



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**



8  
2º

**" PLANTA DE CROMADO "**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :**

**GODINEZ TORRES PATRICIA**

**ASESOR: I.Q. RAFAEL GARCIA NAVA.**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de  
Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - U.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes,  
permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Planta de Cronado".

que presenta la pasante: Patricia Godínez Torres  
con número de cuenta: 9156017-1 para obtener el TITULO de:  
Ingeniera Química

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para  
ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos  
nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 06 de Febrero de 1992

PRESIDENTE	<u>I.Q. Rafael García Nava</u>	
VOCAL	<u>M. en C. Eligio Pastor Rivero Martínez</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Ricardo F. Hernández García</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.Q. Vladimir Alonso Barrios</u>	

**AGRADECIMIENTO**

**A MIS PADRES:**

**ROBERTO GODINEZ JAIME**

**MARGARITA TORRES ZEPEDA**

**SABIENDO QUE NO EXISTIRA UNA FORMA DE AGRADECER  
TODA UNA VIDA DE SACRIFICIOS Y ESFUERZOS, QUIERO QUE  
SIENTAN QUE EL OBJETIVO LOGRADO TAMBIEN ES SUYO Y  
QUE LA FUERZA QUE ME AYUDO A CONSEGUIRLO FUE SU  
APOYO.**

**CON CARINO Y ADMIRACION,**

**PATRICIA GODINEZ TORRES**

## INDICE

<b>OBJETIVOS</b>	<b>I</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>II</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>III</b>
<b>CAPITULO 1 : ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>INDUSTRIAS CONSUMIDORAS</b>	<b>2</b>
<b>PRODUCCION</b>	<b>4</b>
<b>IMPORTACION</b>	<b>5</b>
<b>PRONOSTICO DE MERCADO</b>	<b>6</b>
<b>SITUACION COMPETITIVA</b>	<b>7</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>9</b>
<b>CAPITULO 2 : LOCALIZACION DE LA PLANTA</b>	<b>10</b>
<b>CONSIDERACIONES EN LA LOCALIZACION</b>	
<b>DE LA PLANTA</b>	<b>10</b>
<b>FACTORES QUE INFLUYEN EN LA LOCALIZACION</b>	
<b>DE LA PLANTA</b>	<b>10</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>12</b>
<b>CAPITULO 3 : ESTUDIO Y SELECCION DE TECNOLOGIAS</b>	<b>13</b>
<b>DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO</b>	<b>13</b>
<b>TECNOLOGIAS OPCIONALES</b>	<b>15</b>
<b>Operación 1 : Limpieza del Metal</b>	<b>15</b>
<b>Operación 2 : Pulido</b>	<b>17</b>
<b>Operación 3 : Desengrase de Inmersión</b>	<b>19</b>
<b>Operación 4 : Desengrase Electrolítico</b>	<b>20</b>
<b>Operación 5 : Activación</b>	<b>21</b>
<b>Operación 6 : Cobrizado</b>	<b>22</b>
<b>Operación 7 : Niquelado</b>	<b>25</b>
<b>Operación 8 : Cromado</b>	<b>29</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>31</b>

<b>CAPITULO 4 : BASES DE DISEÑO</b>	<b>32</b>
<b>CAPITULO 5 : ESQUEMA Y DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</b>	<b>39</b>
<b>ESQUEMA DE PROCESO</b>	<b>39</b>
<b>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</b>	<b>41</b>
<b>CAPITULO 6 : BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA</b>	<b>44</b>
<b>BALANCE DE MATERIA</b>	<b>44</b>
<b>BALANCE DE ENERGIA</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO 7 : CALCULO DEL EQUIPO</b>	<b>61</b>
<b>EQUIPO DE PROCESO</b>	<b>61</b>
<b>EQUIPO DE SERVICIO</b>	<b>67</b>
<b>CAPITULO 8 : HOJAS DE DATOS DE EQUIPOS</b>	<b>69</b>
<b>CAPITULO 9 : PLANOS DE LOCALIZACION</b>	<b>75</b>
<b>PLANO DE LOCALIZACION DE LA PLANTA</b>	<b>75</b>
<b>PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO</b>	<b>78</b>
<b>CAPITULO 10 : DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION "SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR"</b>	<b>80</b>
<b>CAPITULO 11 : TRATAMIENTO DE EFLUENTES</b>	<b>82</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>82</b>
<b>NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL</b>	<b>83</b>
<b>ESTUDIO ESPECIFICO</b>	<b>87</b>
<b>Cianuros</b>	<b>88</b>
<b>Cromatos</b>	<b>92</b>
<b>Acidos y Bases</b>	<b>95</b>
<b>Cobre y Niquel</b>	<b>97</b>
<b>CAPITULO 12 : ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA</b>	<b>99</b>
<b>CAPITULO 13 : ESTIMACION DE COSTOS</b>	<b>101</b>
<b>COSTOS DE CONSTRUCCION Y DE PRODUCCION</b>	<b>101</b>
<b>CAPITAL DE INVERSION</b>	<b>102</b>
<b>ESTIMACION DEL CAPITAL DE INVERSION</b>	<b>102</b>
<b>INDICES DE COSTOS</b>	<b>103</b>

<b>FACTOR DE COSTO EN CAPITAL DE INVERSION</b>	<b>103</b>
<b>METODOS PARA LA ESTIMACION DEL CAPITAL</b>	
<b>DE INVERSION</b>	<b>104</b>
<b>COSTO DE PRODUCCION ANUAL</b>	<b>111</b>
<b>EVALUACION FINANCIERA</b>	<b>124</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>126</b>
<b>CAPITULO 14 : CONCLUSIONES</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>129</b>

## **OBJETIVOS**

Los objetivos que se pretenden alcanzar mediante la realización de este trabajo, son los que a continuación se mencionan:

- Proporcionar la información comúnmente utilizada en el proceso de cromado.
- Elaborar el Estudio de Mercado.
- Elaborar la Ingeniería Básica de una Planta de Cromado.
- Elaborar un estimado de los costos involucrados en el proyecto.
- Analizar los efluentes típicos de la Planta de cromado, así como su tratamiento.



## INTRODUCCION

Dentro de la Industria Química en México, se encuentra una rama muy importante que es la de los recubrimientos electrolíticos, los cuales consisten en la aplicación de una capa metálica (protectora u ornamental) sobre la superficie de un metal o plástico, y cuyos métodos de aplicación se engloban en dos grupos: por medios electrolíticos y por inmersión.

En el primer método, el recubrimiento se realiza bajo la aplicación de corriente eléctrica que fluye a través de la pieza a ser recubierta y es del que nos ocuparemos en este trabajo desde el punto de vista técnico.

En esta tesis se realizan también, un estudio de mercado, la estimación de costos y la ingeniería básica, para lo cual se emprende de manera independiente el diseño pormenorizado de los componentes de la planta para establecer las condiciones adecuadas. Además, se propone considerar las cuestiones relacionadas con un proceso determinado de deposición electrolítica, para dar por resultado una planta que pueda operar factiblemente.

Otro punto que en la actualidad es de vital importancia, y que se trata de abarcar en el presente trabajo, es el tratamiento de los efluentes provenientes del proceso de cromado.

Siendo el Ingeniero Químico, por todas estas razones, el responsable de que tanto el diseño como la operación sean técnicamente adecuadas, y económica, social y ecológicamente óptimas, es por ello que se presenta este estudio.

## ANTECEDENTES

Para realizar un cromado de buenas propiedades, es necesario aplicar previamente otras capas de recubrimiento como lo son la de cobre y la de níquel. El cromado se inicia con un depósito de cobre, luego uno de níquel y se finaliza con el cromo. Los dos primeros sirven como base protectora. Si la capa del recubrimiento de cromo no tuviera la base mencionada, podría presentar agrietamientos, que permitirían el contacto directo entre la pieza y el medio corrosivo.

El cromado tiene como principal virtud evitar la corrosión acelerada de metales como el acero. Su efecto anticorrosivo se debe a una película de cromo que inhibe la corrosión y que además, por ser muy delgada, conserva el brillo metálico del níquel.

Otra de las funciones de los recubrimientos metálicos y principalmente la del cromado es el ornato.

El método de electrodeposición se lleva a cabo para proveer recubrimientos estéticos y protectores. La pieza a recubrir se sumerge en el electrolito, (que contiene los iones del metal a depositar) en donde la corriente se pasa desde un ánodo apropiado y el metal disuelto se deposita sobre el cátodo. Si se desea mayor velocidad de deposición, se deberán incrementar la intensidad de corriente, la concentración y la temperatura. Los metales comúnmente usados son: oro, plata, cromo, níquel, cadmio, cobre y zinc.

En concreto, el cromado es un recubrimiento de tres capas, una muy delgada de cobre que está sobre el metal base, seguida por un recubrimiento de níquel que constituye casi la totalidad del recubrimiento y sobre de éste se deposita una capa de cromo brillante, delgada y dura. El espesor total de los tres recubrimientos va de 0.025 a 0.100 mm y el recubrimiento de níquel, que es el principal, no debe presentar porosidades, ya que facilitaría la corrosión galvánica.

La función principal del cobrizado es brindar una adhesión excelente entre el metal base y la capa de níquel. La función principal del niquelado es resistir la corrosión, ya que la capa superior de cromo normalmente es muy delgada. Esta última presenta el mejor acabado para fines estéticos, además su resistencia a la corrosión y al deslustre es excelente.

El cromado tiene una gran variedad de aplicaciones, por lo que permite su uso en industrias, dentro de las cuales las más importantes son: la metal mecánica, la de electrodomésticos, la automotriz, la ornamental, la mueblera y la bicicletera.

## **CAPITULO 1 ESTUDIO DE MERCADO**

### **INTRODUCCION.**

Entendiendo que la investigación de estudios de mercado se define como "Recopilación, registro y análisis de todos los hechos relacionados con problemas asociados a la transferencia y venta de bienes y servicios del productor al consumidor", (según la *American Marketing Association de E.U.A.*), se elaboró un estudio de toda la información recopilada acerca de las actividades económicas de las empresas que se dedican al cromado antes de dimensionar la planta; de no considerar el estudio de mercado, un dimensionamiento equivocado podría costarnos millones de nuevos pesos, por lo que dicho estudio se llevó a cabo con tanta precisión como fue posible.

La información se recabó en la CANACINTRA, el INEGI y la Biblioteca Central de la UNAM, todas ellas en el área metropolitana. Los datos correspondientes a las actividades económicas de las empresas galvanoplásticas están dados en ventas totales por año, toneladas por año o bien, por unidades cromadas por período anual.

Las actividades de las industrias galvanoplásticas fluctúan en demasía de acuerdo a las variaciones de las industrias metal mecánica, mueblera, etc., como se verá más adelante. El mercado de los recubrimientos de cromo abarca tanto el mercado industrial como los mercados comerciales de baja producción.

A continuación se mencionarán las industrias consumidoras, la producción, las importaciones y el pronóstico del mercado de cromado; esto para definir la tendencia que sigue actualmente el mercado de los recubrimientos, y de esta manera poder determinar el porcentaje del mercado que se desea cubrir.

### INDUSTRIAS CONSUMIDORAS.

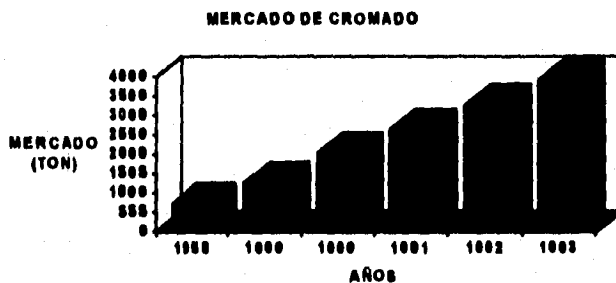
En seguida se indica el consumo total correspondiente al período 1988-1993, así como los estados de la República que presentan un mayor consumo y las industrias consumidoras más importantes.

Consumo total: La siguiente tabla muestra el mercado aparente para los recubrimientos electrolíticos (específicamente los que se refieren a la línea de cromado):

AÑO	MERCADO DE CROMADO (TON)
1988	733
1989	1,261
1990	2,024
1991	2,830
1992	3,276
1993	3,921

FUENTE: Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, 1994.

Los datos anteriores se encuentran representados en la siguiente gráfica.

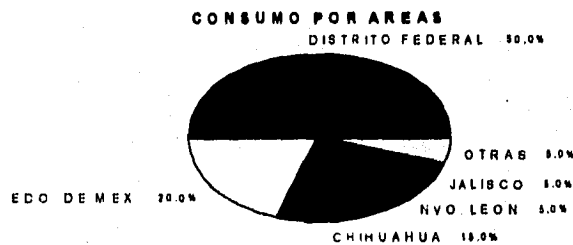


Consumo por áreas: Para las industrias galvanizadoras, el consumo se distribuye a lo largo de todo el país. Sin embargo, la producción de los recubrimientos se lleva a cabo

principalmente en la zona centro. Entre las entidades de mayor consumo se tienen las siguientes (en orden de importancia):

ENTIDAD	% DE CONSUMO ABARCADO
DISTRITO FEDERAL	50
ESTADO DE MEXICO	20
CHIHUAHUA	15
NUEVO LEON	5
JALISCO	5
OTRAS	5

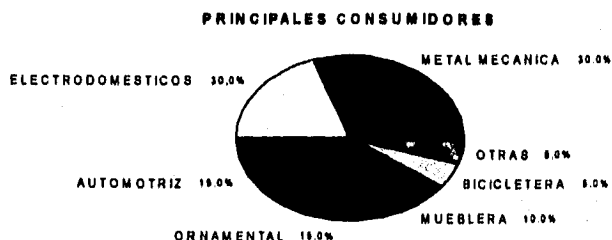
Los datos anteriores se encuentran representados en la siguiente gráfica.



**Principales consumidores:** Las principales industrias que requieren de recubrimientos de cromo en sus productos y el porcentaje que abarca cada una de ellas (en orden de importancia) son:

INDUSTRIA	% DE MERCADO ABARCADO
METAL MECANICA	30
ELECTRODOMESTICOS	20
AUTOMOTRIZ	15
ORNAMENTAL	15
MUEBLERA	10
BICICLETERA	5
OTRAS	5

Los datos anteriores se encuentran representados en la siguiente gráfica.



### **PRODUCCION.**

***Producción nacional:*** Debido a que la mayor parte de la industria del cromado se encuentra en el área metropolitana, la producción nacional se referirá a esta zona.

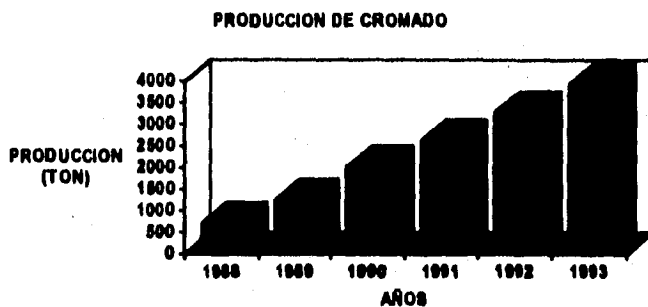
En el área metropolitana hay alrededor de 150 empresas registradas que realizan el cromado de piezas. Para el presente estudio, se tomaron 10 empresas que se distribuyen en grandes, medianas y pequeñas.

A continuación se presentan los datos de producción de cromado de 1988 a 1993; correspondientes a las empresas mencionadas:

AÑO	PRODUCCION DE CROMADO (TON)
1988	703
1989	1,236
1990	2,007
1991	2,819
1992	3,271
1993	3,923

FUENTE: Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, 1994.

Los datos anteriores se encuentran representados en la siguiente gráfica.



**IMPORTACION.**

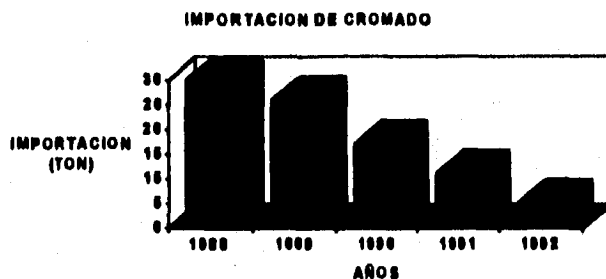
En la siguiente tabla se presentan las cantidades que fueron importadas en el periodo 1988-1992:

AÑO	IMPORTACION DE CROMADO (TON)
1988	30
1989	26
1990	17
1991	11
1992	5

FUENTE: Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, 1993.



Los datos anteriores se encuentran representados en la siguiente gráfica.

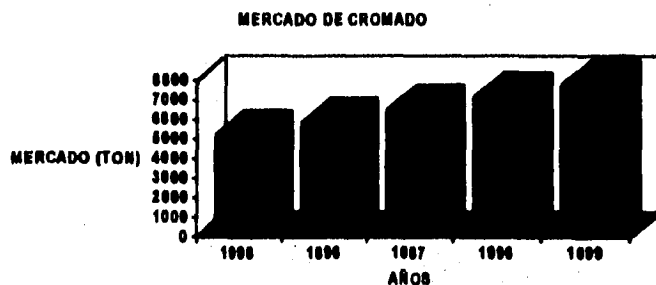


**PRONOSTICO DEL MERCADO.**

En base a los datos de mercado de cromado que se tienen (los cuales tienen una tendencia lineal), se pronosticará el mercado para los siguientes cinco años, para de esta manera poder estimar la capacidad de la planta, de acuerdo al mercado que se desea abarcar.

AÑO	MERCADO DE CROMADO (TON)
1995	5,212
1996	5,859
1997	6,503
1998	7,149
1999	7,812

Los datos anteriores se encuentran representados en la siguiente gráfica.



**SITUACION COMPETITIVA.**

Como se ve en las gráficas de producción vs. tiempo e importación vs. tiempo, la producción en los últimos tres años ha abarcado mayor mercado nacional, mientras que la importación de piezas cromadas va disminuyendo. Si por una parte la situación competitiva se va incrementando, existen bases suficientes para pensar que de acuerdo a la disminución en las importaciones, se puede esperar un buen éxito para esta empresa.

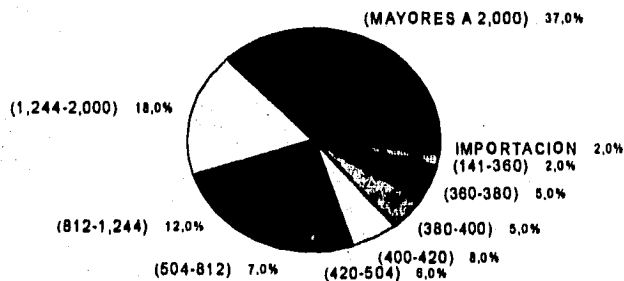
El estudio de mercado reporta que existen menos empresas conforme se va incrementando su nivel de ventas, como se muestra en la siguiente tabla:

VENTAS (MILES DE N\$)	PRODUCCION (TON)	% DE MERCADO ABARCADO
MAYORES A 2,000	MAYORES A 750	37
1,244 - 2,000	368 - 750	18
812 - 1,244	237 - 368	12
504 - 812	149 - 237	7
420 - 504	124 - 149	6
400 - 420	123 - 124	6
380 - 400	112 - 123	5
360 - 380	98 - 112	5
141 - 360	42 - 98	2
IMPORTACION	6 - 42	2

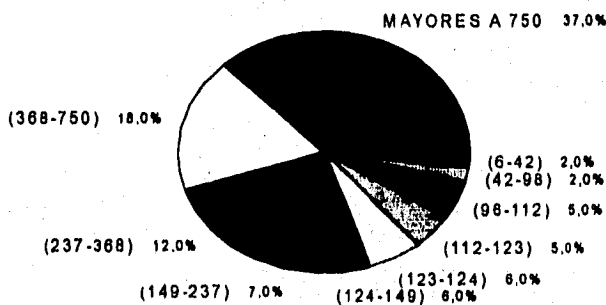
FUENTE: CANACINTRA. Formas de Pago de Cuotas a la Institución, 1994.

Los datos anteriores se encuentran representados en las siguientes gráficas.

**VENTAS DE PIEZAS CROMADAS (MILES N\$)**



**PRODUCCION DE PIEZAS CROMADAS (TON)**



Estas empresas satisfacen las necesidades de una parte del mercado y la relación entre ellas es muy estrecha. Por otra parte, existen un gran número de empresas cuyo nivel de ingresos es demasiado bajo, pero satisfacen un buen porcentaje del mercado nacional. En base a lo anterior, la mejor opción para una planta de este tipo es la que se encuentra en un nivel medio de ventas y producción, ya que esto nos da además la posibilidad de una expansión a futuro.

Debido a la creciente inflación y a la paridad cambiante del peso frente al dolar, los precios de los cromados tienden a incrementarse; sin embargo, si una nueva empresa se establece, puede darse una competencia de precios que favorecerá en forma definitiva a los consumidores.

### **CONCLUSION.**

Como se pueda observar en la gráfica de mercado vs. tiempo, se presenta una tendencia al crecimiento sostenido. Esto da la base para asegurar un posible éxito en la empresa, ya que el mercado está en expansión; además de que las importaciones van disminuyendo y esto asegura todavía más una expansión en la producción nacional.

En cuanto a posibles expansiones futuras, de acuerdo a la curva de pronóstico, también se auguran buenas posibilidades de crecimiento.

En base a los datos obtenidos en la CANACINTRA, en los que se aprecia la distribución del mercado, se toma la decisión de introducir esta empresa en la zona media de dicha distribución (ventas entre N\$ 504,000 y N\$ 812,000 y una producción de 149-237 TON/año); que abarca aproximadamente el 7% del mercado. Esta decisión está fundamentada en que se tiene menor competencia a este nivel de producción y se tiene la ventaja de poder estudiar el mercado de recubrimientos el tiempo suficiente, para así tener los criterios de operación para realizar la expansión de la planta.

## **CAPITULO 2 LOCALIZACION DE LA PLANTA**

Siendo la Localización de la Planta uno de los aspectos más importantes para su operación, en este capítulo se estudian y analizan las consideraciones y los factores para la misma.

### **CONSIDERACIONES EN LA LOCALIZACION DE LA PLANTA.**

En general, la localización de una planta industrial tiene las mismas consideraciones que se toman en cuenta para decidir su tamaño y éstas tienen como objeto un costo mínimo de operación.

El tamaño de una planta industrial se considera como la capacidad instalada de producción en un determinado período. Esta capacidad es la cantidad producida por unidad de tiempo. La cantidad producida puede ser: volumen, peso, valor o número de unidades de producto elaborado, mientras que la unidad de tiempo puede ser el ciclo de operación: año, mes, día, hora, turno, etc.

### **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA LOCALIZACION DE LA PLANTA.**

Los factores que se toman en cuenta para una selección adecuada de la localización de la planta son:

- Mercado de consumo.
- Fuentes de materia prima.
- Transporte.
- Suministro de agua.
- Eliminación de desechos.
- Combustible y energía.
- Mano de obra.
- Actitud de la comunidad.
- Disposiciones legales, fiscales, municipales, estatales y federales.

**Mercado de Consumo:** Como se puede ver en el estudio de mercado, el mayor consumo se da en la zona centro del país, primordialmente en el Distrito Federal y Estado de México. Sin embargo, es más conveniente ubicar la planta en el Estado de México que en el Distrito Federal, debido a los graves problemas de saturación industrial y a los problemas ecológicos que se acarrea; además de que en los corredores industriales que se encuentran en el Estado de México, se otorgan más facilidades.

**Materia Prima:** La elección de la fuente de materias primas, aunque no esté en el sitio de la planta, es un factor extremadamente importante para su ubicación final. Para el presente proyecto, las materias primas serán reactivos químicos nacionales provenientes de las industrias químicas, y el Estado de México se ajusta a esta necesidad, ya que en este lugar se encuentra gran parte de tales industrias.

**Transporte:** En nuestro país el transporte que más se utiliza es el terrestre, vía carretera, con el cual se cuenta en el Estado de México y sus alrededores, por lo que se facilitan las operaciones de traslado de la materia prima y el producto terminado, lo que permite no sólo un menor costo económico sino también una mayor agilidad en el traslado, evitando demoras o tiempos muertos que, a nivel industrial, representan un enorme costo económico debido a que son pérdidas no sólo de dinero sino de tiempo.

**Suministro de Agua:** En el cromado el suministro de agua es sumamente necesario, ya que se usa directamente como materia prima en ciertas fases del proceso. En nuestro país, cada vez se hace más difícil el abastecimiento de agua, como consecuencia de la gran población con que se cuenta y del creciente aumento de industrias. A pesar de estas dificultades que se presentan en la mayoría de los estados de la república, se ha decidido instalar la planta en el Estado de México, el cual tiene un abastecimiento más o menos constante. Por otro lado, para reducir al mínimo este problema, se contará con un depósito para almacenar agua, aminorando así los problemas que se pudieran tener en cuanto a escasez.

**Eliminación de Desechos:** Puesto que la eliminación de desechos es un factor importante, ya sea en áreas poco o muy pobladas, en el presente trabajo se describen y aplican las técnicas referentes al tratamiento de los efluentes provenientes del proceso de cromado, así como la normatividad existente en cuanto a este tipo de desechos, evitando de esta manera descargar las aguas residuales en corrientes cercanas, lo cual en muchos casos ni siquiera resulta ser económico.

**Combustible y Energía:** En virtud del proceso seleccionado, se tiene que considerar el aspecto del combustible empleado y que en este caso es diésel, el cual es de fácil adquisición en el Estado de México. Por otro lado, en lo que respecta a energía eléctrica, ésta será comprada a la Comisión Federal de Electricidad, ya que representa un suministro seguro y adecuado que puede abastecer las demandas existentes.

**Mano de Obra:** En la actualidad, el Estado de México es una región en donde se concentra una gran parte del pueblo mexicano, siendo esto una razón importante para localizar la planta en dicha entidad, debido a que se cuenta con suficiente mano de obra disponible y destreza laboral, que son factores que afectan en forma material tanto a la producción como a la eficiencia.

### **CONCLUSION.**

Se puede decir que la localización de la planta en el Estado de México es acertada. Esto se debe a las facilidades que se tienen en cuanto a materia prima y a transporte, en virtud de que los costos de éstos pueden llegar a ser tan altos, que lo más conveniente es localizar la planta cerca de la fuente de abastecimiento. Por otra parte, en este Estado se pueden cubrir todas las necesidades de mano de obra, proporcionando el número de trabajadores requeridos, generando de esta forma fuentes de trabajo, constituyendo una buena perspectiva para el futuro, (especialmente en esta época en donde los empleos han ido disminuyendo) con la cual se obtendría una fuerza laboral estable y valiosa para el éxito de la operación de la planta.

Por lo tanto, considerando todos los factores mencionados, se selecciona como sitio específico para localizar la Planta de Cromado, la zona industrial ubicada en el municipio de Cuautitlán, Estado de México, ya que cuenta con los requerimientos señalados anteriormente.

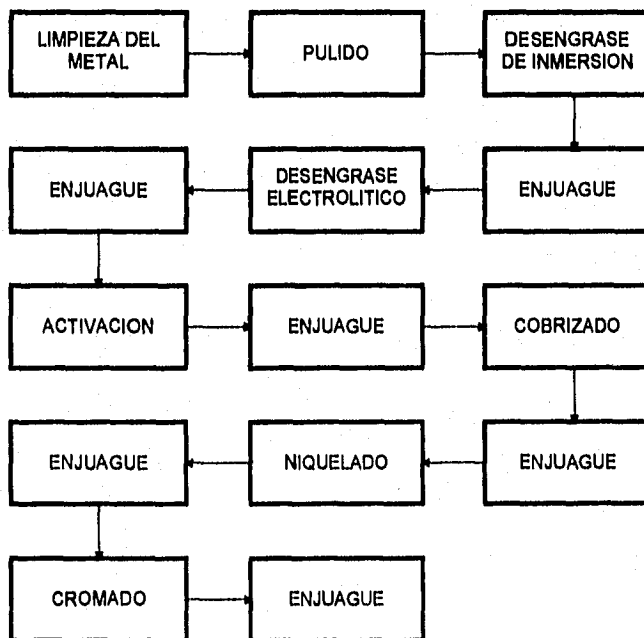
### CAPITULO 3

## ESTUDIO Y SELECCION DE TECNOLOGIAS

En este capítulo se describirá el proceso general y las tecnologías que se usan para algunas etapas del proceso.

#### DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO.

Cuando se desea cromar una pieza, es necesario que esta pase por varias etapas, las cuales se muestran en el siguiente diagrama:





Como se puede ver en el esquema anterior, la primera operación del proceso es limpiar la pieza por recubrir; ésto, con el objeto de que sean removidas todas las impurezas, quedando de esta forma, libre de óxido e incrustaciones. La capa de óxido se elimina en una solución de ácido sulfúrico con una concentración de 20 ó 30% en volumen (diluida con agua). Una vez que se ha limpiado, se prosigue con una etapa importante, que es el pulido, en la cual se logra que la pieza quede con la menor cantidad posible de rugosidades, quedando así lista para pasar a las tinas electrolíticas.

El siguiente paso es someter la pieza a un desengrase de inmersión, que sirve para remover la suciedad (especialmente grasas y aceites) de la superficie metálica. Posteriormente, la pieza se pasa nuevamente a una operación de desengrase, sólo que en este caso es por medios electrolíticos; este tipo de desengrase se efectúa con el fin de limpiar perfectamente la superficie de residuos que el desengrase de inmersión no haya removido.

La etapa siguiente consiste en sumergir la pieza en un baño activado con ácido sulfúrico diluido al 10% en volumen para neutralizar los álcalis residuales del desengrase electrolítico.

En seguida se tiene el cobrizado, que es la primera capa de recubrimiento que se aplica sobre la pieza, la cual permite asegurar una mejor limpieza y adherencia de la capa subsecuente de níquel brillante.

Por último, se tiene la etapa de cromado, operación que proporciona una mayor resistencia al deslustre que tendría el níquel en ausencia del cromo.

Es importante mencionar que el propósito de las operaciones de enjuague que se indican en el proceso, es el de eliminar los residuos de materiales y soluciones que hayan quedado de las etapas previas a éstas y que de no eliminarse actuarían como elementos contaminantes en los electrolitos.

### **TECNOLOGIAS OPCIONALES.**

A continuación se hará un estudio comparativo referente a las diferentes técnicas que pueden ser utilizadas en algunas de las etapas y, de esta manera poder elegir la que más convenga.

#### **OPERACION 1: LIMPIEZA DEL METAL**

En el proceso existe una sección correspondiente a la limpieza de los metales, en la cual se limpiará la superficie del metal que será recubierta electrolíticamente.

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

- Cantidad y calidad de impurezas.
- Composición del metal y textura de la superficie.
- Grado de limpieza requerida.

Las tecnologías existentes para esta operación son:

#### **Tecnología A: Limpiadores Alcalinos.**

Los limpiadores alcalinos se utilizan principalmente para remover impurezas de naturaleza aceitosa (aceite mineral, grasas y emulsiones), cuando éstas se presentan como películas delgadas o pequeños residuos y cuando son de naturaleza poco viscosa.

También, un limpiador alcalino fuerte puede eliminar impurezas semisólidas (petrolatos, sebos y ceras, agentes incrustantes alcalinotérreos), especialmente cuando se emplean pulverizadores a presión o líneas electrolíticas a altas temperaturas. Frecuentemente los limpiadores emulsionados en agua son efectivos en estos casos. Los solventes clorados en fase vapor son muy efectivos especialmente para superficies metálicas tales como latón, cobre, aluminio y zamac (aleación que contiene como principal componente al zinc, además de cobre, aluminio, magnesio, hierro, plomo, cadmio y estaño, en proporciones menores).

**Tecnología B: Limpiadores en Solución Electrolítica.**

Los limpiadores en solución electrolítica o pulverizadores a presión son efectivos, especialmente para remover impurezas semisólidas y sólidas (ceras de alto punto de fusión, compuestos reguladores, lubricantes y colorantes pigmentados), que son las impurezas más difíciles de quitar para propósitos de electrodeposición. La principal desventaja que tienen los limpiadores en solución electrolítica es que en la mayoría de las ocasiones se tienen que combinar con solventes, emulsionantes y limpiadores a presión, los cuales pueden llegar a tener un elevado costo.

A continuación se muestra la tabla comparativa para ambos procesos:

LIMPIEZA DEL METAL		
Elementos de Comparación	Tecnología A	Tecnología B
- Efectivo para impurezas acuosas.	X	
- Efectivo para impurezas sólidas.	parcial	X
- Eficiente en presencia de impurezas semisólidas.	X	X
- Sirve para impurezas de baja viscosidad.	X	
- No requiere ser combinado con solventes.	X	
A: Limpiadores Alcalinos.		
B: Limpiadores en Solución Electrolítica.		

Por lo tanto, para la operación de limpieza se elige la tecnología A, de acuerdo a la tabla anterior.

## **OPERACION 2: 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 pulimiento, que se va a proporcionar con la ayuda de varias operaciones, entre las cuales se encuentran:

- Pulido con abrasivos de diversos tipos de granos.
- Abrillantadores con mantas de sisal o popelina.

Existen dos métodos para pulir los metales según su tamaño y la calidad del pulido: manual y a granel. A continuación se describen sus generalidades.

### **Tecnología A: Pulido Manual con Abrasivos.**

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 acabado deseado.

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

Se aplica a materiales 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.

Los materiales que se emplean comúnmente son:

#### **a) Pulido con Abrasivos.**

**Ruedas:** Discos de manta cocidos y pegados entre sí.

**Abrasivos:** Alúmina en polvo, grano del número 70, 100, 150, 180, 240 y 320.

**Pastas:** Estearina g-1.

**b) Abrillantado.**

Mantas: Sisal y popelina.

**Tecnología B: Pulido en Barril.**

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 más o menos abrasivas obteniendo diversas clases de acabado. Puede efectuarse en piezas pequeñas y medianas con un equipo simple, de poco mantenimiento y que puede conseguirse a un precio bajo en capacidades variables.

Los materiales que se emplean comúnmente son:

**a) Desbaste.**

Cargas: Agua, alúmina de grano 70, carbonato de sodio.

    Aceite, alúmina de grano 120.

**b) Pulido.**

Cargas: Zinc en trozos, fosfato trisódico.

    Porcelana en trozos, petróleo y aceite.

**c) Abrillantado.**

Cargas: Balines de acero, sosa cáustica, detergentes.

    Fosfato trisódico.

    Aserrín, rojo inglés, cera de pulir.

A continuación se muestra la tabla comparativa para ambos procesos:

PULIDO		
Elementos de Comparación	Tecnología A	Tecnología B
- Se aplica a todo tipo de superficies.	X	
- Menor costo de mantenimiento de equipo.	X	X
- Menor costo de materia prima.	X	parcial
- Requiere menor mano de obra.	X	X
A: Pulido Manual con Abrasivos B: Pulido en Barril		

Por lo tanto, para la etapa de pulido se elige la tecnología A, por ser la que más se adapta a la variedad de superficies de las piezas que se van a procesar, tal y como se muestra en la tabla anterior.

### **OPERACION 3: DESENGRASE DE INMERSION**

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 de sus propiedades emulsionantes que provocan la suspensión de las grasas y aceites.

Las cualidades que se deben buscar en las sustancias desengrasantes son:

- a) De bajo costo y sencilla adquisición.
- b) Buena capacidad para emulsionar las grasas.
- c) Buena acción detergente para dar peptización.
- d) Buena humectación.

El desengrase de inmersión 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 que aumentar la tensión 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 sobre la superficie metálica es superior al que posee la capa de aceite para la misma superficie. Los agentes humectantes son generalmente agentes emulsionantes.

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

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

#### **OPERACION 4: DESENGRASE ELECTROLITICO**

El uso del desengrase electrolítico alcalino es actualmente una práctica muy común en los procesos galvanoplásticos.

Fundamentalmente, consiste en suspender en una solución alcalina el objeto a desengrasar y hacerlo actuar como electrodo en un circuito eléctrico con corriente directa, generalmente como cátodo. Como ánodo se coloca una placa de hierro 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 o latón, de anteriores depósitos. Cuando el metal base es hierro o alguna de sus aleaciones, se puede utilizar como ánodo, desprendiéndose oxígeno, que va a realizar el mismo trabajo mecánico que el hidrógeno, acelerando así, la acción de la solución alcalina.

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

COMPONENTES	COMPOSICION (%)		
	1	2	3
Hidróxido de sodio	20.2	23.6	41.9
Silicato de sodio	31.7	8.5	0.0
Fosfato trisódico	6.9	0.0	0.8
Oleato de sodio	11.2	0.0	0.0
Glicerina	0.00	13.0	0.0
Agua	30.0	54.9	18.0
Carbonato de sodio	00.0	00.0	39.3

Condiciones de la solución:

Electro limpiador	60 g/l
Temperatura	70-80°C
Tiempo	1-3 min.
Densidad de corriente	5-10 amp/dm <sup>2</sup>

El criterio necesario para elegir dos clases de desengrasas, va a ser que tanto el de inmersión como 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 sí, formando en la superficie del metal a desengrasar una capa insoluble que solo se va a poder retirar por medios mecánicos.

#### **OPERACION 5: ACTIVACION**

Esta operación sirve para remover la capa de óxido pasivante que invariablemente aparece cuando se ha realizado la operación de desengrase electrolítico en la pieza a recubrir.

Se conocen una gran variedad de formulaciones para el baño de activación, siendo el más empleado por su economía y fácil control el 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 <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 60 °Be	10% vol.
HCl	0.1% vol.
Humectante	0.01% vol.
Temperatura	Ambiente
Tiempo	10-15 seg.

### **OPERACION 6: COBRIZADO**

Existen dos procedimientos para depositar cobre electrolíticamente y son:

Baños Ácidos (Solución de CuSO<sub>4</sub> , en medio ácido)

Baños Alcalinos (Solución de CuCN, en medio alcalino)

En seguida se detalla cada método.

#### **Tecnología A: Baño Ácido de Cobrizado.**

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

<b><u>Componentes</u></b>	<b><u>Concentración (g/l)</u></b>
CuSO <sub>4</sub>	187-262
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	45-82

Condiciones de operación:

Temperatura	Ambiente
Densidad de corriente	1.85-6.50 amp/dm <sup>2</sup>

Agitación	Aire comprimido con gasto constante.
Anodos	Cobre electrolítico con bolsas 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 se afecta el brillo. Las altas concentraciones de  $\text{CuSO}_4$  permiten altas densidades de corriente, especialmente cuando van acompañadas de buena agitación.

En los depósitos de cobre ácido, se adicionan abrillantadores organo-metálicos para producir recubrimientos de grano fino, los cuales, poseen un alto grado de brillantez. La composición de tales sustancias abrillantadoras se basan 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.

Una desventaja del cobrizado en baño ácido es que 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 producir depósitos ásperos.

#### **Tecnología B: Baño Alcalino de Cobrizado.**

Este tipo de baño es el más difundido entre las empresas, pues posee cualidades y ventajas sobre el baño ácido, por lo que el uso de éste se ha incrementado. Los depósitos de cobre se aplican como un recubrimiento anterior al niquelado para reducir el costo del pulido y mejorar la resistencia a la corrosión. En el proceso que es objeto de este trabajo, se recurre al empleo del cobrizado alcalino, el cual posee un buen poder de penetración en zonas de difícil acceso, y desarrolla depósitos brillantes de grano fino que aún siendo de bajo espesor, son adecuados para los propósitos finales, impidiéndose además el depósito por sedimentación, con el empleo de este tipo de recubrimiento.

La solución ordinaria de cianuro provoca 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 lo es 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 nueva etapa de 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:

<u>Componentes</u>	<u>Concentración (g/l)</u>
CuCN	28
NaCN	37
NaKC, H <sub>4</sub> O <sub>6</sub> .4H <sub>2</sub> O (Sal de Rochelle)	47
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	16
CN <sup>-</sup> libre	6

Condiciones de operación:

pH	12.6
Temperatura	45-50°C
Densidad de Corriente	0.54-6.45 amp/dm <sup>2</sup>
Anodos	Cobre electrolítico

Un incremento de CN<sup>-</sup> 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 de exceder de 70°C a causa de la elevada velocidad de descomposición del  $CN^-$ ; se recomienda que arriba de 60°C debe de instalarse un sistema de extracción de vapores. Con esta temperatura pueden usarse densidades de corriente hasta de 8.5 amp/dm<sup>2</sup> con un rendimiento catódico del orden de 85%. La densidad anódica debe de controlarse y es conveniente disponer de una superficie anódica por lo menos el doble de la catódica.

A continuación se muestra la tabla comparativa para ambos procesos.

COBRIZADO		
Elementos de Comparación	Tecnología A	Tecnología B
- La composición del baño puede ser variada.	X	parcial
- Grado de brillantez proporcionado.	X	X
- Uso directo en metales como acero y zinc.		X
- Mejor poder de penetración.		X
- Provoca menor corrosión.	X	X
A: Baños Ácidos		
B: Baños Alcalinos.		

Por lo tanto, para la etapa de cobrizado se elige la tecnología B, de acuerdo a la tabla anterior.

#### OPERACION 7: NIQUELADO

De acuerdo a la literatura y a la práctica, los baños de electrorrecubrimientos que producen mejores resultados son dos: el tipo Watts y el de Sulfamato de Níquel que son los que actualmente se utilizan en mayor escala.

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

**Tecnología A: Baños Tipo Watts.**

Los baños tipo Watts proporcionan un buen depósito a temperaturas elevadas (45-60°C), obteniéndose buena eficiencia del ánodo y del cátodo.

Los baños tipo Watts, pueden ser divididos en dos categorías, los que se encuentran dentro de una escala de pH bajo (1.5 a 5.4 pH) y los de pH alto (4.3 a 6.0 pH), siendo la composición de estos dos tipos la que se enuncia a continuación:

<b><u>Componentes</u></b>	<b><u>Concentración (g/l)</u></b>	
	<b><u>pH bajo</u></b>	<b><u>pH alto</u></b>
Sulfato de níquel	300	240
Cloruro de níquel	38	48
Acido bórico	30	25

Condiciones de operación:

pH	1.0-4.5	4.5-5.0
Temperatura	45-60 °C	45-75°C

La principal función del ion 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 intervalo determinado (actúa como solución amortiguadora).

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

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

Los baños de níquel comerciales necesitan incrementar las utilidades y por lo tanto reducir el tiempo de electrodeposición del níquel; ésto se logra evitando el excesivo pulido de los depósitos, utilizando en consecuencia menor mano de obra y una reducción del tiempo de trabajo con el abatimiento del costo. Los baños de níquel se utilizan para obtener depósitos electrolíticos brillantes, y contienen sustancias denominadas compuestos orgánicos.

Para este tipo de baños se utilizan sustancias abrillantadoras que 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 produciendo depósitos aceptados para fines decorativos.

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

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

<u>Parámetro</u>	<u>Rango de Operación</u>	<u>Parámetro de Operación</u>
pH	3-5	4.2
Temperatura	50-60 °C	55 °C
Densidad de corriente	2-8 amp/dm <sup>2</sup>	5 amp/dm <sup>2</sup>
Agitación	2-3 m <sup>3</sup> /hr	2.5 m <sup>3</sup> /hr
Anodos	Níquel electrolítico con boisas de tela de polipropileno.	

Estos parámetros, aunados a los agentes de adición, que son específicos para cada baño electrolítico propuesto para cada parte, producen recubrimientos de níquel de grano fino y alto grado de brillantez.

En general, estos aditivos de carácter organo metálico son agregados con diferentes propósitos, entre los cuales están el lograr: flexibilidad, ductilidad, homogeneidad, nivelación y brillantez.

**Tecnología B: Baños de Níquel del Tipo Sulfamato.**

Estos se usan fundamentalmente para producir un depósito muy grueso, que se utiliza para engrosar elementos gastados de maquinaria y electroformados. Este baño produce un depósito de grano fino, elevada dureza y es prácticamente carente de tensiones, pero no posee la cualidad de proporcionar un brillo decorativo.

Una formulación típica del baño de sulfamato es la siguiente:

<b><u>Componentes</u></b>	<b><u>Concentración (g/l)</u></b>
Sulfamato de níquel	300
Cloruro de níquel	6
Acido bórico	30

Condiciones de operación:

Densidad de corriente	10-14 amp/dm <sup>2</sup>
Temperatura	45-50°C
Anodos	Níquel electrolítico con bolsas de tela de polipropileno.

A continuación se muestra la tabla comparativa para ambos procesos:

NIQUELADO		
Elementos de Comparación	Tecnología A	Tecnología B
- Eficiencia mayor.	X	
- Producción de un depósito más grueso.		X
- Mejor conductividad.	X	
- Proporciona mayor dureza.		X
- Menor tiempo de electrodeposición.	X	
- Mayor grado de brillantez.	X	
A: Baños Tipo Watts.		
B: Baños de Níquel del Tipo Sulfamato.		

Por lo tanto, para el tipo de depósito específico de la planta, se selecciona un baño electrolítico tipo Watts, debido a la costeabilidad y requerimientos del proceso. Esto se muestra en la tabla anterior.

### **OPERACION 8: CROMADO**

Se seleccionó para el baño de cromo un producto nacional de la Cía. Galvanolyte denominado CR-110 que contiene principalmente  $\text{CrO}_3$ , algunos radicales ácidos como sulfatos, fluoruros y algunos catalizadores.

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

La composición típica de un baño de cromado, basada en el empleo del producto CR-110 es:

<b><u>Componentes</u></b>	<b><u>Concentración (g/l)</u></b>
CR-110	330
$\text{H}_2\text{SO}_4$	2.5

Condiciones de operación:

Densidad de la solución	22-23°Be
Temperatura	37-50°C
Densidad de corriente	20 amp/dm <sup>2</sup>
Anodos	Aleaciones insolubles de estaño y plomo o de antimonio y plomo

Ventajas que ofrece:

- Calidad del depósito: Para depósitos decorativos con un espesor aproximado de 0.00001", se puede obtener un buen brillo a todos los intervalos de concentración;
- Eficiencia catódica: Su eficiencia catódica es de 25%, mientras que la del cromo convencional es de 18%;
- Mayor poder de penetración en zonas de difícil acceso;



- 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 A; la velocidad de depósito se puede conocer con las tablas B y C, que relacionan la densidad de la solución, temperatura y densidad de corriente;
- Mayor dureza;
- Posibilidad de depositar varias capas sucesivas de cromo.

TEMPERATURA (°F)	CrO <sub>3</sub> (g/l)	Densidad (°Be)
90	180 - 210	17.8 - 19.3
100	220 - 225	18.2 - 20.8
110	210 - 240	19.2 - 21.3
120	225 - 250	19.9 - 21.7

Tabla A: Relación de densidad y concentración.

DENSIDAD DE CORRIENTE amp/dm <sup>2</sup>	CR - 110			BAÑO DE CROMADO BASE CrO <sub>3</sub>
	110 °F	132 °F	150 °F	
0.5	0.18	0.11	0.00	0.14
1.0	0.48	0.43	0.38	0.43
2.0	1.24	1.20	1.10	1.08
3.0	2.10	2.00	1.90	1.75
4.0	0.00	2.90	2.80	0.00
5.0	0.00	3.80	3.70	0.00
8.0	0.00	0.00	4.50	0.00

Tabla B: Velocidad de depósito.

DENSIDAD DE CORRIENTE amp/dm <sup>2</sup>	BAÑO DE CROMADO COMUN	BAÑO DE CROMADO CON UNA DENSIDAD DE 22 °Be
0.5	0.12	0.00
1.0	0.31	0.30
2.0	0.60	0.75
3.0	1.40	1.24
4.0	2.06	1.62
5.0	2.76	2.44
6.0	3.45	3.08

Tabla C: Velocidad de depósito.

En resumen, las tecnologías seleccionadas para el proceso de cromado son:

OPERACION	TECNOLOGIA
1	Limpieza del metal con limpiadores alcalinos.
2	Pulido manual con abrasivos.
3	Desengrase de inmersión.
4	Desengrase electrolítico.
5	Activación con ácido sulfúrico.
6	Cobrizado en baño alcalino.
7	Niquelado en baño electrolítico tipo Watts.
8	Cromado

### CONCLUSION.

La selección de tecnologías que se muestra, está basada tanto en la literatura como en comentarios de personal con amplia experiencia en el ramo de los recubrimientos; por lo que, una vez definida la tecnología, se podrá establecer el proceso a seguir, tal y como se verá más adelante.

## **CAPITULO 4 BASES DE DISEÑO**

**Nombre de la Planta:**

Planta de Cromado.

**Localización de la Planta:**

Estado de México.

**Función:**

La planeación de esta planta contempla la aplicación de recubrimientos sobre piezas pequeñas, cuyo peso aproximado sea de 0.075 Kg. La razón por la que se ha seleccionado este peso es que este tipo de piezas tienen gran demanda en industrias como la automotriz, la ornamental y la mueblera.

**Tipo de Proceso:**

Aplicación de recubrimientos metálicos utilizando el método de deposición electrolítica, refiriéndose particularmente al cromado.

**Capacidad de la Planta:**

En base al estudio de mercado, en donde se decidió que la planta de cromado tendría una producción de 149 a 237 TON/año, se eligen 235 TON/año como capacidad nominal de la planta, siendo este un valor que se encuentra dentro del intervalo anterior. Ahora bien, tomando en cuenta que las piezas tienen un peso promedio de 0.075 Kg y que las 235 TON/año se refieren al peso total de las piezas (no al peso del recubrimiento), se deduce que el número de piezas procesadas al año será de 3'133,333, lo que se confirma con las producciones encontradas en las industrias investigadas.

**Factor de Servicio:**

Considerando que el tiempo de operación anual es de 80%:

$$\text{Días de Operación} = 365(0.8) = 310$$

Los días restantes la planta estará en paro por mantenimiento.

**Flexibilidad:**

A falta de energía eléctrica, la planta operará con un generador de emergencia.

**Previsiones para Ampliaciones Futuras:**

Se considera un área suficiente para la instalación de equipos adicionales al proceso, o bien, equipos de mayor capacidad que hagan el proceso más eficiente.

**Especificaciones sobre la Alimentación:**

Estará constituida por cualquier tipo de piezas a recubrir.

Condiciones: Se hará bajo condiciones ambientales.

Procedencia: De industrias que requieran recubrimientos de cromo en sus productos.

**Especificaciones del Producto:**

Metal base y especificación ASTM correspondiente: Cobre (B-141-54).

Recubrimiento: Níquel, Cromo.

Espesor mínimo en milésimas de mm necesario para distintas exposiciones en servicio:

Níquel	12.5 (severa)
	7.5 (normal)
	2.5 (moderada)
Cromo	0.25 (severa)
	0.25 (normal)
	0.25 (moderada)

El producto deberá:

- Proporcionar una barrera dura e inerte que evite el contacto metálico con el medio.
- Asegurar una buena adhesión de la superficie metálica para la aplicación de otras capas de recubrimiento.
- Proporcionar resistencia a la corrosión.
- Proporcionar una superficie lisa de baja fricción.
- Proporcionar más facilidad en el limpiado.
- Prevenir la contaminación de un producto contenido.
- Proteger la superficie de la oxidación a altas temperaturas.

**Elementos de Seguridad:**

- Red contra incendio.
- Extintores de polvo químico seco.
- Espacio de seguridad y mantenimiento entre los equipos.
- Adecuada colocación de los equipos más peligrosos que puedan ocasionar un incendio en la planta.

**Condiciones de los Productos en Límites de Bataría:**

Producto: Piezas cromadas.

Estado físico: Sólido.

Presión normal: Atmosférica.

Temperatura: Ambiente.

**Eliminación de Desechos, Normas y Requerimientos:**

Agua: Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Aire: Ley de Humos y Polvos.

**Almacenamiento:**

Las piezas terminadas se almacenarán a temperatura ambiente en el almacén de la planta.

**Servicios Auxiliares:**

**Vapor.**

Tipo de vapor: Baja presión

Presión: 15 psig

Temperatura: 250°F

**Agua para Caldera (desmineralizada).**

Análisis:

<u>Componente</u>	<u>p.p.m.</u>	<u>p.p.m. como CaCO<sub>3</sub></u>
Sodio	1 - 9	1 - 9
Hidróxidos	1 - 9	1
Silicio	0.8 - 1	como SiO <sub>2</sub>
pH	8 - 9	---
Dureza	0	---

**Agua de Servicio Público.**

Requerimiento: Potable

Disponibilidad: Ilimitada

Temperatura de retorno: Ambiental

Presión de retorno: Ambiental

Suministro: Municipal

**Aire de Instrumentos.**

Se genera en límites de batería por compresores, debe estar seco y libre de aceites.

**Aire de la Planta.**

Suministro, mantenimiento y limpieza de la misma, así como relevo de aire de instrumentos.

**Combustible:**

**Diésel.**

**Forma: Líquida**

**Fuente de suministro: PEMEX**

**Presión: 30 psig**

**Temperatura: 52 mín.**

**Disponibilidad: Requerida**

**Composición: Agua y sedimento, 0.05% vol. máx.**

**Carbón RAMSBOTTOM (en 10% de residuo), 0.25% peso máx.**

**Cenizas, 0.01% peso máx.**

**Azufre, 0.5% peso máx.**

**Alimentación de Energía Eléctrica:**

**Fuente de Suministro: C.F.E.**

**Sistema: Trifásico**

**Aislamiento: Plástico**

**Acometida: Subterránea**

**Comunicaciones:**

**Interna: Teléfonos e Interphone**

**Externa: Teléfonos y Fax**

**Condiciones Climatológicas:**

**Temperatura máxima extrema: 32.8°C**

**Temperatura mínima extrema: 9.2°C**

**Temperatura de bulbo seco: 27.5°C**

**Temperatura de bulbo húmedo: 17°C**

**Temperatura promedio anual: 15.4°C**

**Vientos dominantes (velocidad y dirección): S-SW; 20.3 m/s**

**Vientos reinantes (velocidad y dirección): S-SE; 29.5 m/s**

**Velocidad máxima de vientos: 110 millas/hr**

Tipo de ambiente en el lugar: semihumedo, semifrío  
Humedad relativa máxima/mínima anual: 86%  
Humedad media anual: 58%  
Presión barométrica: 585 mm Hg  
Precipitación media anual: 746.8 mm  
Precipitación horaria máxima: 57 mm  
Nivel freático: 1.5 m  
Tormentas eléctricas por año: 25

**Bases de Diseño Eléctrico:**

Código para clasificación de áreas: PEMEX, API  
Corriente de alumbrado: 120 V / 1 fase  
Acometida: Subterránea

**Drenajes:**

Tipo aceitoso: Se entregará en límites de batería y será de acero al carbón reforzado.  
Tipo pluvial: Se entregará en límites de batería y será de concreto reforzado.  
Tipo sanitario: Se entregará en límites de batería y será de concreto.  
Tipo químico: Se entregará en límites de batería y será de concreto forrado con azulejo.

**Maqueta:**

Se realizará en escala 1:100

Para la localización e identificación de equipo se tendrá el siguiente código de colores:

Soporterías, bardas y accesos: Gris  
Tanques de almacenamiento: Blanco  
Equipo: Negro (con número de identificación)  
Extintores contra incendio: Rojo  
Agua potable: Azul  
Aire: Amarillo



Combustible: Café  
Áreas verdes: Verde

**Solicitaciones para Plano y Plano:**

Manual de Obras Civiles de la C.F.E.

**Se Construirán:**

Taller de pulido  
Línea de cromado  
Casa de fuerza  
Cuarto de control  
Planta de tratamiento de efluentes  
Almacén de recepción  
Taller de mantenimiento  
Bodega de materia prima  
Almacén de material terminado  
Departamento de revisión y empaque  
Laboratorio  
Oficinas administrativas  
Baños y regaderas

## **CAPITULO 5**

### **ESQUEMA Y DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO**

En este capítulo se muestran los dibujos correspondientes al Esquema de Proceso y al Diagrama de Flujo de Proceso para la Planta de Cromado, así como una explicación breve de los mismos.

#### **ESQUEMA DE PROCESO.**

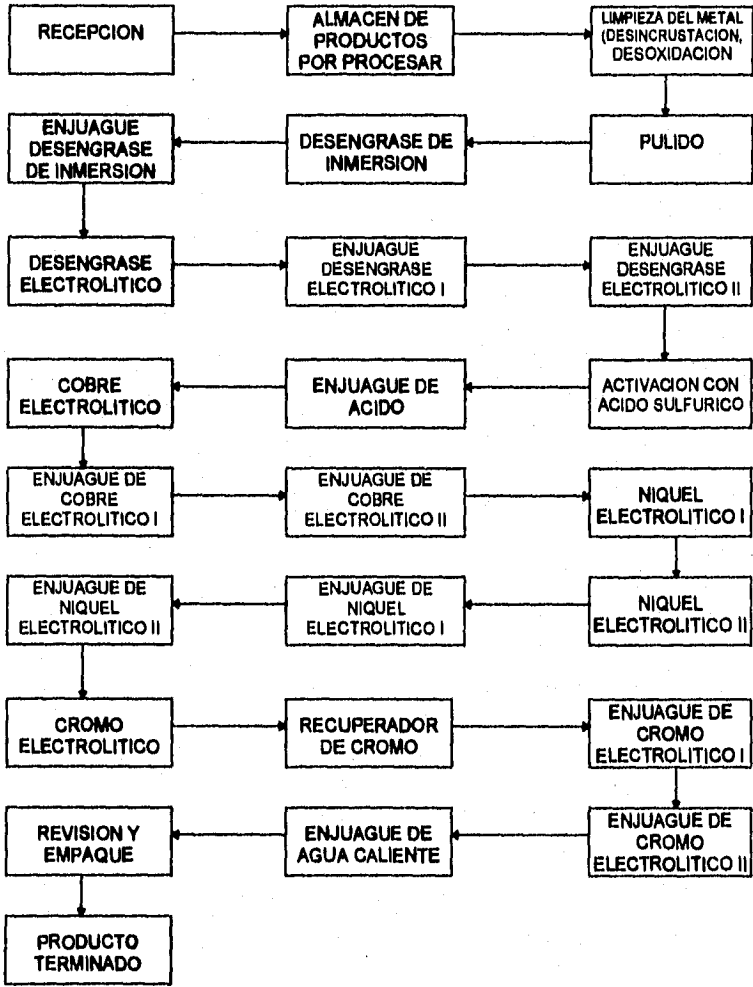
Un documento fundamental para la realización de un proyecto es el esquema de proceso, ya que ayuda en la resolución de problemas de diseño y operación.

Un esquema de proceso debe ser individualístico y claro, ya que puede ser utilizado para propósitos muy variados, además de que es extremadamente útil en las etapas iniciales del estudio de un proceso.

En el esquema de cuadros que se muestra a continuación, se representan cada una de las operaciones unitarias involucradas en el proceso de cromado, indicando así la secuencia que se debe seguir para recubrir electroquímicamente las piezas de la producción. También, se pueden visualizar de una manera rápida y directa las diferentes actividades que se deben realizar en la línea de cromado.

El proceso de electrodeposición requiere de condiciones de operación óptimas, las cuales presentan intervalos de variación mínimos. En tales condiciones, sólo es posible modificar el tiempo de permanencia en el tanque de proceso para conseguir los fines deseados.

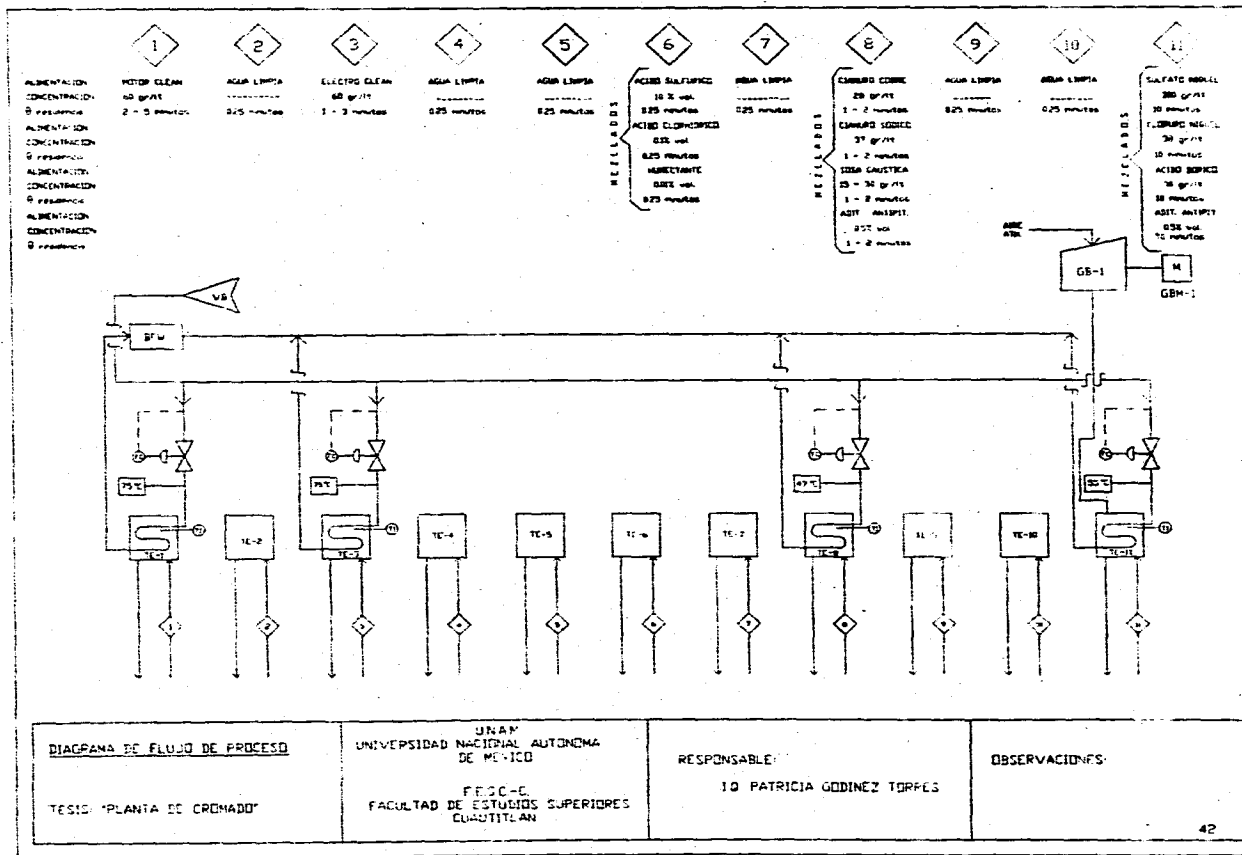
**ESQUEMA DE PROCESO  
"PLANTA DE CROMADO"**



### **DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.**

El Diagrama de Flujo de Proceso es utilizado con mayor frecuencia por el Ingeniero Químico para resolver problemas de diseño y operación, y debe estar dibujado de tal forma que el flujo y las operaciones del proceso sean claras, exactas y útiles.

En el Diagrama de Flujo de Proceso que se muestra, se pueden ver los detalles esenciales mediante líneas principales que indican la dirección de los flujos de entrada y salida de la alimentación a cada tina electrolítica, así como el suministro de vapor a las mismas. También, se presentan datos pertinentes del proceso, tales como temperaturas, concentraciones y tiempos de residencia. En este diagrama las presiones han sido omitidas, ya que en todos los casos la presión que se tiene es la atmosférica.



<p>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</p> <p>TESIS "PLANTA DE CRONADO"</p>	<p>UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉJICO</p> <p>FES-C FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN</p>	<p>RESPONSABLE:</p> <p>IQ PATRICIA GODINEZ TOPPES</p>	<p>OBSERVACIONES:</p>
--	---	---	-----------------------

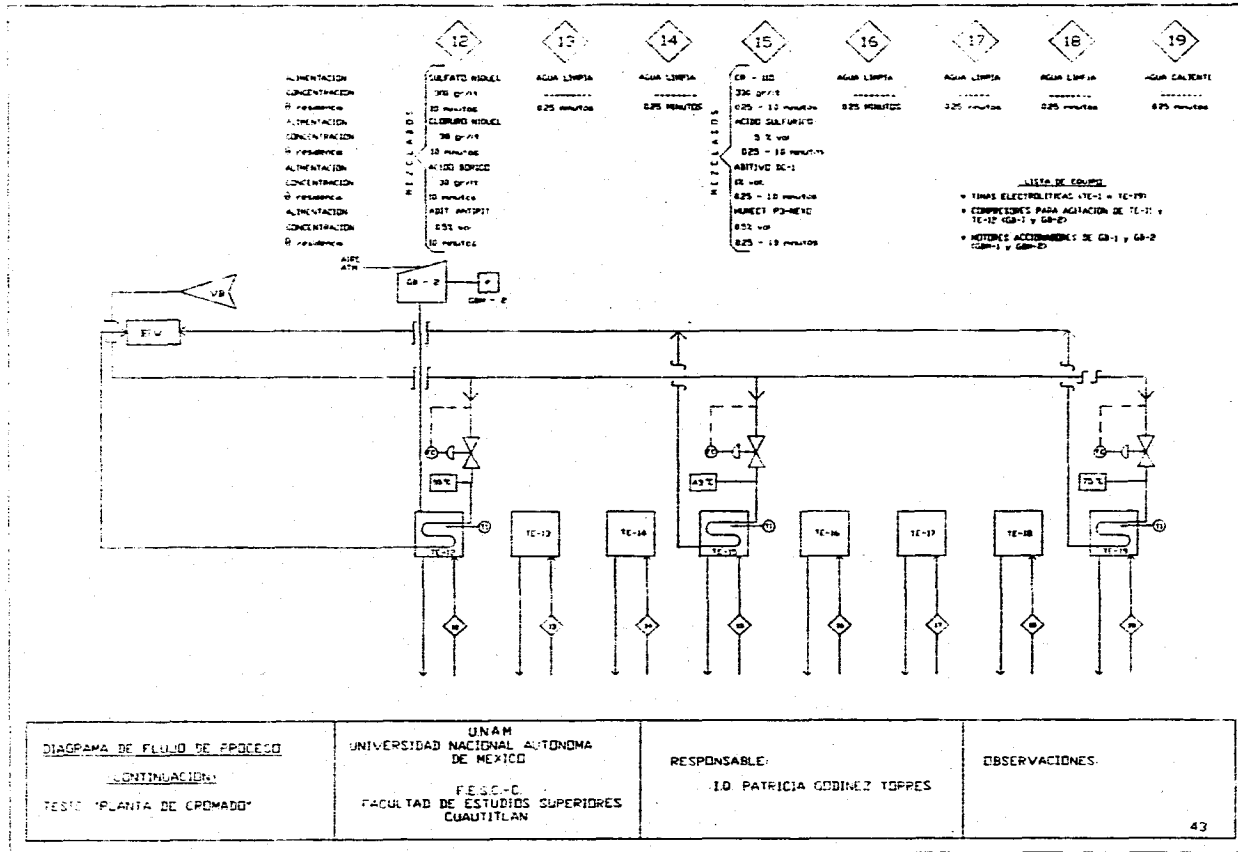


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO CONTINUACION TESIS PLANTA DE CREMADO	UNAM UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO F.E.S.C.-C. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	RESPONSABLE: I.D. PATRICIA GODINEZ TOPRES	OBSERVACIONES
---	--	--	---------------

## **CAPITULO 6**

### **BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA**

Cada una de las operaciones unitarias que se necesitan en un proceso pueden ofrecer diversas alternativas desde el punto de vista económico. Entonces deben elaborarse balances de materiales y energía, y los resultados registrarse de una manera ordenada de tal modo que puedan ser empleados para los muchos cálculos de diseño de renglones generales e individuales de equipo, así como para el establecimiento de sus propias especificaciones por escrito. Por tales razones, en este capítulo se desarrollarán los balances de materia y de energía para la Planta de Cromado.

#### **BALANCE DE MATERIA**

En este caso el balance de materia es relativamente simple, es decir, la cantidad de masa que entra a cada una de las tinas es prácticamente la misma que sale. Esto se debe a que la cantidad de masa depositada es tan pequeña que es despreciable frente al peso de las piezas por recubrir. Por tal motivo, únicamente se realizarán los cálculos para conocer los flujos másicos en cada tina, y, a partir de éstos, se podrán obtener las dimensiones de las mismas.

- *Tinas de: Desengrase de Inmersión, Desengrase Electrolítico, Enjuague de Agua Caliente, Cobre Electrolítico, Cromo Electrolítico y Tinas de Enjuague.*

Considerando que la producción será de 235 TON/año y que se trabajarán 250 días hábiles (descontando los descansos y los días en que la planta estará en paro), se tiene:

$$(235 \text{ TON/año}) / (250 \text{ días/año}) (\text{TON} / 1,000 \text{ Kg}) = 940 \text{ Kg/día}$$

Tomando en cuenta que se trabajan 6 horas efectivas en un turno de 8 horas, tenemos:

$$(940 \text{ Kg/día}) / (\text{día} / 6 \text{ hrs}) = 156.96 \text{ Kg/hr}$$

Experimentalmente se ha encontrado que cada hora son procesadas 5.5 barras catódicas, por lo que, en base a este dato y al peso promedio de las piezas más comunes, tales como rodajas, aletas, tubos, horquillas, etc., podemos escribir la ecuación:

$$(0.075 \text{ Kg/pza}) (X \text{ pza/soporte}) (Y \text{ soporte/barra}) (5.5 \text{ barra/hr}) = 156.96 \text{ Kg/hr}$$

Para conocer el número de piezas y de soportes se tiene que cumplir la ecuación anterior, debido a que el flujo ha sido calculado a partir de la capacidad de la planta. Para ello se puede fijar el número de soportes y así automáticamente se obtendrá el número de piezas.

Por lo tanto, fijando  $Y=10$  soportes, el número de piezas obtenido es  $X=38$ . Estos resultados concuerdan con los datos reales investigados. Entonces, en cada tina se encontrará una barra catódica, la cual transportará 10 soportes y cada soporte contendrá 38 piezas. Una vez que se conocen estos valores, se puede proceder a calcular las dimensiones de las tinas, tal y como se muestra a continuación.

**Largo:** Puesto que cada pieza ocupa un espacio aproximado de 4 cm, entonces el largo de la tina será de:

$$(38 \text{ pzas})(4 \text{ cm/pza}) = 152 \text{ cm}$$

**Ancho:** Se dará un espacio razonable de 9.1 cm para colocar cada soporte, siendo entonces el ancho de la tina:

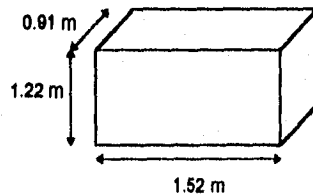
$$(10 \text{ soportes})(9.1 \text{ cm/soporte}) = 91 \text{ cm}$$

**Altura:** En lo que se refiere a la altura de la tina, se propone que ésta sea de 122 cm, para asegurar que las piezas queden bien sumergidas en el baño, además de que esta altura nos permite tener un manejo adecuado de las soluciones, que en la mayoría de los casos son tóxicas.

Por lo tanto, el volumen para cada una de estas tinas será de:

$$V = (1.52)(0.91)(1.22) = 1.5 \text{ m}^3 = 1,500 \text{ lts.}$$

Las dimensiones anteriores se pueden apreciar en el siguiente esquema:





- *Tinas de: Niquel Electrolítico I y II.*

Las tinas de niquelado serán capaces de procesar 2 barras catódicas al mismo tiempo, por lo que el flujo será del doble que en el resto de las tinas, es decir:

$$(156.96 \text{ Kg/hr})(2) = 313.92 \text{ Kg/hr}$$

Tal flujo se debe a que es precisamente en las operaciones de niquelado en donde se tiene un mayor tiempo de residencia (10 min) y como las piezas se procesan continuamente, si estas tinas no tuvieran el doble de capacidad, las piezas que vienen de las tinas anteriores (en las cuales los tiempos de residencia son muy cortos), quedarían detenidas hasta que se desocuparan las tinas de niquelado, lo cual afectaría directamente al proceso. Por lo tanto, en cada tina se encontrarán dos barras catódicas conteniendo un total de 20 soportes y 76 piezas.

Las dimensiones de estas tinas serán las mismas que en los otros casos, excepto en el ancho, que será un poco más grande, como se indica a continuación.

Largo: El largo será de 152 cm

Ancho: En este caso el espacio ocupado por cada soporte será reducido 3 cm con respecto a las otras tinas, por lo que el ancho de la tina será:

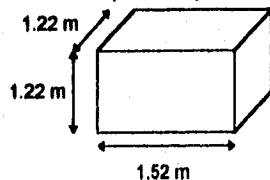
$$(20 \text{ soportes})(6.1 \text{ cm/soporte}) = 122 \text{ cm}$$

Altura: La altura de la tina será de 122 cm.

Por lo tanto, el volumen para cada una de estas tinas será de:

$$V = (1.52)(1.22)(1.22) = 2.0 \text{ m}^3 = 2,000 \text{ lts.}$$

Las dimensiones anteriores se pueden apreciar en el siguiente esquema:



Mediante información proporcionada por industrias que se dedican al cromado, se sabe que las condiciones de operación que deben permanecer en cada tina son las que a continuación se muestran. Por otro lado, es importante mencionar que algunos de los parámetros indicados, tales como temperaturas y tiempos de residencia no han sido calculados, y que a través de la experiencia, se ha encontrado que dichos datos son los más adecuados para obtener un cromado con las características deseadas en el proceso en cuestión.

**1) Desengrase de Inmersión.**

Materia Prima: Motor clean  
Concentración: 60 g/l  
Temperatura: 70-80°C  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 2-5 min.

**2) Enjuague Desengrase de Inmersión.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**3) Desengrase Electrolítico.**

Materia Prima: Electro clean  
Concentración: 60 g/l  
Temperatura: 70-80°C  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 1-3 min.  
Corriente: Directa

**4) Enjuague Desengrase Electrolítico I.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**5) Enjuague Desengrase Electrolítico II.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**6) Activación con Acido Sulfúrico.**

Materia Prima:  $H_2SO_4$ , 10% vol.  
HCl, 0.10% vol.  
Humectante, 0.01% vol.  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**7) Enjuague de Acido.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**8) Cobre Electrolítico.**

Materia Prima: Cianuro de cobre, 28 g/l  
Cianuro de sodio, 37 g/l  
Sosa cáustica, 15-30 g/l  
Aditivo antipit, 0.5% vol.  
Temperatura: 45-50°C  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 1-2 min.  
Corriente: Directa

**9) Enjuague de Cobre Electrolítico I.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**10) Enjuague de Cobre Electrolítico II.**

**Materia Prima:** Agua limpia  
**Temperatura:** Ambiente  
**Presión:** Atmosférica  
**Tiempo de Residencia:** 15 seg.

**11) Níquel Electrolítico I.**

**Materia Prima:** Sulfato de níquel, 300 g/l  
Cloruro de níquel, 38 g/l  
Acido bórico, 30 g/l  
Aditivo antipit, 0.5% vol.  
**Agitación:** Por medio de un compresor de gasto continuo.  
**Temperatura:** 50-60°C  
**Presión:** Atmosférica  
**Tiempo de Residencia:** 10 min.  
**Corriente:** Directa

**12) Níquel Electrolítico II.**

**Materia Prima:** Sulfato de níquel, 300 g/l  
Cloruro de níquel, 38 g/l  
Acido bórico, 30 g/l  
Aditivo antipit, 0.5% vol.  
**Agitación:** Por medio de un compresor de gasto continuo.  
**Temperatura:** 50-60°C  
**Presión:** Atmosférica  
**Tiempo de Residencia:** 10 min.  
**Corriente:** Directa

**13) Enjuague de Níquel Electrolítico I.**

**Materia Prima:** Agua limpia  
**Temperatura:** Ambiente  
**Presión:** Atmosférica  
**Tiempo de Residencia:** 15 seg.

**14) Enjuague de Niquel Electrolítico II.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**15) Cromo Electrolítico.**

Materia Prima: CR-110, 330 g/l  
H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> , 5% vol.  
Aditivo DC-1, 1% vol.  
Humectante P3-NEXO, 0.5% vol.  
Temperatura: 37-50°C  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.-1.0 min.  
Corriente: Directa

**16) Recuperador de Cromo.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**17) Enjuague de Cromo Electrolítico I.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**18) Enjuague de Cromo Electrolítico II.**

Materia Prima: Agua limpia  
Temperatura: Ambiente  
Presión: Atmosférica  
Tiempo de Residencia: 15 seg.

**19) Enjuague de Agua Caliente.**

Materia Prima: Agua caliente.

Temperatura: 70-80°C

Presión: Atmosférica

Tiempo de Residencia: 15 seg.

**BALANCE DE ENERGIA**

A continuación se calculará la energía térmica que se debe suministrar a cada una de las tinas para mantener las condiciones adecuadas de trabajo, puesto que las soluciones utilizadas en los procesos de electrodepositos requieren de temperaturas de operación diferentes a la ambiental.

**ENERGIA CEDIDA A LA SOLUCION Y AL MEDIO AMBIENTE.**

El balance de energía para las soluciones, considera cuatro factores esenciales, los cuales se enuncian a continuación:

**1) Cantidad de calor necesario para llevar la solución de temperatura ambiente hasta la de operación. (Q<sub>1</sub>)**

Las fórmulas que se emplearán en este inciso son las siguientes:

$$M_1 = V \times d$$

donde:

$M_1$ ,  $V$  y  $d$  = masa, volumen y densidad de la solución, respectivamente.

$$Q_1 = M_1 \times Cp \times (T_2 - T_1)$$

donde:

$Cp$  = calor específico a presión constante.

$T_2$ ,  $T_1$  = temperaturas de operación final e inicial, respectivamente.

**2) Cantidad de calor que se pierde en la superficie del líquido por evaporación y convección.** Este tipo de pérdida presenta dos fases, una de calentamiento y otra 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. Esta cantidad de calor se definirá como  $Qc_1$ .

**Fase de operación:** Comprende a partir del inicio de actividades hasta la hora de suspenderlas. Esta cantidad de calor se definirá como  $Qo_2$ .

Las fórmulas que se utilizarán en este caso son:

$$Qc_1 = A_1 \times Pc_1 \times \theta_1$$
$$Qo_2 = A_1 \times Po_2 \times \theta_2$$

donde:

$A_1$  = área superficial de las tinas.

$Pc_1, Po_2$  = pérdidas en la superficie del líquido en las fases de calentamiento y operación, respectivamente.

(Estos valores se obtienen a partir de la tabla D).

$\theta_1, \theta_2$  = tiempos de calentamiento en las fases de calentamiento y operación, respectivamente.

**3) Cantidad de calor que se pierde en las paredes por convección.** Las tinas consideradas para el proceso poseen aislamiento térmico de 1" de espesor para reducir las pérdidas por convección. Este espesor se seleccionó debido a las condiciones de operación de las tinas, 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. Esta cantidad de calor se definirá como  $Qc_3$ .

**Fase de operación:** Comprende a partir del inicio de actividades hasta la hora de suspenderlas. Esta cantidad de calor se definirá como  $Qo_3$ .

En este punto se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$Qc_3 = A_3 \times Pc_3 \times \theta_3$$
$$Qo_3 = A_3 \times Po_3 \times \theta_3$$

donde:

$A_3$  = Área de las paredes de las tinas.

$P_{c_1}$ ,  $P_{o_3}$  = pérdidas en las paredes en las fases de calentamiento y operación, respectivamente.

(Estos valores se obtienen a partir de la Tabla D).

$\theta_{c_1}$ ,  $\theta_{o_3}$  = tiempos de calentamiento en las fases de calentamiento y operación, respectivamente.

#### 4) Cantidad de calor que se extrae a causa del proceso. (Q<sub>4</sub>)

Considerando las piezas por recubrir, se utilizará la siguiente ecuación:

$$Q_4 = M_4 \times Cp \times (T_2 - T_1)$$

donde:

$M_4$  = masa de las piezas por recubrir.

$Cp$  = calor específico a presión constante.

$T_2$ ,  $T_1$  = temperaturas de operación final e inicial, respectivamente.

#### 5) Cantidad de calor total. (Q<sub>5</sub>)

Para obtener la cantidad de calor total, es necesario llevar a cabo la suma de los calores parciales obtenidos para cada operación, teniendo:

$$Q_5 = Q_1 + Q_{c_2} + Q_{o_2} + Q_{c_3} + Q_{o_3} + Q_4$$

#### CONSIDERACIONES.

Los cálculos correspondientes a los incisos anteriores, se harán bajo las siguientes consideraciones:

- El volumen de las tinas de Desengrase de Inmersión, Desengrase Electrolítico, Enjuague de Agua Caliente, Cobre Electrolítico y Cromo Electrolítico, es de 1,500 lts.
- El volumen de las tinas de Níquel Electrolítico I y II, es de 2,000 lts.



- Los casos contemplados en los incisos 1 y 4 se consideran que tienen valores de Cp similares al del agua, debido a la baja concentración de las sales en la solución, por lo que se tomará un valor de Cp = 1.0 BTU/lb°F.
- Las áreas de las tinas de Desengrase de Inmersión, Desengrase Electrolítico, Enjuague de Agua Caliente, Cobre Electrolítico y Cromo Electrolítico, consideradas en los incisos 2 y 3 son de 14.88 ft<sup>2</sup> y de 78.7 ft<sup>2</sup>, respectivamente, y han sido evaluadas de la siguiente forma:

$$A_2 = (1.52 \text{ m})(0.91 \text{ m})(\text{plg}/0.0254 \text{ m})^2 (\text{ft}/12 \text{ plg})^2 = 14.88 \text{ ft}^2$$

A<sub>3</sub> = área de los costados + área de los cabezales + área del fondo

$$A_3 = [(2)(1.52 \text{ m})(1.22 \text{ m}) + (2)(1.22 \text{ m})(0.91 \text{ m}) + (1.52 \text{ m})(0.91 \text{ m})] \times (\text{plg}/0.0254 \text{ m})^2 (\text{ft}/12 \text{ plg})^2 = 78.7 \text{ ft}^2$$

- Las áreas de las tinas de Níquel Electrolítico I y II, consideradas en los incisos 2 y 3 son de 19.96 ft<sup>2</sup> y de 91.92 ft<sup>2</sup>, respectivamente, y han sido evaluadas de la siguiente forma:

$$A_2 = (1.52 \text{ m})(1.22 \text{ m})(\text{plg}/0.0254 \text{ m})^2 (\text{ft}/12 \text{ plg})^2 = 19.96 \text{ ft}^2$$

A<sub>3</sub> = área de los costados + área de los cabezales + área del fondo

$$A_3 = [(2)(1.52 \text{ m})(1.22 \text{ m}) + (2)(1.22 \text{ m})(1.22 \text{ m}) + (1.52 \text{ m})(1.22 \text{ m})] \times (\text{plg}/0.0254 \text{ m})^2 (\text{ft}/12 \text{ plg})^2 = 91.92 \text{ ft}^2$$

- En el inciso 4, el valor tomado para la masa, en el caso de las tinas de Desengrase de Inmersión, Desengrase Electrolítico, Enjuague de Agua Caliente, Cobre Electrolítico y Cromo Electrolítico, es de 156.96 Kg. Este dato ya ha sido calculado en el balance de materia.
- En el inciso 4, el valor tomado para la masa, en el caso de las tinas de Níquel Electrolítico I y II, es de 313.92 Kg. Este dato ya ha sido calculado en el balance de materia.

Por lo tanto, tomando en cuenta las consideraciones anteriores y las fórmulas indicadas, los resultados que se obtienen en cada etapa del proceso que requiere de calentamiento son:

-Tinas de Desengrase de Inmersión, Desengrase Electrolítico  
y Enjuague de Agua Caliente -

Datos:

$$T_1 = 60^\circ\text{F}; T_2 = 180^\circ\text{F}$$

$$d = 1.1531 \text{ Kg/t}$$

$$Pc_2 = 130 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$$

$$Po_2 = 2,000 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 180^\circ\text{F)}$$

$$Pc_3 = 12 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$$

$$Po_3 = 48 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 180^\circ\text{F)}$$

$$\theta_2 \text{ y } \theta_3 = 4 \text{ hrs}$$

$$\theta_2 \text{ y } \theta_3 = 8 \text{ hrs}$$

Resultados:

$$M_1 = 3,805.23 \text{ lb}$$

$$Q_1 = 458,827.6 \text{ BTU}$$

$$Qc_2 = 7,737.6 \text{ BTU}$$

$$Qo_2 = 238,080 \text{ BTU}$$

$$Qc_3 = 3,777.6 \text{ BTU}$$

$$Qo_3 = 28,981.6 \text{ BTU}$$

$$Q_4 = 41,437.44 \text{ BTU}$$

$$Q_7 = 776,821.64 \text{ BTU}$$

-Tina de Cobre Electrolítico -

Datos:

$$T_1 = 60^\circ\text{F}; T_2 = 110^\circ\text{F}$$

$$d = 1.107 \text{ Kg/t}$$

$$Pc_2 = 130 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$$

$$Po_2 = 330 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 110^\circ\text{F)}$$

$$Pc_3 = 12 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$$

$$Po_3 = 19 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 110^\circ\text{F)}$$

$$\theta_2 \text{ y } \theta_3 = 4 \text{ hrs}$$

$$\theta_2 \text{ y } \theta_3 = 8 \text{ hrs}$$

**Resultados:**

$M_1 = 3,853.1 \text{ lb}$   
 $Q_1 = 182,655 \text{ BTU}$   
 $Q_{c_2} = 7,737.6 \text{ BTU}$   
 $Q_{o_2} = 39,283.2 \text{ BTU}$   
 $Q_{c_3} = 3,777.6 \text{ BTU}$   
 $Q_{o_3} = 11,962.4 \text{ BTU}$   
 $Q_4 = 17,265.6 \text{ BTU}$   
 $Q_5 = 262,681.4 \text{ BTU}$

**- Tinas de Niquel Electrolítico I y II -**

**Datos:**

$T_1 = 60^\circ\text{F}; T_2 = 140^\circ\text{F}$   
 $d = 1.209 \text{ Kg/ft}$   
 $P_{c_2} = 130 \text{ BTU/ft}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$   
 $P_{o_2} = **1,000 \text{ BTU/ft}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 140^\circ\text{F)}$   
 $P_{c_3} = 12 \text{ BTU/ft}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$   
 $P_{o_3} = 31 \text{ BTU/ft}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 140^\circ\text{F)}$   
 $\theta_{c_2} \text{ y } \theta_{c_3} = 4 \text{ hrs}$   
 $\theta_{o_2} \text{ y } \theta_{o_3} = 8 \text{ hrs}$

\*\* De la tabla D, el valor correspondiente a  $140^\circ\text{F}$  es de  $820 \text{ BTU/ft}^2 \text{ hr}$ , pero se aplica un 22% como seguridad, ya que estos tanques poseen agitación del líquido por medio de aire comprimido, de manera que se llega hasta  $1,000 \text{ BTU/ft}^2 \text{ hr}$ .

**Resultados:**

$M_1 = 5,319.6 \text{ lb}$   
 $Q_1 = 425,568 \text{ BTU}$   
 $Q_{c_2} = 10,379.2 \text{ BTU}$   
 $Q_{o_2} = 159,680 \text{ BTU}$   
 $Q_{c_3} = 4,412.16 \text{ BTU}$   
 $Q_{o_3} = 22,796.16 \text{ BTU}$   
 $Q_4 = 55,249.92 \text{ BTU}$   
 $Q_5 = 678,065.44 \text{ BTU}$

- Tina de Cromo Electrolítico -

Datos:

$$T_1 = 60^\circ\text{F}; T_2 = 130^\circ\text{F}$$

$$d = 1.22 \text{ Kg/l}$$

$$Pc_1 = 130 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$$

$$Po_2 = 615 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 130^\circ\text{F)}$$

$$Pc_3 = 12 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 60^\circ\text{F)}$$

$$Po_3 = 27 \text{ BTU/m}^2 \text{ hr (de la tabla D, a } 130^\circ\text{F)}$$

$$\theta_2 \text{ y } \theta_3 = 4 \text{ hrs}$$

$$\theta_1 \text{ y } \theta_4 = 8 \text{ hrs}$$

Resultados:

$$M_1 = 4,026 \text{ lb}$$

$$Q_1 = 281,820 \text{ BTU}$$

$$Qc_2 = 7,737.6 \text{ BTU}$$

$$Qo_2 = 73,209.6 \text{ BTU}$$

$$Qc_3 = 3,777.6 \text{ BTU}$$

$$Qo_3 = 16,999.2 \text{ BTU}$$

$$Q_4 = 24,171.84 \text{ BTU}$$

$$Q_1 = 407,715.84 \text{ BTU}$$

### **CALCULO DE LA ENERGIA TOTAL EN LA PLANTA.**

La suma de las energías parciales que deben ser suministradas a las tinas , permite conocer la energía total requerida. En la tabla siguiente se presentan las energías parciales y el total requerido.

<b>ETAPA</b>	<b>ENERGIA REQUERIDA (BTU)</b>
Desengrase de Inmersión	776,621.84
Desengrase Electrolytico	776,621.84
Cobre Electrolytico	282,681.40
Niquel Electrolytico I	676,085.44
Niquel Electrolytico II	676,085.44
Cromo Electrolytico	407,715.84
Enjuague de Agua Caliente	<u>776,621.84</u>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>4'356,433.60</b>
10% pérdidas	<u>435,643.36</u>
<b>TOTAL</b>	<b>4'792,077.00</b>

En la siguiente tabla se tiene una tabulación de las pérdidas de calor, tanto en la superficie del líquido como en las paredes, a diferentes temperaturas de trabajo. Debido a los muchos factores que afectan a la transferencia de calor, los valores de esta tabla se deben utilizar primordialmente para estimaciones preliminares de diseño, ya que los datos mostrados engloban todos esos factores (tales como el tiempo, el coeficiente global de transferencia de calor, etc.) y por lo tanto son aproximados. Además, el uso de esta tabla se encuentra limitado a tanques abiertos y a líquidos cuyas propiedades sean similares a las del agua, lo cual se cumple en nuestro caso en particular.

PERDIDA DE CALOR DE LA SUPERFICIE EN BTU/m <sup>2</sup> hr			
Temperatura del líquido, °F.	Pérdidas por evaporación.	Pérdidas por radiación.	Pérdidas superficiales totales.
90	80	50	130
100	160	70	230
110	240	90	330
120	360	110	470
130	480	135	615
140	660	160	820
150	860	180	1,040
160	1,100	210	1,310
170	1,380	235	1,610
180	1,740	260	2,000
190	2,160	290	2,450
200	2,680	320	3,000
210	3,240	350	3,590
PERDIDA DE CALOR POR LAS PAREDES EN BTU/m <sup>2</sup> hr			
Temperatura del líquido, °F	Pared de acero.	Aislamiento 1" de grueso.	Aislamiento 3" de grueso
90	50	12	4
100	70	15	6
110	90	19	7
120	110	23	9
130	135	27	10
140	160	31	12
150	180	34	13
160	210	38	15
170	235	42	16
180	260	46	17
190	290	50	19
200	320	53	20
210	360	57	22

Tabla D: Pérdidas de calor a diferentes temperaturas.  
(Tomada de Graham, K.A., Electroplating Engineering Hand Book).

### **BALANCE GLOBAL DE VAPOR.**

Al recurrir al empleo de vapor saturado con 15 psig de presión, se dispone de una temperatura de 250°F y, consultando las tablas de vapor, se tiene que, para vapor saturado  $\Delta H = 1,164$  BTU/lb. Entonces, la cantidad total de vapor que entra al proceso puede ser calculada de la siguiente forma:

$$\text{libras de vapor} = 4'792,077 \text{ BTU} / 1,164 \text{ BTU/lb}$$

$$\text{libras de vapor} = 4,117$$

La producción de vapor estará a cargo de una caldera y posteriormente será enviado a cada una de las tinas que necesitan calentamiento. Una vez que el vapor ha sido utilizado, será recirculado al tanque de agua de alimentación a caldera (BFW).

## **CAPITULO 7 CALCULO DEL EQUIPO**

En este capítulo se presentan los cálculos necesarios para dimensionar cada uno de los equipos involucrados en el proceso.

### **EQUIPO DE PROCESO.**

#### **Tinas Electrolíticas.**

- Se requieren 17 tinas electrolíticas de placa de acero de 3/16" de espesor, con dimensiones de 1.52 × 0.91 × 1.22 metros.
- Se requieren 2 tinas electrolíticas de placa de acero de 3/16" de espesor, con dimensiones de 1.52 × 1.22 × 1.22 metros.

**Nota:** Las dimensiones propuestas para las tinas ya fueron calculadas en el balance de materia.

#### **Serpentines de Calentamiento.**

El calentamiento de las soluciones se hará por medio de vapor de baja presión proveniente de una caldera y se utilizarán serpentines de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40.

Se considera convección natural para las tinas y una temperatura ambiente de 60°F.

La fórmula que se utiliza para calcular la transmisión de calor en flujo en paralelo o en contracorriente es:

$$Q = (U)(A)(LMTD)$$



donde:

Q = Cantidad de calor requerido para elevar la temperatura.

U = Coeficiente global de transferencia de calor.

A = Area requerida para la transferencia de calor.

LMTD = Media logarítmica de las diferencias de temperaturas.

De la ecuación anterior se tiene que el área de transferencia de calor es:

$$A = (Q)/(U)(LMTD)$$

Por definición:

$$LMTD = (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)$$

Puesto que el coeficiente de transferencia de calor en el lado del agua  $h_w$ , será mucho más pequeño que el coeficiente de transferencia de calor del vapor  $h_v$ ; el  $h_w$  del agua será el que controle la transmisión total de calor, entonces el coeficiente de transferencia de calor "U", será aproximadamente igual o un poco más alto que  $h_w$  en el lado de la solución. El coeficiente reportado para vapor con una solución acuosa en los lados caliente y frío, respectivamente, para el caso de serpentines internos de acero, considerando convección natural y el factor de ensuciamiento habitual, es de 160 BTU/ft<sup>2</sup> hr (Perry and Chilton; Manual del Ingeniero Químico, Tabla 10-13).

- Tinas de Desengrase de Inmersión, Desengrase Electrolítico  
y Enjuague de Agua Caliente -

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor (U):

Para una tubería de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se tiene un "U" de 160 BTU/ft<sup>2</sup> hr.

Cálculo de la media logarítmica de las diferencias de temperaturas (LMTD):

Para el vapor:  $T_1 = 250$  °F,  $T_2 = 125$  °F

Para la solución:  $t_1 = 60$  °F,  $t_2 = 180$  °F

Entonces:  $\Delta T_1 = T_1 - t_2 = 70$  °F y  $\Delta T_2 = T_2 - t_1 = 65$  °F

$$LMTD = (70-65)/\ln(70/65)$$

$$LMTD = 67$$

Cálculo del área de transferencia de calor (A):

$$A = (776,621.84)/(160)(67)$$

$$A = 72 \text{ ft}^2$$

Puesto que el tubo que se va a usar para la fabricación del serpentín es de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se conoce que éste posee una superficie por ft de longitud de 0.498 ft<sup>2</sup> /ft; por lo tanto se requiere una longitud para el serpentín de:

$$L = (72 \text{ ft}^2) / (0.498 \text{ ft}^2) (0.3048 \text{ m/ft}) = 44 \text{ m.}$$

Concluyendo, se requieren 3 serpentines de 44 m. de longitud para llevar a cabo el calentamiento de los baños de desengrase de inmersión, desengrase electrolítico y enjuague de agua caliente, los cuales se distribuirán de la siguiente forma:

15 tramos rectos de 1.4 m.

14 secciones en forma de U de 0.1 m.

El largo total de este arreglo nos proporciona 22.0 m., por lo que se deben utilizar dos serpentines por tina.

#### - Tina de Cobre Electrolítico -

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor (U):

Para una tubería de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se tiene un "U" de 160 BTU/ft<sup>2</sup> hr.

Cálculo de la media logarítmica de las diferencias de temperaturas (LMTD):

Para el vapor:  $T_1 = 250 \text{ }^\circ\text{F}$ ,  $T_2 = 125 \text{ }^\circ\text{F}$

Para la solución:  $t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{F}$ ,  $t_2 = 110 \text{ }^\circ\text{F}$

Entonces:  $\Delta T_1 = T_1 - t_2 = 140 \text{ }^\circ\text{F}$  y  $\Delta T_2 = T_2 - t_1 = 65 \text{ }^\circ\text{F}$

$$\text{LMTD} = (140-65) / \ln(140/65)$$

$$\text{LMTD} = 98$$

Cálculo del área de transferencia de calor (A):

$$A = (262,681.4)/(160)(98)$$

$$A = 17 \text{ ft}^2$$

Puesto que el tubo que se va a usar para la fabricación del serpentín es de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se conoce que éste posee una superficie por ft de longitud de 0.498 ft<sup>2</sup>/ft; por lo tanto se requiere una longitud para el serpentín de:

$$L = (17 \text{ ft}^2) / (0.498 \text{ ft}^2) (0.3048 \text{ m/ft}) = 10 \text{ m.}$$

Concluyendo, se requiere 1 serpentín de 10 m. de longitud para llevar a cabo el calentamiento del baño de cobre electrolítico, el cual se distribuirá de la siguiente manera:

7 tramos rectos de 1.4 m.

6 secciones en forma de U de 0.1 m.

El largo total de este arreglo nos proporciona 10.0 m., por lo que sólo se requiere de un serpentín.

#### - Tinas de Niquel Electrolítico I y II -

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor (U):

Para una tubería de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se tiene un "U" de 160 BTU/m<sup>2</sup> hr.

Cálculo de la media logarítmica de las diferencias de temperaturas (LMTD):

Para el vapor:  $T_1 = 250 \text{ }^\circ\text{F}$ ,  $T_2 = 125 \text{ }^\circ\text{F}$

Para la solución:  $t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{F}$ ,  $t_2 = 140 \text{ }^\circ\text{F}$

Entonces:  $\Delta T_1 = T_1 - t_2 = 110 \text{ }^\circ\text{F}$  y  $\Delta T_2 = T_2 - t_1 = 65 \text{ }^\circ\text{F}$

$$\text{LMTD} = (110-65) / \ln(110/65)$$

$$\text{LMTD} = 86$$

Cálculo del área de transferencia de calor (A):

$$A = (678,085.44) / (160)(86)$$

$$A = 49 \text{ ft}^2$$

Puesto que el tubo que se va a usar para la fabricación del serpentín es de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se conoce que éste posee una superficie por ft de longitud de 0.498 ft<sup>2</sup>/ft; por lo tanto se requiere una longitud para el serpentín de:

$$L = (49 \text{ ft}^2) / (0.498 \text{ ft}^2) (0.3048 \text{ m/ft}) = 30 \text{ m.}$$

Concluyendo, se requieren 2 serpentines de 30 m. de longitud para llevar a cabo el calentamiento de los baños de níquel electrolítico I y II, los cuales se distribuirán de la siguiente forma:

9 tramos rectos de 1.6 m.

8 secciones en forma de U de 0.1 m.

El largo total de este arreglo nos proporciona 15.0 m., por lo que se deben utilizar dos serpentines por tina.

- Tina de Cromo Electrolítico -

Cálculo del coeficiente de transferencia de calor (U):

Para una tubería de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se tiene un "U" de 180 BTU/ft<sup>2</sup> hr.

Cálculo de la media logarítmica de las diferencias de temperaturas (LMTD):

Para el vapor:  $T_1 = 250\text{ }^\circ\text{F}$ ,  $T_2 = 125\text{ }^\circ\text{F}$

Para la solución:  $t_1 = 60\text{ }^\circ\text{F}$ ,  $t_2 = 130\text{ }^\circ\text{F}$

Entonces:  $\Delta T_1 = T_1 - t_2 = 120\text{ }^\circ\text{F}$  y  $\Delta T_2 = T_2 - t_1 = 65\text{ }^\circ\text{F}$

$$\text{LMTD} = (120-65)/\ln(120/65)$$

$$\text{LMTD} = 90$$

Cálculo del área de transferencia de calor (A):

$$A = (407,715.84)/(180)(90)$$

$$A = 28\text{ ft}^2$$

Puesto que el tubo que se va a usar para la fabricación del serpentín es de acero de 1.5" de diámetro nominal, cédula 40, se conoce que éste posee una superficie por ft de longitud de 0.498 ft<sup>2</sup> /ft; por lo tanto se requiere una longitud para el serpentín de:

$$L = (28\text{ ft}^2) / (0.498\text{ ft}^2) (0.3048\text{ m/ft}) = 17\text{ m.}$$

Concluyendo, se requiere 1 serpentín de 17 m. de longitud para llevar a cabo el calentamiento del baño de cromo electrolítico, el cual se distribuirá de la siguiente forma:

10 tramos rectos de 1.6 m.

9 secciones en forma de U de 0.1 m.

El largo total de este arreglo nos proporciona 17.0 m., por lo que sólo se requiere de un serpentín.

### Compresores.

En el proceso se requieren 2 compresores centrifugos de gasto continuo de  $2.5 \text{ m}^3/\text{hr}$ , con un cuerpo de acero inoxidable. A continuación se calcula la potencia de éstos.

Datos:

$$Q = 2.5 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.1125 \text{ lb}/\text{min}.$$

$$P_1 = 14.7 \text{ psia}.$$

$$P_2 = 40.0 \text{ psia}.$$

$$\text{Peso molecular del aire} = 29 \text{ lb}/\text{lbmol}.$$

$$\text{Densidad del aire} = 0.0764 \text{ lb}/\text{pie}^3 \text{ (a } 14.7 \text{ psia y } 60^\circ\text{F)}$$

$$\text{Capacidad de calor molar} = 6.97 \text{ BTU}/\text{lbmol}^\circ\text{R}.$$

Cálculos:

$$k = \frac{6.97}{(6.97 - 1.987)} = 1.4$$

donde  $k$  es igual a la relación de calores específicos,  $C_p/C_v$ .

$$\frac{k-1}{k} = \frac{1.4-1}{1.4} = 0.286$$

Base:

$$\frac{0.1125 \text{ lb}/\text{min}}{29 \text{ lb}/\text{lbmol}} = 0.004 \text{ lbmol}/\text{min}$$

$$\text{Trabajo} = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

$$\text{Trabajo} = (0.286)^{-1} (1544)(520) \left[ (2.72)^{0.286} - 1 \right]$$

$$\text{Trabajo} = 931,500.42 (\text{pie})(\text{psia})/\text{lbmol}$$

siendo la potencia necesaria:

$$HP = \frac{(931,500.42)(0.004)}{33,000} = 0.11$$

Por lo tanto, los compresores tendrán una capacidad de 1/4 de HP, que corresponde a una potencia comercial.

### **EQUIPO DE SERVICIO.**

#### **Caldera.**

Del balance de energía se sabe que la cantidad de calor que debe suministrar la caldera es de 4'792,077 BTU, por lo tanto, la capacidad de la misma será de:

$$\text{HP} = 4'792,077 \text{ BTU} / 33,000$$

$$\text{HP} = 145$$

En dicho balance también se obtuvo que la caldera producirá 4,117 libras de vapor, con una presión de 15 psig; por lo que, en base a estos datos se concluye que se requiere de una caldera de tubos de humo, ya que los parámetros mencionados caen dentro de los intervalos recomendados para este tipo de caldera (1,000 a 15,000 libras de vapor y 15 a 250 psig).

#### **Equipo de Corriente Directa.**

En este caso, se debe seleccionar el área mayor, ya que representa la mayor demanda de energía; al tomar 432 dm<sup>2</sup> para niquelar y utilizar una densidad de corriente de 50 amp/ft<sup>2</sup>, se tiene:

$$I = (43,200 \text{ cm}^2) (\text{ft}^2 / 929 \text{ cm}^2) (50 \text{ amp/ft}^2) = 2,325 \text{ amp.}$$

Por lo tanto, los rectificadores que convienen son:

- 2 rectificadores de C.D. de 2,500 amp. a 9 volts intervalo medio, para las operaciones de Desengrase y Cobrizado.
- 2 rectificadores de C.D. de 2,500 amp. a 9 volts intervalo completo, para la operación de Niquelado.
- 1 rectificador de C.D. de 3,000 amp. a 18 volts intervalo medio, para la operación de Cromado.

Para el cálculo estructural de las barras que transportarán la energía eléctrica hacia los racks respectivos, se debe considerar una corriente de 1,000 amp/plg<sup>2</sup> 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.

$$\text{Area seccional} = (2,500 \text{ amp}) / (1,000 \text{ amp/plg}^2) = 2.5 \text{ plg}^2$$

Para calcular el diámetro de la barra, se tiene:

$$d = (\text{Area seccional} / 0.785)^{0.5}$$

$$d = (2.5 \text{ plg}^2 / 0.785)^{0.5} = 1.78 \text{ plg.}$$

Por lo tanto, el diámetro de la barra será de 1 3/4".

$$\text{Area seccional} = (3,000 \text{ amp}) / (1,000 \text{ amp/plg}^2) = 3.0 \text{ plg}^2$$

Para calcular el diámetro de la barra, se tiene:

$$d = (3.0 \text{ plg}^2 / 0.785)^{0.5} = 1.95 \text{ plg.}$$

Por lo tanto, el diámetro de la barra será de 2".

De esta forma se conocen ya las características de las barras conductoras y los rectificadores empleados.

## **CAPITULO 8 HOJAS DE DATOS DE EQUIPOS**

**En este capítulo se especificarán las características en Hojas de Datos para cada equipo importante del proceso.**



## **HOJA DE DATOS**

### **TINA ELECTROLITICA**

**FECHA:** 1º-09-95.

**CLAVE:** TE-1, TE-3, TE-19

**FUNCION:** Desengrase de Inmersión, Desengrase Electrolítico, Enjuague de Agua Caliente.

**DIMENSIONES:**

Largo: 1.52 m.

Ancho: 0.91 m.

Altura: 1.22 m.

**CAPACIDAD:** 1,500 lts.

**MATERIAL:** Placa de acero calibre 3/16".

**REFUERZOS:** De ángulo de 2" al centro y parte superior con rebosadero y descarga de tubo de 3".

**SERPENTINES:** 2 de tubo de acero de 1.5" cédula 40 con 14 vueltas y un desarrollo de 22.0 m.

## HOJA DE DATOS

### **TINA ELECTROLITICA**

**FECHA:** 1º-09-95.

**CLAVE:** TE-2, TE-4, TE-5, TE-6, TE-7, TE-9, TE-10, TE-13, TE-14, TE-16,  
TE-17, TE-18

**FUNCION:** Enjuague Desengrase de Inmersión, Enjuague Desengrase Electrolítico I,  
Enjuague Desengrase Electrolítico II, Activación con Acido Sulfúrico,  
Enjuague de Acido, Enjuague de Cobre Electrolítico I, Enjuague de  
Cobre Electrolítico II, Enjuague de Níquel Electrolítico I, Enjuague de  
Níquel Electrolítico II, Recuperador de Cromo, Enjuague de Cromo  
Electrolítico I, Enjuague de Cromo Electrolítico II.

**DIMENSIONES:**

Largo: 1.52 m.

Ancho: 0.91 m.

Altura: 1.22 m.

**CAPACIDAD:** 1,500 lts.

**MATERIAL:** Placa de acero calibre 3/16".

**REFUERZOS:** De ángulo de 2" al centro y parte superior con rebosadero y descarga  
de tubo de 3".

## HOJA DE DATOS

### **TINA ELECTROLITICA**

**FECHA:** 1º-09-95.

**CLAVE:** TE-8

**FUNCION:** Cobre Electrolítico.

**DIMENSIONES:**

Largo: 1.52 m.

Ancho: 0.91 m.

Altura: 1.22 m.

**CAPACIDAD:** 1,500 lts.

**MATERIAL:** Placa de acero calibre 3/16".

**REFUERZOS:** De ángulo de 2" al centro y parte superior, con rebosadero y descarga de tubo de 3".

**SERPENTINES:** 1 de tubo de acero de 1.5" cédula 40 con 6 vueltas y un desarrollo de 10.0 m.

## HOJA DE DATOS

### **TINA ELECTROLITICA**

**FECHA:** 1º-09-95.

**CLAVE:** TE-11, TE-12

**FUNCION:** Niquel Electrolítico I, Niquel Electrolítico II.

**DIMENSIONES:**

Largo: 1.52 m.

Ancho: 1.22 m.

Altura: 1.22 m.

**CAPACIDAD:** 2,000 lts.

**MATERIAL:** Placa de acero calibre 3/16".

**SERPENTINES:** 2 de tubo de acero de 1.5" cédula 40 con 6 vueltas y un desarrollo de 15.0 m.

## **HOJA DE DATOS**

### **TINA ELECTROLITICA**

**FECHA: 1º-09-95.**

**CLAVE: TE-15**

**FUNCION: Cromo Electrolítico.**

**DIMENSIONES:**

**Largo: 1.52 m.**

**Ancho: 0.91 m.**

**Altura: 1.22 m.**

**CAPACIDAD: 1,500 lts.**

**MATERIAL: Placa de acero calibre 3/16".**

**REFUERZOS: De ángulo de 2" al centro y parte superior con rebosadero y descarga de tubo de 3".**

**SERPENTINES: 1 de tubo de acero de 1.5" cédula 40 con 9 vueltas y un desarrollo de 17.0 m.**

## **CAPITULO 9 PLANOS DE LOCALIZACION**

En el presente capítulo se muestran los planos que corresponden a la localización, tanto de la planta como del equipo.

### **PLANO DE LOCALIZACION DE LA PLANTA.**

Después de terminado el Diagrama de Flujo de Proceso y antes de empezar el diseño detallado de conductos, estructuras e instalaciones eléctricas, debe planearse la distribución de las unidades de proceso de la planta, así como el equipo dentro de estas unidades de proceso. El resultado de esta planeación es el Plano de Localización de la Planta.

Para simplificar la operación, el mantenimiento y la distribución de las instalaciones, se colocan las unidades semejantes en una sección de la planta.

Para evitar la interferencia con los procesos de operación, los edificios (como oficinas, talleres, almacén, etc.) deberán ser localizados separadamente de las áreas de proceso y de servicios, ya que esto permite obtener una mayor eficiencia.

En base a los criterios anteriores, se listan a continuación las áreas que se deben considerar y que ocupan un área total de 2,541 m<sup>2</sup>, en la que ya se encuentra considerada una zona para expansión futura.

### **Proceso.**

- Taller de pulido
- Línea de cromado

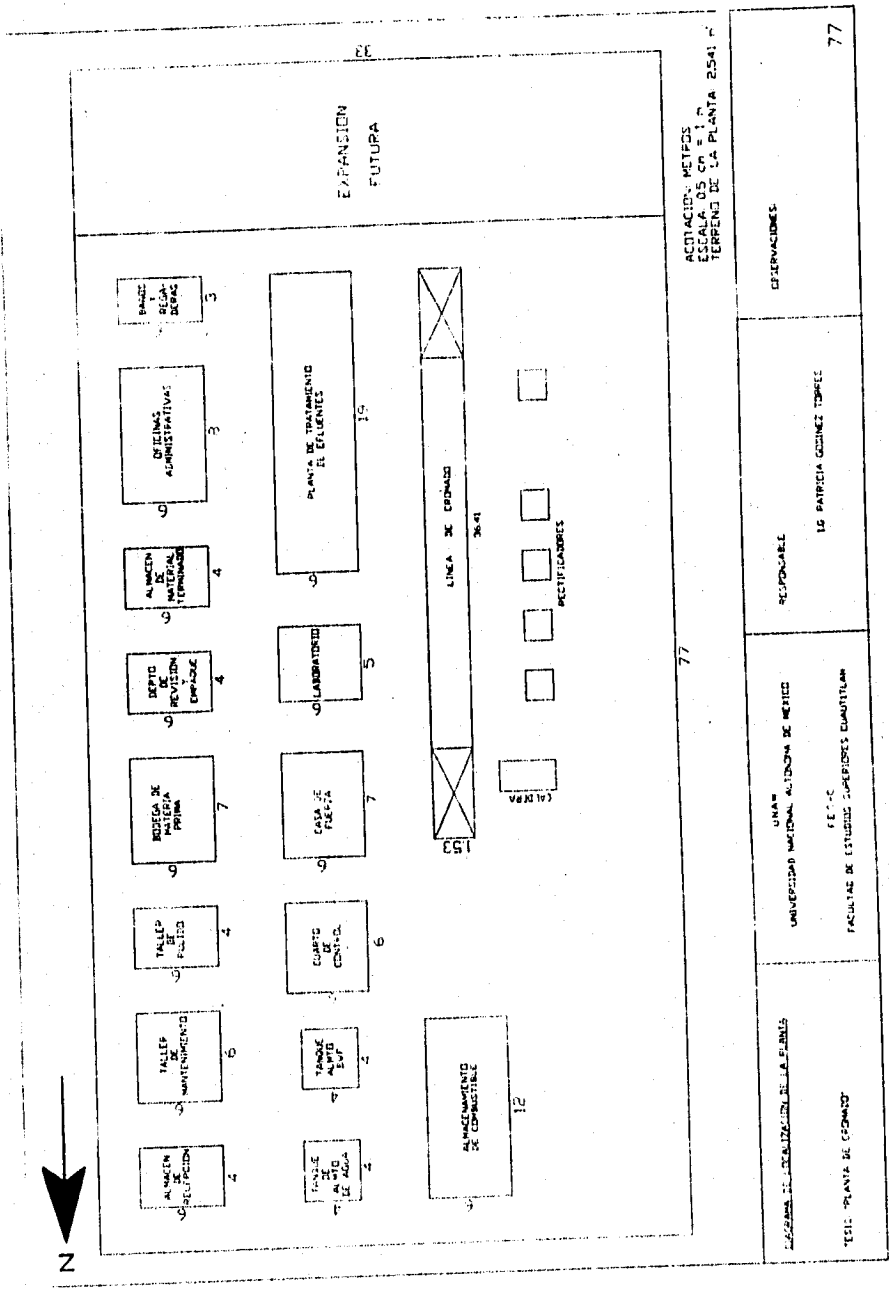
### **Servicios.**

- Casa de fuerza
- Cuarto de control
- Almacenamiento de combustible
- Tanque de almacenamiento de agua
- Tanque de almacenamiento de agua de alimentación a caldera

- Planta de tratamiento de efluentes

**Otros Edificios.**

- Almacén de recepción
- Taller de mantenimiento
- Bodega de materia prima
- Almacén de material terminado
- Departamento de revisión y empaque
- Laboratorio
- Oficinas administrativas
- Baños y regaderas



ACTUACION METROS  
 ESCALA 0.00 CM PLANTA 2541 M  
 TERRENO DE LA PLANTA 2541 M

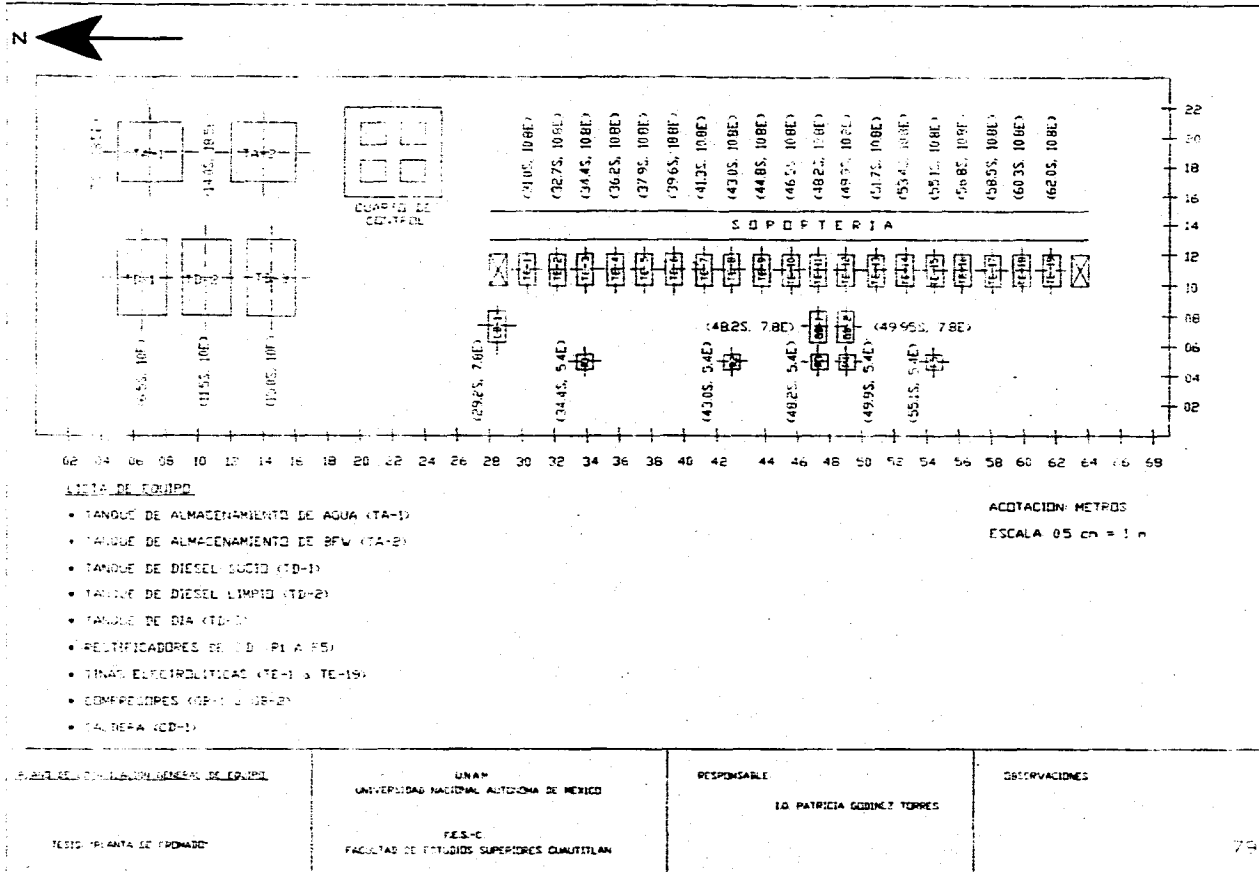
77

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO          F.E.C.          FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES QUIMICOS</p>	<p>RESPONSABLE          LA PATRICIA GONZALEZ TORRES</p>	<p>OBSERVACIONES</p>
<p>TESIS PLANTA DE COMAND</p>		<p>77</p>



### **PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO.**

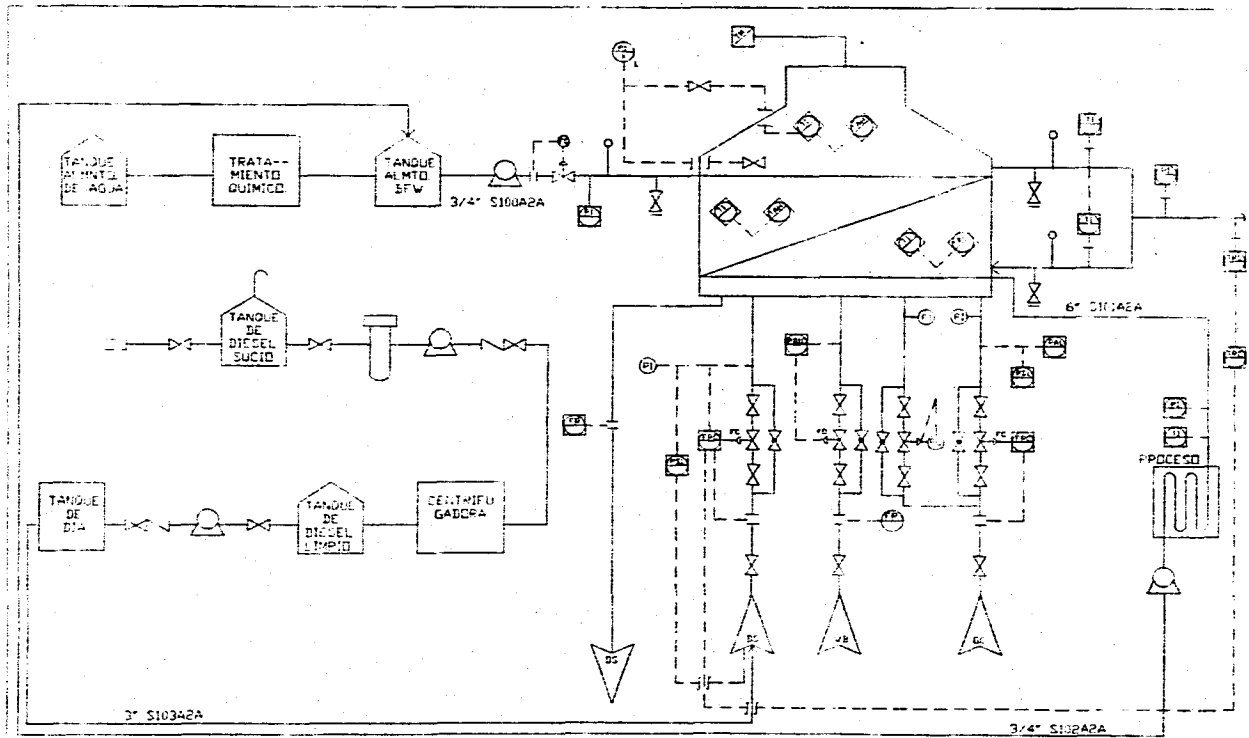
Siendo el Plano de Localización General de Equipo la clave para una buena operación, para una construcción económica, para una distribución funcional de equipo y para un mantenimiento bien planeado y eficiente, en el plano que se anexa, se muestra la localización en vista de planta de cada pieza de equipo dentro de una sola unidad de proceso para la Planta de Cromado.



NUNCA DEBES NO SERE  
 SALIR DE LA POLICIA

**CAPITULO 10**

**DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION  
"SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR"**



<p>PROGRAMA DE INGENIERIA E INSTRUMENTACION          SISTEMA DE GENERACION DE VAPORES          TESIS: PLANTA DE LOMADO</p>	<p>UNAM          UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO          FES-C-E          FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN</p>	<p>RESPONSABLE:          DR. PATRICIA GODINEZ TORRES</p>	<p>OBSERVACIONES</p>
--	---	--	----------------------

## **CAPITULO 11**

### **TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

#### **INTRODUCCION.**

En la actualidad, la remoción de las aguas residuales se ha convertido en un elemento de importancia creciente debido al gran impacto que éstas tienen sobre las condiciones ambientales.

Recientemente, en nuestro país se ha tenido un aumento de industrias (tanto en tamaño como en diversidad), que originan cantidades significativas de desechos diariamente, motivo por el cual cada vez se hace más importante el dar un tratamiento a los efluentes, ya sea industriales o domésticos.

Sin embargo, así como el hombre ha ocasionado daños irreparables en el planeta con el paso de los años; también se ha ido creando la conciencia de la responsabilidad de la comunidad regional y nacional, evitando de esta manera concentrar las aguas residuales y desecharlas en el mar, difundirlas en acuíferos subterráneos de agua no potable o descargarlas en tierras desérticas, hechos que a través del tiempo han ido causando grandes daños a la ecología.

La mayor parte de las aguas residuales industriales con contaminantes indeseables en solución, responderán a alguna forma de tratamiento químico.

En plantas grandes, los efluentes de desperdicios, fracciones descartadas, etc.; se descargan a un tanque, se neutralizan, envejecen y, a veces, diluyen, hasta que sean inocuas para el sistema de agua en que drenan finalmente.

Los contaminantes inactivos se remueven cuando es probable que interfieran con el tratamiento en su paso a través de la planta y contaminen el efluente. Comúnmente se neutralizan los residuos fuertemente ácidos o básicos, y los materiales inorgánicos tóxicos se remueven generalmente por tratamiento químico. Si esto no es posible, cada tipo de contaminante se remueve en una serie de operaciones, antes de que pueda interferir con la remoción de los tipos remanentes de contaminantes.

En este capítulo se mostrarán algunos de los métodos de tratamiento que se deben dar a las aguas residuales de la Planta de Cromado; así como las normas que se tienen con respecto a este tipo de aguas.

### **NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL.**

En seguida se indican las normas nacionales e internacionales que rigen actualmente en la industria del cromado y que establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales.

#### **Normatividad Nacional.**

La SEDUE "Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología", con fundamento en el artículo 37 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y en los artículos 1º, 5º, 8º, 36, 37, 119 y 123 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, expide en la ciudad de México, el 7 de octubre de 1988, la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-017/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de acabados metálicos, a fin de asegurar una calidad del agua satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de los acabados metálicos, son los que se establecen en la siguiente tabla:

<b>PARAMETROS (mg/l)</b>	<b>Promedio diario</b>	<b>Instantáneo</b>
pH	6 - 9	6 - 9
Sólidos sedimentables	1.0	1.2
Sólidos suspendidos	50.0	60.0
Grasas y aceites	10.0	15.0
Cromo hexavalente	0.1	0.2
Cromo total	0.5	1.0
Cobre	0.5	1.0
Níquel	2.0	2.4
Hierro	1.0	1.2
Zinc	0.5	1.0
Cianuro	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4
Plomo	0.1	1.2
Aluminio	1.0	1.2
Bario	2.0	2.4
Manganeso	2.0	2.4

Además de los parámetros anteriores, serán incluidos en las condiciones particulares de descarga los siguientes:

- Demanda química de oxígeno
- Sólidos disueltos
- Temperatura
- Fluoruros

El procedimiento para la obtención de los valores promedio diarios de contaminantes en las descargas de aguas residuales, se hará mediante el análisis de muestras compuestas que resultan de la mezcla de muestras instantáneas tomadas de acuerdo a la tabla siguiente:

<b>Horas por día que opera el proceso generador de la descarga</b>	<b>Intervalo entre toma de muestras instantáneas (horas)</b>
8	3
12	3
24	4

Los límites máximos permisibles de coliformes totales, medidos como número más probable por cada 100 mililitros, en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de acabados metálicos, considerando las aguas de servicio son:

a) 10,000 como límite promedio diario y 20,000 como límite instantáneo, cuando se permite el escurrimiento libre de las aguas residuales de servicios o su descarga a un cuerpo de agua, mezcladas o no con las aguas residuales del proceso industrial.

b) Sin límite, en el caso de que las aguas residuales de servicios se descarguen separadamente y el proceso para su depuración prevea su infiltración en terrenos de manera que no se cause un efecto adverso en los cuerpos de agua.

#### **Normatividad Internacional.**

En base al libro No. 40 del CFR "Code of Federal Regulations" de la EPA "Environmental Protection Agency", revisado y actualizado hasta el 1° de julio de 1994, con clave 40 CFR Ch. I (7-1-94 Edition); considerando la Parte 413 con título "Electroplating Point Source Category" y haciendo referencia a la Subparte - E, (que corresponde a la subcategoría de recubrimientos y que es aplicable a descargas resultantes del cromado, fosfatado o platinado por inmersión, sobre materiales ferrosos o no ferrosos) se establece que:

Siguiendo los lineamientos del PSES "Pretreatment Standards for Existing Sources", los límites máximos permisibles para aguas residuales provenientes de los procesos mencionados son:

- Para descargas menores que 38,000 litros (10,000 gal) por día calendario.



Contaminante	Máximo para un día (mg/l)	El promedio de valores diarios para pruebas hechas en 4 días consecutivos no debe exceder de: (mg/l)
CN, A*	5.0	2.7
Pb	0.6	0.4
Cd	1.2	0.7
TTO**	4.57	---

\* Este término indica el cianuro tratable por cloración - (como es definido por el 40 CFR 136).

\*\* Este término indica los orgánicos tóxicos totales, y - es la suma de todos los valores cuantificables de - orgánicos, mayores que 0.01 mg/l.

- Para plantas que descargan 38,000 litros (10,000 gal) o más por día calendario.

Contaminante	Máximo para un día (mg/l)	El promedio de valores diarios para pruebas hechas en 4 días consecutivos no debe exceder de: (mg/l)
CN, T*	1.9	1.0
Cu	4.5	2.7
Ni	4.1	2.6
Cr	7.0	4.0
Zn	4.2	2.6
Pb	0.6	0.4
Cd	1.2	0.7
Metales Totales	10.5	6.8
TTO**	2.13	----

\* Este término indica el cianuro total.

\*\* Este término indica los orgánicos tóxicos totales, y - es la suma de todos los valores cuantificables de - orgánicos, mayores que 0.01 mg/l.

- En ausencia de agantas quelantes fuertes, después de la reducción del cromo hexavalente y de una neutralización, usando óxido de calcio (o hidróxido), para plantas que descargan 38,000 litros (10,000 gal) o más por día calendario.

Contaminante	Máximo para un día (mg/l)	El promedio de valores diarios para pruebas hechas en 4 días consecutivos no debe exceder de: (mg/l)
CN, T*	1.9	1.0
Pb	0.6	0.4
Cd	1.2	0.7
TSS**	20.0	13.4
pH	7.5 - 10.0	7.5 - 10.0

\* Este término indica el cianuro total.

\*\* Este término indica los sólidos suspendidos totales.

Haciendo una comparación entre las normas nacionales e internacionales mencionadas, se observa que son mucho más estrictos los límites máximos permisibles nacionales que los internacionales; y por otro lado, existe una diferencia considerable con respecto al tiempo en que fueron establecidas dichas normas, ya que las nacionales más recientes que se tienen corresponden al año de 1988, mientras que las internacionales son de 1994. Esta diferencia de tiempo, nos lleva a la conclusión de que tales normas se establecen primero de manera internacional y posteriormente son tomadas como punto de partida y adaptadas a la situación de cada país en particular, por lo que la variación entre ambos casos resulta lógica, debido a los elevados índices de contaminación que prevalecen actualmente en nuestro país, hecho que hace que se permita una menor cantidad de contaminantes en las aguas residuales de las Industrias nacionales.

#### **ESTUDIO ESPECIFICO.**

El siguiente cuadro muestra los diferentes tipos de impurezas que se encuentran presentes en las aguas residuales del proceso de cromado y los métodos más comunes que existen para su tratamiento.

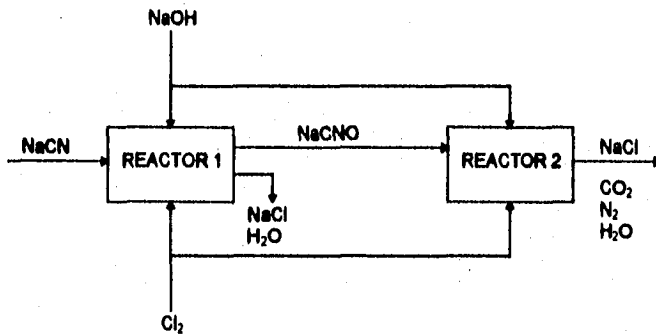
IMPUREZA	TRATAMIENTO
Cianuros	a) Oxidación por Cloración b) Oxidación con Hipoclorito de Sodio
Cromatos	a) Reducción por Bióxido de azufre b) Reducción por Anhidro-Sulfuroso c) Reducción por Sulfato -- Ferroso y Precipitación d) Reducción por Sulfato -- Ferroso Amoniacal
Acidos y Bases	a) Neutralización
Cobre y Níquel	a) Intercambio iónico

En seguida se describirá cada uno de los métodos anteriores.

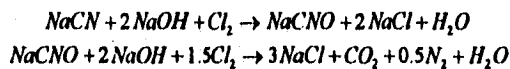
### **CIANUROS**

Los compuestos de cianuro resultantes de la operación del cromado, deben ser sometidos a tratamiento químico en forma segura y sin daños a la ecología. La oxidación química es el método más efectivo en el tratamiento de este tipo de impureza. Existen dos métodos de oxidación: por cloración y con hipoclorito de sodio; los cuales se detallan a continuación.

**a) Oxidación por Cloración:**



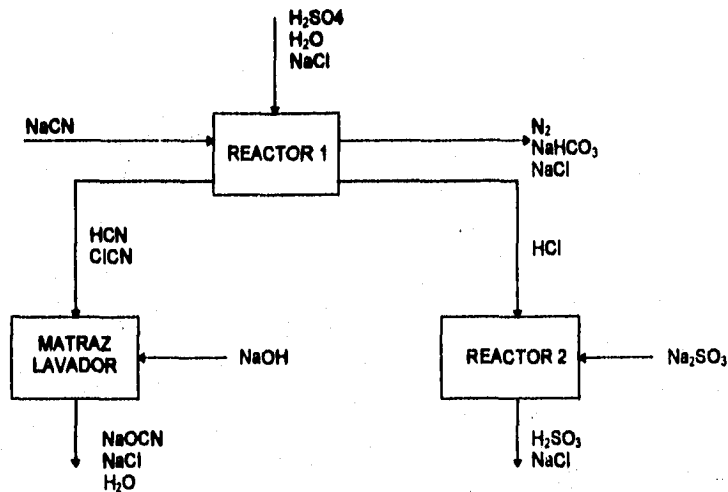
Los residuos de cianuros se destruyen generalmente por cloración en condiciones alcalinas. Como se muestra en el diagrama anterior, la reacción ocurre en dos etapas:



Con objeto de disminuir el consumo de cloro, el tratamiento se suspende algunas veces cuando se ha completado la primera etapa.

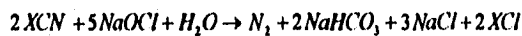
**b) Oxidación con Hipoclorito de Sodio:** La destrucción química o tratamiento de los cianuros se debe llevar a cabo mediante el proceso de oxidación química con hipoclorito de sodio, en donde la molécula de cianuro se rompe, produciendo compuestos no peligrosos, como el nitrógeno y carbonatos.

En el siguiente esquema se muestra la secuencia de éste método:



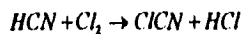
La oxidación se debe realizar en un equipo especial para llevar a cabo la reacción, a una temperatura de 55°C, utilizando como agente oxidante hipoclorito de sodio al 5% de cloro; el final de la reacción se detecta cuando aparece un color marrón en la solución y éste permanece después de 20 min.

La reacción química completa que se lleva a cabo durante la oxidación de los cianuros es:



donde:  $X = Na^+, Cu^+, K^+$

La solución que contiene los cianuros inicialmente tiene un pH entre 10 y 11, por lo que se le agrega además del hipoclorito de sodio, ácido sulfúrico al 25% en volumen con el fin de ajustar el pH de la solución, esta adición se hace lentamente hasta obtener un pH entre 8.5 y 9.0. Sin embargo, una vez que la mezcla empieza a reaccionar se puede presentar la formación de los gases de ácido cianhídrico (HCN), el cual a su vez forma gases de cloruro de cianógeno (CICN) por la acción de un halógeno (cloro), de acuerdo a la reacción:



Para evitar que estos gases tóxicos (HCN y ClCN) sobrepresionen el recipiente de reacción y sean desprendidos a la atmósfera, en el recipiente se deberá colocar un matraz lavador conteniendo una solución de hidróxido de sodio 1.0 Normal, con objeto de recibir dichos gases. Al final de la reacción, la solución del matraz lavador de gases se vierte al recipiente que contiene la solución en tratamiento. La reacción que se lleva a cabo entre el cloruro de cianógeno y la sosa es:



Terminada la reacción, la solución se deja reposar por un período de 24 hrs. para la estabilización de la reacción y finalmente se neutraliza el cloro residual adicionando 3 gramos de sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) por cada litro de solución, considerando el volumen generado después del tratamiento. Una vez disuelto éste, la solución cambia de color marrón a amarillo claro o incolora. Esta neutralización se hace principalmente para evitar la corrosión en equipos y tuberías.

Después de la operación de neutralización del cloro residual, en una muestra de la solución tratada, se procede a la eliminación de interferencias mediante la destilación, para después hacer la determinación de la concentración de los cianuros remanentes.

Durante pruebas experimentales de tratamiento de la solución con cianuros mediante la oxidación con hipoclorito de sodio, se ha obtenido una eficiencia real de tratamiento del 99%, observando que al término del tratamiento la concentración de cianuros en la solución se abate de 700 - 1,240 ppm a 6 - 10 ppm de cianuros como concentración final en la solución.

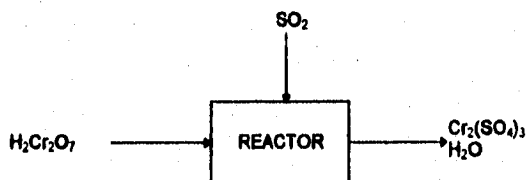
Es importante mencionar que durante el tratamiento no existen riesgos de intoxicación por gases, ya que el desprendimiento de éstos es mínimo, detectando en el ambiente una concentración de cianuros de 0.63 a 1.2 ppm.

## CROMATOS

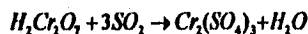
Normalmente el cromato y el dicromato no se encuentran en el agua pero pueden estar presentes debido a la contaminación industrial. Por lo general, la presencia de compuestos de cromo en los abastecimientos superficiales de agua indica una descarga de soluciones para el depósito electrolítico de metales y otros desechos industriales similares.

El método principal en la remoción del cromo es la reducción química, la cual se utiliza para remover el cromo de los residuos de cromado y anodizado. La reducción de cromo hexavalente a cromo trivalente se logra utilizando cualquier tipo de agente reductor que al oxidarse no forme compuestos que interfieran con el proceso. El reductor más común es el dióxido de azufre, pero también se pueden usar el sulfato ferroso y otros compuestos químicos como el anhídrido sulfuroso y el sulfato ferroso amoniacal. A continuación se muestran estos métodos.

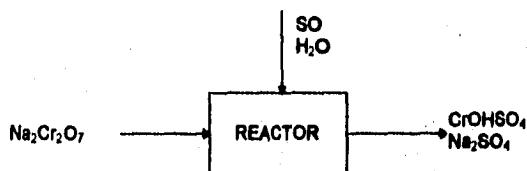
a) Reducción por Dióxido de Azufre: El proceso de reducción es el siguiente:



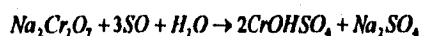
En este caso se lleva a cabo una reducción química debida a la acción del dióxido de azufre, por medio de la cual el cromo cambia de estado de oxidación de Cr(VI) a Cr(III). La reacción efectuada es:



**b) Reducción por Anhidro Sulfuroso:** La reacción correspondiente a este método se muestra en el siguiente esquema:

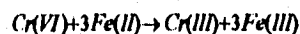


Una solución de dicromato de sodio puede ser tratada con anhidro sulfuroso y agua para producir un sulfato de cromo básico, de acuerdo con la reacción:



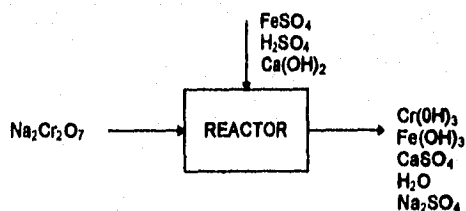
La principal ventaja de este método es que permite lograr una remoción de calidad uniforme.

**c) Reducción por Sulfato Ferroso y Precipitación:** La eliminación del cromo hexavalente puede llevarse a cabo por reducción con sulfato ferroso y precipitación como hidróxido, a un pH de 8.5 a 9.0 usando cal. El sulfato ferroso es efectivo, ya que es hábil para reducir cromo hexavalente a cromo trivalente. La reducción de Cr(VI) por Fe(II) puede describirse por la reacción global:



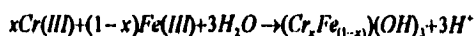
Esta reacción se lleva a cabo completamente en un tiempo de 1 a 2 min.

La reacción completa se puede visualizar mejor en el diagrama que en seguida se indica:





Los productos de la reducción son precipitados como hidróxidos sólidos, en soluciones ligeramente ácidas o básicas, dependiendo de las concentraciones de la solución, por medio de la siguiente reacción general:



donde  $x$  puede variar de 0 a 1.

En este método es necesario agregar  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para conseguir una rápida neutralización del pH a 2.5 o 3.0 y se emplea también un álcali, generalmente cal, para llevar el pH a 8.5 y precipitar el Cr(III).

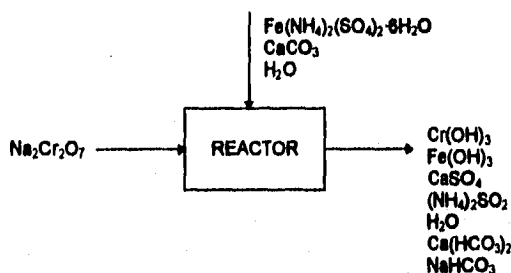
La estequiometría global para la reducción de cromo hexavalente, incluyendo una preacidificación y una postneutralización, basadas en ácido sulfúrico, sulfato ferroso y reactivos limitantes es:



Estudios han demostrado que el sulfato ferroso remueve el 98% de cromo hexavalente, con un intervalo de pH de 8.5 a 9.0 y una concentración inicial de 0.15 mg/l.

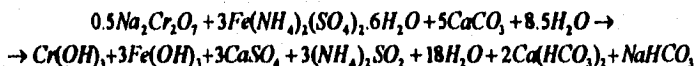
Los residuos que contengan más de 5 mg/l de Cr(VI) no deben descargarse en una atarjea urbana, los que se descarguen en corrientes no deben tener más de 0.5 mg/l.

**d) Reducción por Sulfato Ferroso Amoniacal:** Para estabilizar los desechos, es necesario convertir el Cr(VI) a su forma trivalente Cr(III), un tratamiento es utilizando el sulfato ferroso amoniacal como agente reductor. El proceso puede ser resumido de la siguiente forma:



Con el sulfato ferroso amoniacal la cinética de reacción es suficientemente rápida, en medios neutros y en intervalos de pH alcalinos.

La reacción global estequiométrica para la reducción del cromo con sulfato ferroso amoniacal es representada como sigue:



En la reacción anterior, el  $\text{CaCO}_3$  representa la alcalinidad presente en el material de desecho, que es consumido durante la reducción.

Con la utilización del sulfato ferroso amoniacal como agente reductor la reacción se realiza completamente en 3 días, siendo cuantitativa a niveles bajos de cromo hexavalente eliminado.

El cromo hexavalente residual y la concentración de cromo total estarán por abajo de 100 mg/Kg en el desecho, que corresponde al límite de toxicidad.

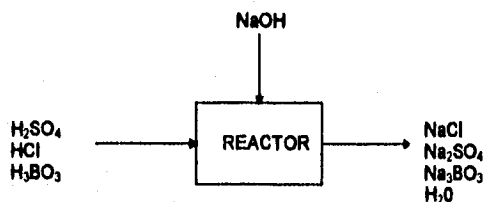
### ACIDOS Y BASES

**e) Neutralización:** Los residuos ácidos son indeseables en los conductos de aguas residuales, así como en las corrientes.

El tratamiento químico utilizado para el caso de aguas que contienen ácidos es la neutralización. El proceso consiste en formar un producto no ionizado o débilmente ionizado, haciendo reaccionar al ácido presente en el agua mediante una base; siendo la etapa esencial la combinación del  $H^+$  del ácido con el  $OH^-$  de la base para formar agua débilmente ionizada, como se muestra mediante la ecuación:



Los ácidos que se tienen en los desechos del proceso de cromado son: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido bórico. Puesto que en dicho proceso también se cuenta con agua con residuos de sosa cáustica, lo que se propone es mezclar todos los residuos ácidos con los alcalinos para llevar a cabo la neutralización, como se muestra en el siguiente esquema:



Si en el proceso no se contara con la sosa cáustica, también se podría utilizar la cal ( $CaO$ ) que es generalmente la sustancia disponible más barata para neutralizar ácidos, aunque la piedra calcárea o dolomítica se puede comportar satisfactoriamente en las reacciones preliminares.

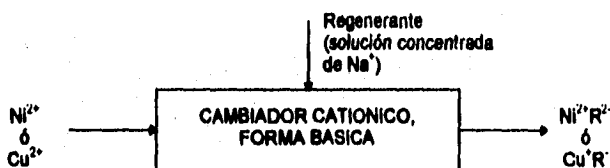
El carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) es un neutralizante más caro, pero frecuentemente más conveniente que la cal. El equipo requerido puede ser sencillo, debe incluir dispositivos para pesado y mezcla, para agregar y disolver las cantidades calculadas de productos químicos, proporcionar suficiente tiempo de contacto para que las reacciones se complementen, acelerar las reacciones lentas por agitación hidráulica o mecánica, y controlar el proceso a base de medir el pH del efluente.

Sin embargo, si alguno de ellos (ácidos o bases) se encuentra en exceso, se deberá agregar más cantidad del ácido o la base faltante, hasta obtener un pH final que se encuentre dentro de una escala aceptable respecto a la corriente receptora.

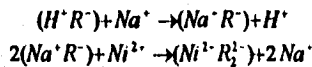
Algunas aguas residuales, pueden requerir un tratamiento con cantidades grandes de ácido o álcali. El restablecer la neutralidad antes de la descarga se convierte entonces en una extensión del proceso.

### COBRE Y NIQUEL

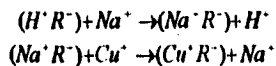
a) Intercambio iónico: El cobre y el níquel se pueden remover de las aguas de enjuague de los procesos electrolíticos mediante intercambio iónico. Para estos casos, el proceso se puede formular de la siguiente forma:



Las reacciones involucradas son:



y



donde  $R^-$  simboliza a la red cargada negativamente del intercambiador catiónico.

El intercambio iónico consiste en el intercambio reversible de iones entre un medio sólido de intercambio y una solución. Dentro de la solución y del medio de intercambio iónico se debe mantener un balance de cargas (electroneutralidad); debe mantenerse constante el número de cargas y no el número de iones dentro o en la superficie del gránulo de cambiador.

La capacidad de intercambio de un cambiador iónico se puede establecer analíticamente por determinación de la cantidad de iones intercambiables cuando la reacción de intercambio se lleva a cabo hasta el final. Debido a que los cambiadores catiónicos en la forma  $H^+R^-$  son esencialmente ácidos poliprotónicos sólidos, se pueden titular alcalimétricamente.

Sin embargo, el cambiador resultante ( $Ni^{2+}R_2^-$ ) ó ( $Cu^+R^-$ ), se puede regenerar a la forma ( $Na^+R^-$ ) por tratamiento con una solución concentrada de  $Na^+$ .

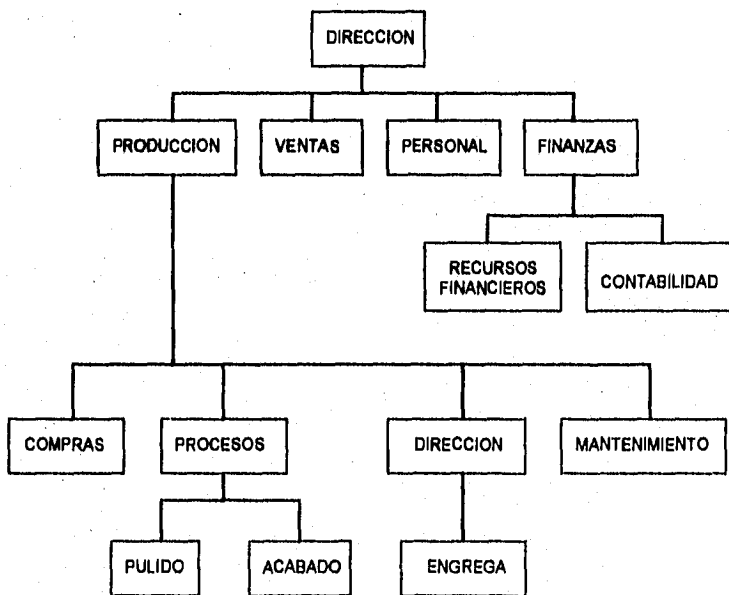
En este caso, se utilizará una resina llamada iminodiacetato de poliestireno, que comercialmente se le conoce como Dowex A-1 y que es una matriz de poliestireno que contiene grupos imino-diacetato. La elección de esta resina quelatante, se debe a que manifiesta una selectividad desacomunadamente marcada hacia el cobre y el níquel; además de otros cationes, como el cobalto y el hierro.

El intercambio iónico se lleva a cabo en un recipiente cilíndrico vertical (reactor) de acero inoxidable.

## CAPITULO 12 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

La planta de cromado se diseñará para satisfacer una parte de la demanda del mercado de recubrimientos, para ello se elaboró el estudio de mercado, el cual proporciona la información necesaria para dimensionar en forma adecuada la capacidad de la planta.

Con el propósito de optimizar el funcionamiento general de la planta, se propone una organización que se puede esquematizar de la siguiente manera:



**Organigrama funcional propuesto para pequeñas y medianas  
industrias de galvanoplastia**

El objetivo de la construcción del modelo administrativo es proponer una estructura administrativa que permita la optimización de los recursos de las empresas, dado que la problemática de la falta de productividad en este tipo de industrias se agudiza en función de la producción.

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 funciones presentadas se muestran en el organigrama anterior; el cual está constituido sobre funciones generales que 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.

El modelo propuesto fue diseñado para empresas que inician, o bien, para aquellas que ya están en operación y desean mejorar su función de producción en especial.

## **CAPITULO 13**

### **ESTIMACION DE COSTOS**

En este capítulo se tratará de buscar el mejor método de cálculo para estimar el capital total de Inversión de una Planta de Cromado, con este fin, se revisarán los conceptos básicos y se dará una breve explicación de cada método. También se calculará el costo de producción anual, que nos servirá para finalmente elaborar la evaluación financiera del proyecto.

#### **COSTOS DE CONSTRUCCION Y DE PRODUCCION.**

Cuando un ingeniero químico determina el costo para cualquier proceso comercial, dichos costos deben ser de suficiente precisión para tomar decisiones confiables. Para completar esto, el ingeniero debe tener un completo entendimiento de los diversos factores que pueden afectar a los costos. Los factores que afectan a los costos de producción y a la inversión son:

**Factores del equipo:** Uno de los mayores costos envueltos en cualquier proceso químico es el del equipo. En muchos casos se usan equipos estándares, como tanques, reactores, etc., y una reducción sustancial en su costo se puede lograr si se utiliza equipo de segunda mano.

**Factores de los precios:** En nuestra sociedad económica moderna, los precios pueden variar ampliamente de un periodo a otro, y este factor debe de ser considerado cuando se determinan los costos para un proceso industrial. Por esta razón, el ingeniero debe de estar informado constantemente de los precios.

**Tiempo de operación y rapidez de producción:** Uno de los factores que tienen un importante efecto sobre los costos es la fracción del tiempo total durante el cual el proceso está en operación. Cuando el equipo permanece sin trabajar mucho tiempo, los costos de trabajo son usualmente bajos, sin embargo; otros costos, tales como mantenimiento, protección y depreciación, continúan estando presentes, aunque el equipo no se utilice. El tiempo de operación, la rapidez de producción y la demanda de ventas están relacionadas.



En este sentido, el método ideal de operación se basa en la suposición de que las demandas de venta son suficientes para abastecer todo el material producido.

**Políticas gubernamentales:** El gobierno nacional tiene muchas regulaciones y restricciones, las cuales tienen efecto directo sobre el costo industrial. Algunos ejemplos de éstos son: las tarifas de regulación en importación y exportación, restricciones sobre la rapidez de depreciación permisibles y regulaciones ambientales.

### **CAPITAL DE INVERSION.**

Antes de que una planta industrial pueda estar en operación, se debe invertir una gran suma de dinero necesaria para la adquisición e instalación de maquinaria y equipo. El terreno y la facilidad de servicio deben ser obtenidos y la planta debe ser integrada con tubería completa, controles y servicios.

El capital necesario para abastecer la necesidad manufacturadora y facilidades de planta es llamado la inversión de capital fijo, mientras que la necesidad de operación para la planta se llama capital de inversión total.

### **ESTIMACION DEL CAPITAL DE INVERSION.**

**Tipos de estimación de costos de capital:** Un estimado del capital de inversión para un proceso, puede variar desde un estimado basado en poca información hasta un estimado detallado preparado a partir de las especificaciones e ingeniería completa. Entre esos dos extremos de estimados para el capital de inversión, hay una gran variedad de estimados de diferente exactitud, dependiendo de la etapa de desarrollo del proyecto. Estos estimados son llamados por diversos nombres, pero representan 5 categorías de acuerdo al intervalo de exactitud:

- 1) Estimado de relación basado en datos de costos previos; la exactitud probable (E.P.) de este estimado es  $\pm 30\%$ .
- 2) Estimado preliminar basado en el conocimiento de las mayores partidas del equipo; E.P.  $\pm 30\%$ .

- 3) Estimado preliminar basado en datos suficientes que permitan el estimado para un presupuesto; E.P.  $\pm 20\%$ .
- 4) Estimado definitivo basado en los datos completos, pero antes de tener completa la ingeniería y las especificaciones; E.P.  $\pm 10\%$ .
- 5) Estimado detallado basado en la ingeniería completa y especificaciones; E.P.  $\pm 5\%$ .

### **INDICES DE COSTOS.**

La mayoría de los datos de costos que se encuentran disponibles para el uso inmediato de un estimado preliminar están basados en condiciones del pasado, debido a que los precios cambian considerablemente con el tiempo, algunos métodos se deben usar para aplicar los datos de costo del pasado a las condiciones actuales. Esto se puede hacer mediante el uso de los índices de costos.

Un índice de costo es un valor para un punto dado en el tiempo. Si el costo en algún tiempo del pasado se conoce, el costo equivalente en el tiempo presente se puede determinar multiplicando el costo original por la relación del valor del índice presente y el valor del índice anterior cuando el costo fué obtenido, es decir:

$$\text{Costo presente} = \text{Costo original} \left( \frac{\text{Valor índice actual}}{\text{Valor índice anterior}} \right)$$

**Índices de costos de equipo Swift y Marshall:** Estos índices están basados en un valor de 100 para el año de 1926 y toman en cuenta el costo del equipo industrial, herramientas, etc. El equipo industrial se divide en dos categorías, una de ellas es para industrias comerciales y equipo doméstico y el otro es para industrias de proceso.

### **FACTOR DE COSTO EN CAPITAL DE INVERSION.**

Se deben considerar los costos proporcionales en cada componente mayor del capital de inversión fijo. Los factores de costo aquí presentados se basan en un estudio cuidadoso de Bauman.

La tabla 1 resume los componentes y el costo como porcentaje de la inversión del capital fijo para plantas de multiproceso.

COMPONENTE	INTERVALO (%)
<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
Costo del equipo	15-40
Costo de instalación de equipo	08-14
Instrumentación y control (instalación)	02-08
Tubería (instalación)	03-20
Instalación eléctrica	02-10
Construcción (con servicios)	03-18
Equipo de transporte	02-05
Instalación de servicios	08-20
Terreno	01-02
<b>Total de costos directos</b>	
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
Ingeniería y supervisión	04-21
Costo de construcción	04-16
Mano de obra	02-06
Contingencias	05-15
<b>Total de inversión de capital fijo</b>	

Tabla 1: Porcentajes típicos de la inversión de capital fijo para costos directos e indirectos en plantas multiproceso.

#### **MÉTODOS PARA LA ESTIMACION DEL CAPITAL DE INVERSION.**

Se pueden usar varios métodos para estimar el capital de inversión. La elección de cualquier método depende de la cantidad de información detallada disponible y la exactitud deseada. Existen seis métodos disponibles para estimar el capital de inversión. Se enunciarán los métodos en orden decreciente de exactitud.

**Método A: Estimado detallado:** Requiere una detallada determinación de cada partida en forma individual; sin embargo, la cantidad de tiempo y el costo que implica, hace que para los fines del presente trabajo no sea práctico por lo que no será desarrollado.

**Método B: Estimación por costo unitario:** Este método, de buena precisión, se usa frecuentemente para el estimado preliminar definitivo y por ello requiere de una estimación detallada de cada partida en forma individual. Por su complejidad y tiempo tampoco será desarrollado.

**Método C: Estimación porcentual a partir del costo del equipo:** Este método para estimar el capital total de inversión, requiere la determinación previa del costo del equipo. Los otros factores incluidos en el costo total de la planta se estiman como porcentajes del costo del equipo. Los componentes adicionales del capital de inversión están basados en porcentajes del costo total de la planta, o bien, del capital total de inversión. Lo anterior queda definido por la siguiente ecuación de costo:

$$C_n = \left( \sum E + \sum (f_1 E + f_2 E + f_3 E + \dots) \right) (f_i)$$

donde  $f_1, f_2, \dots$  = factores de multiplicación para tubería, equipo eléctrico, instrumentación;  $f_i$  = factor de costo indirecto que la mayoría de las veces tiene un valor mayor a uno.

Los porcentajes usados para hacer una estimación de este tipo podrían ser determinados sobre la base del tipo de proceso involucrado, la complejidad del diseño, los materiales de construcción requeridos, la ubicación de la planta, experiencias anteriores y otros aspectos dependientes de la unidad particular bajo consideración.

El promedio de valores de los diferentes porcentajes determinados para plantas del tipo químico se presentan en la Tabla 2, aunque existen datos para plantas de procesamiento de sólidos, fluidos y sólido-fluido, sólo se hará referencia a éste último ya que es el que nos ocupa.

<b>FACTORES</b>	<b>% RESPECTO AL COSTO DEL EQUIPO</b>
<b><u>COSTOS DIRECTOS</u></b>	
Costo del equipo	100
Instalación del equipo	39
Instrumentación y control	13
Tuberías	31
Instalación eléctrica	10
Construcción	29
Equipo de transporte	10
Servicios	28
Terreno	<u>6</u>
<b>Costo total de la planta por costos directos</b>	<b>266</b>
<b><u>COSTOS INDIRECTOS</u></b>	
Ingeniería y supervisión	32
Gastos de construcción	<u>34</u>
<b>Costo total de la planta por costo directo + indirecto</b>	<b>332</b>
Honorarios	18
Fondo de contingencias	<u>36</u>
<b>Capital fijo de inversión</b>	<b>388</b>
Capital de trabajo	<u>74</u>
<b>Capital total de inversión</b>	<b>460</b>

Tabla 2: Factores para estimar el capital de inversión a partir del costo del equipo.

Este método es frecuentemente usado en los estimados preliminares. Tiene muy buena exactitud cuando se aplica en el tipo de planta apropiado, ya sea planta de procesamiento de sólidos, fluidos o sólido-fluido.

**Método D: Aproximación del capital de inversión por factores de Lang:** Este método obtiene estimados de poca precisión; consiste en obtener el costo de la planta de proceso, multiplicando el costo del equipo básico por algún factor. Estos factores varían dependiendo del tipo de la planta de proceso considerada. Los factores para estimar el capital de inversión se dan en la Tabla 3, y en general, son consecuencia de los porcentajes considerados en la Tabla 2.

TIPO DE PLANTA	FACTOR PARA CAPITAL DE INVERSIÓN FIJO	FACTOR PARA CAPITAL DE INVERSIÓN TOTAL
Planta procesadora de sólidos.	3.9	4.6
Planta procesadora de sólido-fluido.	4.1	4.9
Planta procesadora de fluidos.	4.8	5.7

Tabla 3: Factores de Lang para estimar el capital de inversión total fijo.

Para aplicar este método, es necesario definir el tipo o el estado de la materia a procesar.

a) Cálculo del capital fijo de inversión utilizando los factores de Lang:

$$\text{Capital fijo de inversión} = \text{Costo del equipo} \times \text{factor}$$

b) Cálculo del capital total de inversión para la planta, utilizando los factores de Lang:

$$\text{Capital total de inversión} = \text{Costo del equipo} \times \text{factor}$$

**Método E: Aproximación por factores de Lang modificado:** Para alcanzar una mayor precisión en la estimación del capital de inversión con el método de factores de Lang, no se utiliza uno, sino un número de factores. Una aproximación es usar diferentes factores para diferentes tipos de equipo. Otra aproximación es usar factores separados para equipos, tubería, etc. Con esta aproximación, cada factor tiene un intervalo de valores y el Ingeniero Químico debe utilizar su experiencia para decidir en cual caso utilizará el valor alto, medio o bajo.

Por tal razón no es conveniente usar tablas para realizar los cálculos, sino que es mejor combinar los factores separados en una ecuación similar a la propuesta por Hirsch y Glazier:

$$C_n = f_i(E(1 + f_j + f_p + f_m) + E_i + A)$$

Donde los tres factores del costo de instalación son definidos por las siguientes ecuaciones:

$$\log f_j = 0.0635 - 0.154 \log 0.001E - 0.992 \theta/E + 0.506 f_v/E$$

$$\log f_p = -0.266 - 0.014 \log 0.001E - 0.156 \theta/E + 0.556 \rho/E$$

$$\log f_m = 0.344 + 0.033 \log 0.001E + 1.194/E$$

Y los diferentes parámetros son definidos como:

$E$  = costo del equipo.

$f_1$  = factor de costo indirecto, siempre mayor a 1 (normalmente 1.4).

$f_f$  = factor de costo para la mano de obra.

$f_p$  = factor de costo para materiales de tubería.

$f_m$  = factor de costo para equipos diversos, incluyendo los costos de materiales para aislantes, instrumentos, acero estructural, construcción, pintura, y el costo de supervisión.

$E_i$  = costo del equipo ya instalado.

$A$  = incremento en el costo por el uso de materiales resistentes a la corrosión.

$\theta$  = costo total de intercambiadores de calor (menos el incremento por aleaciones).

$f_v$  = costo total de los tanques fabricados.

$\rho$  = costo total de bombas.

$t$  = costo total para torres enchaquetadas.

**Método F: Rudd-Watson:** Este método utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{fc} = \phi_1 \times \phi_2 \times \phi_3 \times C_E$$

donde:

$C_{fc}$  = inversión de activos fijos.

$C_E$  = costo del equipo.

$\phi_1 = 1.47$  para plantas de procesos líquidos.

$\phi_2 = 1 + f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5$ .

$\phi_3 = 1 + f_6 + f_7 + f_8$ .

$f_i$  = factores.

Los valores para cada uno de los factores, se encuentran dentro de los siguientes intervalos:

Tubería de proceso:

Proceso de fluidos  $f_1$  (0.30 - 0.60)

instrumentación:

Control automático mediano  $f_2$  (0.05 - 0.10)

Edificios de proceso:	
Totalmente bajo techo	$f_3$ (0.05 - 0.20)
Instalaciones auxiliares:	
Completamente nuevas	$f_4$ (0.00 - 0.10)
Líneas de tubería fuera de los límites de batería:	
Unidades de proceso separadas	$f_5$ (0.05 - 0.15)
Ingeniería y construcción:	
Ingeniería sencilla directa	$f_6$ (0.20 - 0.35)
Factor de tamaño:	
Planta pequeña	$f_7$ (0.05 - 0.15)
Factor de contingencias:	$f_8 = 0.20$

De los seis métodos descritos anteriormente se concluye que, para efectos del cálculo del capital total de inversión en la Planta de Cromado, se utilizará el Método C (Estimación porcentual a partir del costo del equipo).

#### **Aplicación del Método:**

Para conocer el costo de los serpentines, la caldera y los compresores se utilizarán los datos de costos del año 1979, los cuales se encuentran reportados en el libro MODERN COST ENGINEERING, págs. 555, 884 y 671 en las figuras correspondientes. Por otro lado, se usarán los valores de los índices encontrados en el CHEMICAL ABSTRACT. En base a lo anterior, se tiene:

#### **Serpentines (doce unidades):**

$$5,700 \text{ Dls. } (375.7/216.9) = 9,873 \text{ Dls.}$$

#### **Caldera:**

$$1,050 \text{ Dls. } (356.6/211.6) = 1,779 \text{ Dls.}$$

#### **Compresores (dos unidades):**

$$2,400 \text{ Dls. } (487.1/240.2) = 4,867 \text{ Dls.}$$

El costo de los rectificadores se encontró por medio de cotizaciones directas, siendo los siguientes:



Rectificadores de corriente:

23,200 Dls. para 4 unidades de 9 volts y 2,500 amp.

9,300 Dls. para 1 unidad de 18 volts y 3,000 amp.

Para estimar el costo de las tinas se utilizó la regla de los seis décimos. Por cotización directa se supo que el costo para tinas electrolíticas con capacidad de  $0.733 \text{ m}^3$  de hierro, recubiertas con fibra de vidrio es de 471 Dls., por lo tanto, ya que la capacidad de las tinas que serán utilizadas en el proceso de cromado es de  $1.5 \text{ m}^3$  (17 tinas) y de  $2.0 \text{ m}^3$  (2 tinas), se tiene lo siguiente:

$$(S_2/S_1)^{0.6} \times C_1 = C_2$$

donde  $C$  es el costo de los equipos (semejantes entre sí) y  $S$  es la capacidad o tamaño de dichos equipos. Por lo tanto:

$$C_2 = (1.6 / 0.733)^{0.6} \times (471) \times (17) = 12,790 \text{ Dls.}$$

$$C_2 = (2.0 / 0.733)^{0.6} \times (471) \times (2) = 1,720 \text{ Dls.}$$

Entonces, el costo total del equipo es:

EQUIPO	COSTO (DLS.)
12 serpentines	9,873
1 caldera	1,779
2 compresores	4,867
5 rectificadores	32,500
19 tinas electrolíticas	14,510
<b>COSTO TOTAL:</b>	<b>63,529</b>

Tomando en cuenta lo anterior y a partir de la Tabla 2, se pueden estimar cada uno de los factores que integran el capital de inversión total como sigue:

<b>FACTORES</b>	<b>% RESPECTO AL COSTO DEL EQUIPO (DLS.)</b>
<b><u>COSTOS DIRECTOS</u></b>	
Costo del equipo	63,529
Costo de instalación de equipo	24,776
Instrumentación y control	8,259
Tubería (instalada)	19,694
Instalación eléctrica	6,353
Construcción	18,423
Equipos de transporte	6,353
Servicios	17,907
Terreno	<u>3,812</u>
<b>Total, costo directo de la planta</b>	<b>169,106</b>
<b><u>COSTOS INDIRECTOS</u></b>	
Ingeniería y supervisión	20,329
Gastos de construcción	<u>21,600</u>
<b>Total, costo directo e indirecto de la planta</b>	<b>211,035</b>
Mano de obra	11,435
Contingencias	<u>22,870</u>
<b>Capital fijo</b>	<b>245,340</b>
Capital de trabajo	<u>47,011</u>
<b>Capital total de inversión</b>	<b>292,351</b>

### **COSTO DE PRODUCCION ANUAL.**

Los costos de producción anual se refieren a todos los gastos que la compañía tiene que efectuar para poder llevar a cabo la operación de la planta. Estos consisten en:

- A) Sales y sustancias
- B) Otros materiales
- C) Electricidad
- D) Gasto en calderas
- E) Gasto de agua

- F) Sueldos y salarios
- G) Depreciación de equipos
- H) Tratamiento de efluentes

En base a la descripción de equipos y necesidades de la planta, se obtienen los siguientes gastos:

**A) Sales y sustancias:** Para simplificar la obtención de los costos correspondientes a este inciso, se agruparon las cantidades totales que se requieren de cada tipo de sal y sustancia para las funciones de pulido, abrillantado, desengrase, activación, cobrizado, niquelado, cromado y enjuagues. En la Tabla 4 se muestran las cantidades y costos totales bajo las siguientes consideraciones:

- Las cantidades reportadas se manejan en forma semestral. En un principio se obtienen las concentraciones requeridas en cada celda electrolítica y conforme va disminuyendo la concentración, se agrega la correspondiente cantidad de la sal inmersa. En la práctica, las reposiciones pueden efectuarse cada semana o cada quincena, sin embargo, después de un periodo de seis meses se tiene que la cantidad total, es decir, la de la adición inicial y las periódicas, equivale a las reportadas en la columna de los Kg requeridos por sustancia por semestre.
- Los costos unitarios fueron obtenidos a partir de la lista de proveedores proporcionadas por la compañía WILAR DEPOSITOS ELECTROLITICOS.

SUSTANCIA	CANTIDAD SEMESTRAL (Kg)	PRECIO UNITARIO (N\$)	PRECIO TOTAL SEMESTRAL (N\$)
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	530.00	6.8	3,604.0
HCl	75.30	7.6	572.3
Humectante	6.28	6.3	39.6
CuSO <sub>4</sub>	333.00	20.2	6,726.6
CuCN	142.70	14.3	2,040.6
Sal de Rochelle	80.00	3.0	240.0
NaCN	154.00	1.9	292.6
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	27.00	1.3	35.1
NiSO <sub>4</sub>	1,000.00	21.9	21,900.0
NiCl <sub>2</sub>	182.00	20.2	3,676.4
Acido bórico	171.00	5.4	923.4
Sulfamato de Niquel	500.00	18.5	9,250.0
CR-110	1,100.00	18.5	20,350.0
Motor clean	100.00	1.0	100.0
Electro clean	114.00	1.3	148.2
NaOH	118.00	1.9	224.2
Aditivo antipit	18.00	2.7	48.6
Aditivo DC-1	17.00	2.3	39.1
Humectante P3-NEXO	84.00	1.6	134.4
Na <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	68.00	4.2	285.6
Fosfato trisódico	7.00	18.5	129.5
Oleato de sodio	19.00	14.3	271.7
Glicerina	22.00	26.2	576.4
Solución detergente	100.00	5.0	500.0
<b>Total semestral:</b>			<b>72,108.3</b>
<b>COSTO ANUAL:</b>			<b>144,216.6</b>

Tabla 4: Costos de sales y sustancias utilizadas en el proceso de cromado.

**B) Otros materiales:** En las operaciones de pulido y desbaste, cuando son necesarias, se requiere la utilización de camas en las cuales se hacen chocar las piezas con pedacería de porcelana, para el caso de materiales poco resistentes; y cuando el material es muy resistente se utilizan balines. En general, en todas las operaciones de pulido y desbaste se requiere de otros materiales no considerados en el inciso anterior y que se encuentran agrupados en la Tabla 5. En ella se incluye la estimación de la cantidad requerida anualmente de cada elemento. Los precios se obtuvieron de la misma forma que en el inciso A.

ARTICULO Y/O SUSTANCIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (N\$)	PRECIO TOTAL (N\$)
Discos de manta	12 pza.	16.8	201.6
Alúmina	3 Kg	25.2	75.6
Estearina	3 Kg	26.6	65.8
Sisal	5 Kg	33.6	168.0
Popelina	12 pza.	16.3	219.6
Pasta No. 1	2 Kg	21.9	43.8
Pasta No. 2	3 Kg	26.6	65.8
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10 Kg	1.3	13.0
Aceite	22 lt	10.9	239.6
Petróleo	20 lt	0.7	14.0
Zinc en trozos	16 Kg	5.9	94.4
Compound	2 Kg	16.6	33.6
Microgrit	1 Kg	22.7	22.7
Porcelana en trozos	150 Kg	26.9	4,035.0
Balines de acero	200 Kg	18.5	3,700.0
Aserrín	50 Kg	00.0	00.0
Rojo inglés	variable	-----	-----
Cera para pulir	8 Kg	1.7	13.6
<b>TOTAL ANUAL:</b>			<b>9,046.3</b>

Tabla 5: Materiales utilizados en el proceso de cromado.

**C: Electricidad:** Bajo este concepto, se incluye el gasto eléctrico para la operación de recubrimiento y además el consumo de energía requerido para la iluminación y operación de otros equipos como máquinas de escribir, computadoras, alarmas, etc. El cálculo se puede fundamentar en la suma de las densidades de corriente requerida para las funciones de galvanizado en general, y de aquí se obtiene la intensidad de corriente a partir del área de las piezas a recubrir. Posteriormente, se calculan los Kwhr y de ellos se conoce el precio cobrado por la Compañía de Luz.

Densidad de corriente total: 58.5 amp/dm<sup>2</sup> día

Metros cuadrados por día: 12.0

Precio del Kwhr: 0.11 N\$

Voltaje de entrada: 120 volts

Realizando las operaciones correspondientes, se obtiene que el consumo es de 577,273 Kwhr/año. Por lo tanto:

$$(577,273 \text{ Kwhr/año})(0.11 \text{ N\$/Kwhr}) = 63,500.00 \text{ N\$/año}$$

**Costo anual de energía eléctrica: N\$ 63,500.00**

\*\*\*\*\*

**D) Gasto en calderas:** En este inciso se considera el balance de energía realizado previamente, en el que se reporta la cantidad de 4,117 lb<sub>w</sub>/día de operación. A partir de dicho dato se obtiene un gasto total por este concepto. El costo del combustible para la caldera está dado por 36.86 N\$ por TON de vapor. Realizando operaciones, se tiene:

$$(4,117 \text{ lb}_w/\text{día})(365 \text{ días/año})(0.454 \text{ Kg}_w/\text{lb}_w)(1 \text{ TON}_w/1,000 \text{ Kg}_w) \times \\ \times (36.86 \text{ N\$/TON}_w) = 25,147.00 \text{ N\$/año}$$

**Costo anual por producción de vapor: N\$ 25,147.00**

\*\*\*\*\*

**E) Gasto de agua:** En este caso se efectúa la suma del agua que se necesita inicialmente para llenar las tinas. La cantidad de agua por tina es de 1,300 lts. Por otro lado, se tiene que considerar el gasto de agua de reposición para las tinas de enjuague, el cual alcanza un valor aproximado de 25.200 l/año (el cálculo de este valor se puede ver más adelante en el inciso H). El costo del agua es de 1.5 N\$/m<sup>3</sup>.

Realizando las operaciones necesarias para conocer el costo anual de agua, tenemos que:

$$(1,300 \text{ lt/tina})(19 \text{ tinas})+25,200 \text{ lt/año} = 49,900 \text{ lt/año}$$
$$(49,900 \text{ lt/año})(1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ lt})(1.5 \text{ N\$/m}^3) = 74.8 \text{ N\$/año}$$

**Costo anual por consumo de agua: N\$ 74.8**

\*\*\*\*\*

**F) Sueldos y salarios:** En base a la información proporcionada por la compañía de electrodepósitos WILAR, se puede establecer que el salario para cada obrero será de 520.00 N\$ mensuales. En el caso de la planta de cromado se cuenta con 19 tinas y a cada obrero se le asignará la responsabilidad de 2 tinas. Se labora 1 turno, por lo tanto se requieren 10 obreros. Haciendo los cálculos necesarios, se obtiene:

$$(520 \text{ N\$/mes})(12 \text{ meses/año})(10 \text{ obreros}) = 64,200 \text{ N\$/año}$$

A la cifra anterior tenemos que incrementar el pago correspondiente al SAR, IMSS, prestaciones, vacaciones, despidos y otros gastos. Estos gastos representan aproximadamente el 20% con respecto al sueldo base de los obreros. Por lo tanto:

Sueldo base	64,200.00 N\$/año
Otros beneficios	12,840.00 N\$/año

**Costo anual por sueldos y salarios: N\$ 77,040.00**

\*\*\*\*\*

**G) Depreciación de equipos:** Se considera una depreciación de los equipos en un 10% debido a su uso en las operaciones de galvanizado. El costo calculado para los equipos fue de 63,529 Dls. que equivale a 381,174 N\$. Por lo tanto:

**Costo anual por depreciación de equipos: N\$ 38,117.40**

\*\*\*\*\*

Nota: El tipo de cambio utilizado es de 1 Dólar = 6 N\$.

**H) Tratamiento de efluentes:** Como ya se ha mencionado, cuando las aguas residuales de cualquier industria rebasan los límites máximos permisibles establecidos, es necesario proporcionar un tratamiento para que puedan ser desechadas, siendo entonces un factor muy importante el de los costos; es decir, cuánto nos cuesta dar ese tratamiento. Por tal motivo, en este inciso se calculará el costo para cada uno de los métodos que fueron propuestos en el Estudio Específico del capítulo de Tratamiento de Efluentes.

Para determinar dichos costos, se tomarán como base cantidades reales de sustancias contaminantes contenidas en una muestra de agua residual, las cuales fueron proporcionadas por una Planta de Cromado ubicada en el D.F.

El análisis fisicoquímico y bacteriológico para la muestra es el siguiente:

DETERMINACIONES	RESULTADOS
Coliformes (NMP/100 ml)	< 2,200
Cromo hexavalente (mg/l)	4,857
Níquel (mg/l)	215
Cobre (mg/l)	20
Cianuro (mg/l)	50
DQO (mg/l)	223
Sólidos disueltos (mg/l)	< 4,375
Temperatura (°C)	25
pH	1
Sólidos sedimentables (mg/l)	0
Sólidos suspendidos (mg/l)	8
Grasas y aceites (mg/l)	3

Para mayor simplicidad, todos los cálculos estarán referidos a 1 lit de agua residual, ya que obteniendo el costo para tratar 1 lit, automáticamente se podrá conocer el costo para cualquier otra cantidad, dependiendo del volumen de agua residual generado.

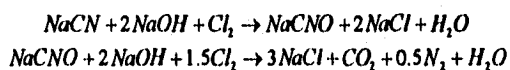
Por otro lado, los costos de los reactivos involucrados en cada método fueron proporcionados por la Cla. PROMEX.



A continuación se muestran los cálculos y resultados obtenidos:

### **CIANUROS**

**a) Oxidación por Cloración:** Las reacciones involucradas son:



$$\begin{aligned} \text{mg de NaCN} &= (50 \text{ mg/l})(1 \text{ lt}) = 50 \text{ mg} = 0.05 \text{ g} \\ \text{moles de NaCN} &= (0.05 \text{ g}/49 \text{ g/mol}) = 0.00102 \text{ moles} \end{aligned}$$

Por estequiometría de las reacciones, las cantidades de reactivos requeridas son:

$$\begin{aligned} \text{NaOH} &= 0.00408 \text{ mol} = 0.16 \text{ g} \\ \text{Cl}_2 &= 0.00255 \text{ mol} = 0.18 \text{ g} \end{aligned}$$

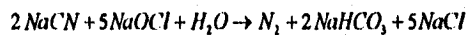
Siendo los costos:

$$\begin{aligned} (0.16 \text{ g})(0.2 \text{ N\$/g}) &= 0.03 \text{ N\$} \\ (0.18 \text{ g})(3.7 \text{ N\$/g}) &= 0.67 \text{ N\$} \end{aligned}$$

**Costo total: 0.7 N\\$/lt**

\*\*\*\*\*

**b) Oxidación con Hipoclorito de Sodio:** En este caso, la reacción involucrada es:



$$\begin{aligned} \text{mg de NaCN} &= (50 \text{ mg/l})(1 \text{ lt}) = 50 \text{ mg} = 0.05 \text{ g} \\ \text{moles de NaCN} &= (0.05 \text{ g}/49 \text{ g/mol}) = 0.00102 \text{ moles} \end{aligned}$$

Por estequiometría de la reacción, las cantidades de reactivos requeridas son:

$$\begin{aligned} \text{NaOCl} &= 0.00255 \text{ mol} = 0.19 \text{ g} \\ \text{H}_2\text{O} &= 0.00051 \text{ mol} = 0.00918 \text{ g} \end{aligned}$$

Siendo los costos:

$$(0.19 \text{ g})(13.9 \text{ N\$/g}) = 2.6 \text{ N\$}$$

Nota: El costo del agua no se considera ya que es despreciable frente a esta cantidad.

En este método, además de los reactivos con los cuales se lleva a cabo la reacción, se utilizan también aproximadamente 150 ml (175.5 g) de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  por cada litro de solución para ajustar el pH; 3 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  por cada litro de solución para neutralizar el cloro residual y 10 ml (11.3 g) de NaOH que deberán estar contenidos en el matraz lavador para tratar 1 lt de solución. Tomando en cuenta estos 3 reactivos, se tiene:

$$(175.5 \text{ g})(0.1 \text{ N\$/g}) = 17.5 \text{ N\$}$$

$$(3 \text{ g})(0.2 \text{ N\$/g}) = 0.6 \text{ N\$}$$

$$(11.3 \text{ g})(0.2 \text{ N\$/g}) = 2.3 \text{ N\$}$$

**Costo total: 23.0 N\\$/lt**

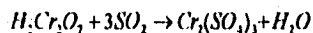
\*\*\*\*\*

En resumen, los costos de los métodos propuestos para la destrucción de los cloruros son:

METODO	COSTO (N\\$/lt)
Oxidación por Cloración	0.7
Oxidación con Hipoclorito de Sodio	23.0

### CROMATOS

**a) Reducción por Bióxido de Azufre:** En este proceso la reacción que se lleva a cabo es:



$$\text{mg de H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4,857 \text{ mg/lt})(1 \text{ lt}) = 4,857 \text{ mg} = 4.857 \text{ g}$$

$$\text{moles de H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4.857 \text{ g}/218 \text{ g/mol}) = 0.02 \text{ moles}$$

Por estequiometría de la reacción, la cantidad de reactivo requerida es:

$$\text{SO}_2 = 0.06 \text{ mol} = 3.84 \text{ g}$$

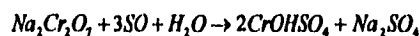
Siendo el costo:

$$(3.84 \text{ g})(0.3 \text{ N\$/g}) = 1.2 \text{ N\$}$$

**Costo total: 1.2 N\\$/lt**

\*\*\*\*\*

**b) Reducción por Anhidro Sulfuroso:** La reacción involucrada es:



$$\text{mg de Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4,857 \text{ mg/lt})(1 \text{ lt}) = 4,857 \text{ mg} = 4.857 \text{ g}$$

$$\text{moles de Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4.857 \text{ g}/262 \text{ g/mol}) = 0.02 \text{ moles}$$

Por estequiometría de la reacción, las cantidades de reactivos requeridas son:

$$\text{SO} = 0.06 \text{ mol} = 2.88 \text{ g}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0.02 \text{ mol} = 0.36 \text{ g}$$

Siendo los costos:

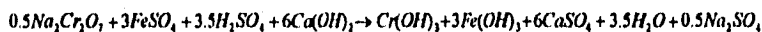
$$(2.88 \text{ g})(0.2 \text{ N\$/g}) = 0.6 \text{ N\$}$$

Nota: El costo del agua no se considera ya que es despreciable frente a esta cantidad.

**Costo total: 0.6 N\\$/lt**

\*\*\*\*\*

**c) Reducción por Sulfato Ferroso y Precipitación:** La reacción efectuada es:



$$\text{mg de Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4,857 \text{ mg/lt})(1 \text{ lt}) = 4,857 \text{ mg} = 4.857 \text{ g}$$

$$\text{moles de Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4.857 \text{ g}/218 \text{ g/mol}) = 0.02 \text{ moles}$$

Por estequiometría de la reacción, las cantidades de reactivos requeridas son:

$$\text{FeSO}_4 = 0.12 \text{ mol} = 18.23 \text{ g}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 0.14 \text{ mol} = 13.73 \text{ g}$$

$$\text{Ca(OH)}_2 = 0.24 \text{ mol} = 17.78 \text{ g}$$

Siendo los costos:

$$(18.23 \text{ g})(0.2 \text{ N\$/g}) = 3.6 \text{ N\$}$$

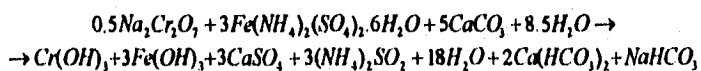
$$(13.73 \text{ g})(0.1 \text{ N\$/g}) = 1.4 \text{ N\$}$$

$$(17.78 \text{ g})(0.5 \text{ N\$/g}) = 8.9 \text{ N\$}$$

**Costo total: 13.9 N\\$/t**

\*\*\*\*\*

**d) Reducción por Sulfato Ferroso Amónico:** La reacción efectuada en este caso es:



$$\text{mg de Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4,857 \text{ mg/l})(1 \text{ lt}) = 4,857 \text{ mg} = 4,857 \text{ g}$$

$$\text{moles de Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (4,857 \text{ g}/218 \text{ g/mol}) = 0.02 \text{ moles}$$

Por estequiometría de la reacción, las cantidades de reactivos requeridas son:

$$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 0.12 \text{ mol} = 47.06 \text{ g}$$

$$\text{CaCO}_3 = 0.2 \text{ mol} = 20.02 \text{ g}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 0.34 \text{ mol} = 6.12 \text{ g}$$

Siendo los costos:

$$(47.06 \text{ g})(0.7 \text{ N\$/g}) = 32.9 \text{ N\$}$$

$$(20.02 \text{ g})(0.8 \text{ N\$/g}) = 16.0 \text{ N\$}$$

Nota: El costo del agua no se considera ya que es despreciable frente a estas cantidades.

**Costo total: 48.9 N\\$/t**

\*\*\*\*\*

En resumen, los costos de los métodos propuestos para la destrucción de los cromatos son:

METODO	COSTO (N\$/M)
Reducción por Bióxido de Azufre	1.2
Reducción por Anhidro Sulfuroso	0.6
Reducción por Sulfato Ferroso y Precipitación	13.9
Reducción por Sulfato Ferroso Amóniacal	48.9

### ACIDOS Y BASES

**a) Neutralización:** En este caso, como ya se ha dicho anteriormente, los residuos básicos se mezclarán con los ácidos para llevar a cabo la operación de neutralización. Sin embargo, como se desconoce quien está en exceso, no se pueden realizar cálculos, por lo que únicamente se mencionarán los costos de los reactivos.

NaOH = 0.2 N\$/g

H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> = 0.08 N\$/ml

HCl = 0.05 N\$/ml

H<sub>3</sub> BO<sub>3</sub> = 0.25 N\$/g

### COBRE Y NIQUEL

**a) Intercambio Iónico:** En este caso, el cálculo se realiza de manera diferente a los anteriores, ya que el costo se basa principalmente en el tamaño del reactor. En seguida se muestra dicho cálculo:

#### Para el Cobre.

La cantidad de agua con residuos de cobre que se genera en una Planta de Cromado es de aproximadamente 200 litros semanales, por lo que se tomará este dato como base para conocer el tamaño del reactor.

Mediante información proporcionada por la Cia. Grupos Industriales Aguas Purificadas, se sabe que para tratar 200 litros, se necesita un reactor de 50 cm de diámetro y 1 m de altura; en donde el lecho de resina de intercambio consiste de  $0.14 \text{ m}^3$ , que constituye el 70% del tamaño total del reactor. El costo de la resina Dowex A-1 es de 714 N\$ el metro cúbico. Por lo tanto, el costo para tratar 1 litro de agua es:

$$(0.14 \text{ m}^3)(714 \text{ N\$/m}^3)(1 \text{ lt}/200 \text{ lt}) = 0.5 \text{ N\$}$$

**Costo total: 0.5 N\$/lt**

\*\*\*\*\*

#### Para el Níquel.

Puesto que el volumen de agua con residuos de níquel es el mismo que en el caso del cobre, por analogía se tiene que:

**Costo total: 0.5 N\$/lt**

\*\*\*\*\*

De los métodos que se han señalado, se elegirán los que resultan más económicos, para de esta forma obtener un costo total. Por otro lado, sabemos que la planta operará durante 250 días/año, lo que equivale a 36 semanas, siendo el número de semanas un dato que nos servirá para realizar los cálculos.

De las tinajas de enjuague de cobre electrolítico se tienen 200 litros semanales de agua residual, los cuales también se encuentran contaminados con cianuro. Entonces, mediante los métodos de Intercambio iónico y Oxidación por Cloración, para el tratamiento de cobre y cianuro, respectivamente, se tiene:

$$(200 \text{ lt/sem})(36 \text{ sem}) = 7,200 \text{ lt/año}$$

$$(7,200 \text{ lt/año})(0.5 \text{ N\$/lt}) = 3,600 \text{ N\$/año}$$

$$(7,200 \text{ lt/año})(0.7 \text{ N\$/lt}) = 5,040 \text{ N\$/año}$$

En el caso de las tinajas de enjuague de la etapa de níquelado, se producen 200 litros semanales de agua residual, los cuales serán tratados por Intercambio iónico, teniendo así:

$$(200 \text{ lt/sem})(36 \text{ sem}) = 7,200 \text{ lt/año}$$

$$(7,200 \text{ lt/año})(0.5 \text{ N\$/lt}) = 3,600 \text{ N\$/año}$$

Para las aguas con residuos de cromo, se opta por el método de Reducción por Anhidro Sulfuroso. De las tinas de enjuague de la operación de cromado se obtienen aproximadamente 300 litros por semana. Por lo tanto:

$$(300 \text{ l/sem})(36 \text{ sem}) = 10,800 \text{ l/año}$$

$$(10,800 \text{ l/año})(0.6 \text{ N\$/l}) = 6,480 \text{ N\$/año}$$

Haciendo la sumatoria de las cantidades anteriores, se obtiene que el costo total anual para dar un tratamiento a las aguas residuales es de 18,720.00 N\$/año.

**Costo anual por tratamiento de efluentes: N\$ 18,720.00**

\*\*\*\*\*

Entonces, la relación de gastos de operación puede simplificarse en la siguiente tabla:

CONCEPTO	COSTO (N\$)
Sales y sustancias	144,218.8
Otros materiales	9,046.3
Electricidad	63,500.0
Gasto en calderas	25,147.0
Gasto de agua	74.8
Sueños y salarios	77,040.0
Depreciación de equipos	38,117.4
Tratamiento de efluentes	18,720.0
<b>Gastos totales de operación anual:</b>	<b>375,862.1</b>

### EVALUACION FINANCIERA.

En este punto se presentará un Estado de Pérdidas y Ganancias, el cual nos indica el rendimiento que nos dará la empresa, para de esta manera poder predecir su posible éxito económico. Para obtener dicho balance, se utilizó un método que es utilizado ampliamente como una técnica rápida para conocer las utilidades, y que consiste en considerar el valor de las ventas como un 100%, pudiendo evaluar a partir de éste los otros renglones.

En el cuadro que se muestra a continuación, los porcentajes están basados en el proceso de electrodeposición, aclarando que éstos pueden variar, dependiendo del tipo de proceso involucrado. También, dentro del mismo cuadro es importante mencionar lo siguiente:

- El valor correspondiente al inciso A, ha sido obtenido del Estudio de Mercado, ya que de acuerdo a la capacidad de la planta, de 235 TON/año, se esperan tener unas ventas anuales de N\$ 805,000.00.
- En el inciso C, el valor que se indica fue calculado con anterioridad en el presente capítulo.
- Los montos correspondientes a los incisos B, D, E, F, H e I, han sido evaluados a partir de los porcentajes recomendados, los cuales se encuentran a la derecha del cuadro.

DESCRIPCION	VALORES (N\$)	%
A) Ingresos totales	805,000.00	100.00
B) Costo de lo producido y lo vendido	120,669.50	14.99
C) Costo de producción anual	375,662.10	46.67
Utilidad bruta en ventas: A - (B + C)	308,648.40	38.34
D) Gastos de administración	38,720.50	4.81
E) Gastos de venta y distribución	33,166.00	4.12
F) Gastos financieros	38,076.50	4.73
G) Total de gastos: (B + C + D + E + F)	606,314.60	75.32
H) Utilidad de operación: A - G	198,685.40	24.68
H = I + J		
I) Impuestos		
10% UPT de H	19,868.54	2.47
34% ISR de H	67,553.04	8.39
J) Utilidad neta 56% de H	111,263.82	13.82



**CONCLUSION.**

Como se puede apreciar en el Estado de Pérdidas y Ganancias mostrado, la utilidad obtenida es adecuada, ya que da al proyecto una buena rentabilidad, por lo que, una vez puesta en operación la planta, deberá mantenerse en ese nivel, para así poder conservar todos los flujos de capital y lograr una estabilidad económica.

## **CAPITULO 14 CONCLUSIONES**

El proyecto elaborado representa un prototipo de una planta mediana, debido a que muestra toda la Ingeniería Básica de una Planta de Cromado, que en un momento dado puede resultar de gran utilidad para nuevos inversionistas en esta rama industrial o, incluso, para plantas ya establecidas; ya que puede ser extrapolado, es decir, bajo las mismas bases es posible plantear un tamaño menor o mayor de planta, obteniendo una disminución o un aumento en los costos de operación y de inversión, dependiendo de las condiciones que se requieran.

Por otro lado, el equipo que se presenta en esta exposición, puede ser utilizado para otros procesos similares al cromado (tales como anodizado, galvanizado, plateados, estañados, pavonados, latonados y cadminizados), además, haciendo variaciones mínimas en el mismo, la planta puede ser utilizada para cromar piezas de diferentes tamaños, lo cual hace que la inversión sea rentable.

En cuanto al mercado de los recubrimientos electrolíticos, se observa que ha crecido en los últimos años, debido a que en la actualidad, el cromado aplicado sobre materiales como el acero o el plástico, tiende a sustituir a los materiales no ferrosos, como el aluminio y el magnesio, y el estudio de tendencia indica que el mercado seguirá en ascenso, existiendo grandes posibilidades de tener un mercado asegurado.

En lo que respecta al tratamiento de los efluentes, que fue uno de los objetivos planteados, en este trabajo han sido indicados algunos de los métodos más importantes para dar un tratamiento a los mismos, mostrando además el costo de cada uno de ellos, para de esta manera poder elegir el mejor método, económicamente hablando. Asimismo, se presentan las normas a las que se debe apegar una planta de recubrimientos y que deben ser cumplidas para beneficio propio y de la humanidad.

Por último, una de las finalidades del proyecto cuantificado en esta tesis, fue mostrar de una manera simple, un estimado de los costos involucrados en este tipo de proceso, que nos proporciona datos lo más cercano posible a la realidad, lo cual nos da la pauta para en un determinado momento, poder decidir si nos conviene o no, instalar una planta con las características mencionadas.

Por lo anterior, los objetivos planteados inicialmente han sido cubiertos.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Burns, R.M. y Bradley, W.W.  
*Recubrimientos Protectores de los Metales*  
Ediciones Interciencias  
Madrid, 1984.
- 2) Clifford, H.  
*The Encyclopedia of Electrochemistry*  
Reinhold Pub. Corp.  
New York, 1984.
- 3) Mantell, C.L.  
*Electrochemical Engineering*  
Mc'Graw Hill Book Company  
New York, 1980.
- 4) Graham, K.A.  
*Electroplating Engineering Hand Book*  
Reinhold Pub. Corp.  
New York, 1975.
- 5) Blum, W. and Hogeboom, G.B.  
*Principles of Electroplating and Electroforming*  
Mc'Graw Hill  
New York, 1950.
- 6) Field, S. and Dudley, W.A.  
*Electroplating*  
Sir Isaac Pitman and Sons  
London, 1976.
- 7) Kumar, Anil  
*Chemical Process Synthesis and Engineering Design*  
Mc'Graw Hill Publishing Co.  
U.S.A., 1982.
- 8) Ludwig, Ernest E.  
*Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*  
Gulf Publishing Co.  
Vol. 1 a Vol. 3  
U.S.A., 1980

- 9) **Perry and Chilton**  
*Manual del Ingeniero Químico*  
McGraw Hill  
México, D.F., 1990.
- 10) **Kern, Donald Q.**  
*Procesos de Transferencia de Calor*  
Editorial CECSA  
México, D.F., 1991.
- 11) **Maskew Fair, Gordon/Geyer, John Charles/Okun, Daniel Alexander**  
*Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales*  
Ediciones Ciencia y Técnica, S.A.  
Vol. 1 a Vol. 4  
México, D.F., 1987.
- 12) **Peters and Timmerhaus**  
*Plant Design and Economics for Chemical Engineers*  
McGraw Hill, Chemical Engineering Series  
U.S.A., 1983.
- 13) **Modern Cost Engineering: Methods and Data**  
*Chemical Engineering Magazine*  
McGraw Hill Publishing Co.  
U.S.A., 1980.
- 14) **Chemical Engineering, International Edition**  
McGraw Hill Publishing Co.  
Vol. 98, No. 11  
México, D.F., 1989.
- 15) **Race M.F./Barrow M.M.**  
*Ingeniería de Proyecto para Plantas de Proceso*  
Editorial CECSA  
México, D.F., 1988.
- 16) **Pacheco, A.L.**  
*Anteproyecto para la Construcción de una  
Planta de Procesos Electrolíticos*  
Tesis, Facultad de Química  
México, D.F., 1962.

- 17) Roche, J.C.**  
**Estudio sobre las Sustancias Abrillantadoras**  
**de Electrodepósitos de Níquel**  
**Tesis, Facultad de Química**  
**México, D.F., 1990.**
- 18) Comercio Exterior**  
**Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C.**  
**Vol. 41, No. 11**  
**México, D.F., 1994.**
- 19) Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los E.U.M.**  
**Secretaría de Programación y Presupuesto**  
**México, D.F., 1994.**
- 20) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología**  
**Gaceta Ecológica No. 2**  
**Vol. 1, No. 4**  
**México, D.F., 1994.**
- 21) Code of Federal Regulations**  
**Protection of Environment**  
**Libro No. 40, Partes 400 a 424**  
**México, D.F., 1994.**