene:

$$1440 \text{ soportes} \times \frac{1 \text{ barra}}{5 \text{ soportes}} = 288 \text{ barras}$$

c) Artículo tipo C:

Este artículo es procesado en soportes de 8 piezas de capacidad y la demanda que se tiene es de 2170 tubos de 1 3/4" x 15 cm; la cantidad de barras requeridas será el siguiente:

$$2170 \text{ tubos de } 1\frac{3}{4}'' \times 15 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ soporte}}{8 \text{ tubos}} = 271 \text{ soportes}$$

Este tipo de material se procesa en las barras catódicas en número de 4 soportes, obteniéndose un total de:

$$271 \text{ soportes} \times \frac{1 \text{ barra}}{4 \text{ soportes}} = 67,75 \approx 68 \text{ barras}$$

d) Artículo tipo D:

Este artículo es la aleta de 2" x 3/4" x 25 cm, la cual se procesa en un soporte especial, el cual tiene una capacidad de 8 aletas, y la demanda por procesar es de 8,640 piezas.

La cantidad de barras requeridas será:

$$8,640 \text{ aletas de } 2" \times 3/4" \times 25 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ soporte}}{8 \text{ aletas}} = 1,080 \text{ soportes}$$

Estas piezas se procesan en barras catódicas cuya capacidad es de 3 soportes, con lo cual se obtiene el número de barras:

$$1,080 \text{ soportes} \times \frac{1 \text{ barra}}{3 \text{ soportes}} = 360 \text{ barras}$$

e) Artículo tipo E:

Este artículo es la aleta de 2" 3/4" x 40 cm, las cuales se procesan en soportes de 4 piezas de capacidad; la cantidad requerida es de 1600 aletas, por lo que la capacidad productiva será:

$$1600 \text{ aletas de } 2" \times 3/4" \times 40 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ soporte}}{4 \text{ aletas}} = 400 \text{ soportes}$$

Estos soportes se procesan en la línea de cromado lográndose acomodar 3 soportes en cada barra catódica, por lo que el número de barras será:

$$400 \text{ soportes} \times \frac{1 \text{ barra}}{3 \text{ soportes}} = 133 \text{ barras}$$

f) Artículo tipo F

Este artículo es el tubo de 4" x 60 cm, el cual se procesa en soportes, los cuales tienen una capacidad de 5 tubos, la demanda es de 400 tubos; el número de soportes se determina de la siguiente manera:

$$400 \text{ tubos de } 4" \times 60 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ soporte}}{5 \text{ tubos}} = 80 \text{ soportes}$$

Estos soportes se acomodan en las barras catódicas en número de 2 piezas, de donde se calcula el número de barras que se necesita.

$$80 \text{ soportes} \times \frac{1 \text{ barra}}{2 \text{ soportes}} = 40 \text{ barras}$$

g) Artículos tipo G

Estos artículos son los tubos de 1" x 69 y 70 cm, los cuales se procesan en los mismos tipos de soportes, la demanda de los mismos es de 12,000 piezas, las cuales se procesan en soportes con capacidad de 8 piezas cada uno por lo que la capacidad se estima de la siguiente manera:

$$12,000 \text{ tubos de } 1" \times 69 \text{ y } 70 \text{ cm} \times \frac{1 \text{ soporte}}{8 \text{ piezas}} = 1,500 \text{ soportes}$$

Estos soportes se procesan en número de dos unidades en cada barra catódica, por lo que el valor numérico es el siguiente:

$$1500 \text{ soportes} \times \frac{1 \text{ barra}}{2 \text{ soportes}} = 750 \text{ barras}$$

La capacidad teórica de la planta está dada por las dimensiones de las tinas de níquel, las cuales pueden procesar 2 barras catódicas cada 22 minutos; por tanto la capacidad teórica se calcula de la siguiente forma:

minutos trabajados por turno = 7,5 h x 60 min=450 min/turno

$$450 \frac{\text{minutos}}{\text{turno}} \times \frac{1 \text{ barra catódica}}{11 \text{ minutos}} = 40,8 \approx 41 \text{ barras/turno}$$

Al calcular el número de barras al mes, se tiene el siguiente cálculo:

$$41 \frac{\text{barras}}{\text{día}} \times \frac{20 \text{ días}}{\text{mes}} = 820 \text{ barras/mes}$$

En la tabla A-1 se condensan los valores calculados para los diferentes artículos.

TABLA A-1 : CANTIDAD DE BARRAS NECESARIAS PARA PROCESAR LOS ARTICULOS EN LAS INSTALACIONES.

Artículos	Número de Barras
A	540
B	288
C	68
D	360
E	133
F	40
G	750
	2,179

Capacidad de la planta trabajando tres turnos.

- 1er. turno 7.5 hrs. de labores
- 2do. turno 7.0 hrs. de labores
- 3er. turno 6.5 hrs. de labores

$$20.0 \frac{\text{hrs}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{min.}}{\text{hrs.}} = 1,200 \frac{\text{min}}{\text{día}}$$

$$1200 \frac{\text{min}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ barra}}{11 \text{ minutos}} = 108 \frac{\text{barras}}{\text{día}}$$

$$108 \frac{\text{barras}}{\text{día}} \times 20 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 2160 \frac{\text{barras}}{\text{mes}}$$

Concluyendo se tiene que:

La funcionalidad de la planta queda asegurado hasta alcanzar los niveles de producción mensuales que se indican en la secuencia de cálculo presentada. La producción mensual con la que se han realizado los planteamientos, solamente representa un 30 % de la capacidad total instalada.

ANEXO B

En este anexo se presentan los listados de los programas utilizados para realizar el análisis de los datos de producción y ventas por medio de la subrutina Scattergram del paquete "STATICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES". Dichos programas son factibles de utilizarlos al adicionar las tarjetas que contengan los datos numéricos y designar las variables dependiente e independiente.

VOGELBACK COMPUTING CENTER
NORTHWESTERN UNIVERSITY

S P S - - STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES

VERSION 6.00 -- APRIL 1, 1975

```

EDIT
RUN NAME      SCATTER DIAGRAM OF DATA POINTS AND SIMPLE CORRELATIONS
FILE NAME     DATOS PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACION
VARIABLE LIST T,P1,P2,P3,X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13
VAR LABELS   T VARIABLE FACTORIAL EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X1 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X2 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X3 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X4 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X5 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X6 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X7 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X8 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X9 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X10 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X11 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X12 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
              X13 VARIABLE EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL
INPUT FORMAT  F10.0(10)

```

195

ACCORDING TO YOUR INPUT FORMAT, VARIABLES ARE TO BE PRINT AS FOLLOWS

VARIABLE	FORMAT	RECORD	COLUMNS
T	F 4. 0	1	1- 4
X1	F 4. 0	1	5- 8
X2	F 4. 0	1	9- 12
X3	F 4. 0	1	13- 16
X4	F 4. 0	1	17- 20
X5	F 4. 0	1	21- 24
X6	F 4. 0	1	25- 28
X7	F 4. 0	1	29- 32
X8	F 4. 0	1	33- 36
X9	F 4. 0	1	37- 40
X10	F 4. 0	1	41- 44
X11	F 4. 0	1	45- 48
X12	F 4. 0	1	49- 52
X13	F 4. 0	1	53- 56

ACCORDING TO YOUR INPUT FORMAT, VARIABLES ARE TO BE READ AS FOLLOWS

VARIABLE	FORMAT	RECORD	COLUMNS
X14	F 4. 0	1	57- 60
X15	F 4. 0	1	61- 64
X16	F 4. 0	1	65- 68

THE INPUT FORMAT PROVIDES FOR 17 VARIABLES. 17 WILL BE READ
IT PROVIDES FOR 1 RECORDS (*CARDS*) PER CASE. A MAXIMUM OF 68 *COLU S* ARE USED ON A RECORD.

PRINT FORMATS X1 TO X16(2) , T(1)
 N OF CASES 60
 RECODE T(7801 THRU 7802 = 1) (7803 THRU 7804 = 2) (7805 THRU 7806 = 3)
 (7807 THRU 7808 = 4) (7809 THRU 7810 = 5) (7811 THRU 7812 = 6)
 (7913 THRU 7914 = 7) (7915 THRU 7916 = 8) (7917 THRU 7918 = 9)
 (7919 THRU 7920 = 10) (7921 THRU 7922 = 11) (7923 THRU 7924 = 12)
 (8025 THRU 8026 = 13) (8027 THRU 8028 = 14) (8029 THRU 8030 = 15)
 (8031 THRU 8032 = 16) (8033 THRU 8034 = 17) (8035 THRU 8036 = 18)
 (8137 THRU 8138 = 19) (8139 THRU 8140 = 20) (8141 THRU 8142 = 21)
 (8143 THRU 8144 = 22) (8145 THRU 8146 = 23) (8147 THRU 8148 = 24)
 (8249 THRU 8250 = 25) (8251 THRU 8252 = 26) (8253 THRU 8254 = 27)
 (8255 THRU 8256 = 28) (8257 THRU 8258 = 29) (8259 THRU 8260 = 30)
 SCATTERGRAM X1 TO X16 WITH T(0,30)
 STATISTICS ALL
 READ INPUT DATA

GIVEN 17 VARIABLES, INITIAL CH ALLOWS FOR 602 CASES. MAXIMUM CH ALLOWS FOR 1957 CASES.

VOELBACK COMPUTING CENTER
NORTHEASTERN UNIVERSITY

S P S S - STATISTICAL PACKAGE FOR SOCIAL SCIENCES

VERSION 6.90 -- APRIL 1, 1975

```

EDIT
RUN NAME  SPSSVS01
FILE NAME  SPSSVS01.DAT
VARIABLE LIST
VAR LABELS
X1  SPSSVS01
X2  SPSSVS02
X3  SPSSVS03
X4  SPSSVS04
X5  SPSSVS05
X6  SPSSVS06
X7  SPSSVS07
X8  SPSSVS08
X9  SPSSVS09
X10 SPSSVS10
X11 SPSSVS11
X12 SPSSVS12
X13 SPSSVS13
X14 SPSSVS14
X15 SPSSVS15
INPUT FORMAT  F4.0

```

ACCORDING TO YOUR INPUT FORMAT, LENGTH OF RECORD IS 15

VARIABLE	FORMAT	RECORD	START
T	F 4.0	1	1-4
X2	F 4.0	1	5-8
X3	F 4.0	1	9-12
X4	F 4.0	1	13-16
X5	F 4.0	1	17-20
X6	F 4.0	1	21-24
X7	F 4.0	1	25-28
X8	F 4.0	1	29-32
X9	F 4.0	1	33-36
X10	F 4.0	1	37-40
X11	F 4.0	1	41-44
X12	F 4.0	1	45-48
X13	F 4.0	1	49-52
X14	F 4.0	1	53-56
X15	F 4.0	1	57-60

THE INPUT FORMAT REQUIRES 15 RECORDS
IT PROVIDES FOR 1 RECORDS

```

PRINT FORMAT  F4.0
N OF CASES    1
RECORD       1

```

SCATTER DIAGRAM OF DATA POINTS AND SIMPLE REGRESSION:

08/03/83

PAGE 2

(7310 THRU 7512=4) (7913 THRU 7916=5) (7516 THRU 7914=6)
(7919 THRU 7921=7) (7922 THRU 7924=8) (8026 THRU 8027=9)
(8028 THRU 8030=10) (8031 THRU 8032=11) (8034 THRU 8036=12)
(8137 THRU 8139=13) (8140 THRU 8142=14) (8143 THRU 8145=15)
(8146 THRU 8148=16)

SCATTERGRAM 32 TO 815 WITH 1 (0.10)
OPTIONS 4,5,6,7
STATISTICS ALL
READ INPUT DATA

GIVEN 15 VARIABLES, INITIAL CH ALLOWS FOR 680 CASES, MAXIMUM CH ALLOWS FOR 2204 CASES.

Este programa está diseñado para pronosticar la producción a partir de los datos generados por la subrutina Scattergram con ayuda de la microcomputadora HP-41CV.

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

- . BLUM, W. and HOGABOOM, G.B. Principles of Electroplating and Electroforming. McGraw-Hill, New York, 1930.
- . BUFFA, E. Administración de la producción. Limusa, México. 1968.
- . BURNS, R. M. y BRADLEY, W.W. Recubrimientos protectores de los metales. Ediciones interciencias, Madrid, 1964.
- . CHASE, Production and Operations Management.
- . CLIFFORD, H. The Encyclopedia of Electrochemistry. Reinhold Pub. Corp. New York, 1964.
- . CROW, E.L., DAVIS, F.A., MAXFIELD, M.W. Statistics manual. Dover Publications, Inc. New York. 1960
- . DE HOLANDA, R.B.R. Apuntes de planeación y control de la producción. Facultad de Ingeniería, UNAM. 1980.
- . ERICH, J.W. Organización para pequeñas y grandes empresas, según la moderna práctica norteamericana. Francisco Casanovas, Editor, Barcelona, 1959.
- . FIELD, S. and DUDLEY, W.A. Electroplating, Sir Isaac Pitman and Sons, LTD, London 1956. .
- . GEHM, H.W. and BREGMAN, J.I. Handbook of water resources and -- pollution control. Van Nostrand Reinhold, Co., 1976.
- . GRAHAM, K.A. Electroplating Engineering Hand Book. Reinhold Pub. Corp., New York. 1955.

- . HENKEL ONIX MEX, S.A. Formulaciones para desengrasantes Boletín Técnico.
- . MANTELL, C.L. Electrochemical Engineering. McGraw-Hill Book Company, 4th Edition, New York, 1960.
- . MILLER, I. y FREUND, J.E. Probability and statistics for engineers. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs, New Jersey, 1965.
- . NEW BROUGH, E.T. Administración de mantenimiento industrial. Editorial Diana, México, 1967.
- . NIE, N.H. Statistical package for the social sciences. McGraw-Hill Book Company, second edition, 1975.
- . PAPPATERRA, C.J. Mantenimiento industrial. Facultad de Ingeniería, UNAM, 1979.
- . PERRY, J.H. Chemical engineers handbook. McGraw-Hill, Fourth edition.
- . Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, S.A.R.H., 1973.
- . ALDECO, R.O. Anteproyecto para una planta de recubrimiento electro-lítico, de accesorios para la industria electrónica, utilizando el sistema de cadminizado alcalino. Tesis Facultad de Química, UNAM. 1963.
- . GEBEL, M.Z. Proyecto de una planta de latonado brillante electro-lítico. Tesis Facultad de Química, UNAM. 1966.
- . PACHECO, A.L. Anteproyecto para la construcción de una planta de procesado electro-lítico con soluciones tipo brillante en sistemas de barril. Tesis Facultad de Química, UNAM., 1962.

- . ROCHA, J.C. Estudio sobre substancias abrillantadoras de electrodepósitos de níquel. Tesis Facultad de Química, UNAM, 1980
- . MORALES, B.N. Diseño de una planta para tratamiento de desechos en la industria de acabados metálicos. Tesis Facultad de Química, UNAM. 1970.
- . KERN, D.Q. Process Heat Transfer, McGraw-Hill book Co. New York, 1950.
- . THIERAUF, R. Introducción a la Investigación de Operaciones. Limusa México 1978.