

127
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE UNA PLANTA CROMADORA
DE PARTES DE BICICLETAS.

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a n

ROBERTO VALLE BARBA

CLAUDIO JULIAN JULIAN

ROBERTO HERNANDEZ ALVAREZ



Director de Tesis:
Ing. ARTURO BARBA PINGARRON

México, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

Página.

1

C A P I T U L O II

II.1 PRINCIPIO DE LA CORROSION Y DEL CONTROL DE LA CORROSION.

II.1.1 INTRODUCCION

2

II.2 DESCRIPCION DEL PROCESO ELECTROLITICO

4

C A P I T U L O III

III.1 ESPECIFICACIONES DEL PROCESO.

III.1.1. PREPARACION DE LAS PIEZAS.

9

III.1.2 DESENGRASADO

10

III.2 ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO A SEGUIR

III.2.1. PULIDO

11

III.2.2. EQUIPO PARA PULIDO Y ABRILLANTADO

21

III.3 DESENGRASE Y LIMPIEZA.

23

III.3.1. LIMPIEZA POR VIA MECANICA

24

III.3.2. DESENGRASE POR VIA QUIMICA

25

III.3.3. DESENGRASE POR VIA ELECTROLITICA

26

	Pagé.
III.4 ENJUAGUES.	27
III.4.1. ENJUAGUE CON ARRASTRE A BASE DE CIRCULACION	30
III.4.2. ENJUAGUE DE CIRCULACION SENCILLA CON ESPESOR.	30
III.4.3. ENJUAGUE DE RECUPERACION SIN CIRCULACION	
III.4.4. ENJUAGUE DE NEUTRALIZACION.	31
III.5 RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS	31
III.5.1. CAPA DE COBRE	32
III.5.2. DEPOSITO DE NIQUEL	37
III.5.3. CROMO ELECTROLITICO	48
III.6 INSPECCION	54
III.6.1. ESPESOR	56
III.6.2. APARIENCIA	73
III.6.3. POROSIDAD	73
III.6.4. ADHERENCIA	75
III.6.5. CORROSION	76
III.6.6. RUGOSIDAD	77
III.6.7. ASPECTO	78

CAPITULO IV

IV.1 CARACTERISTICAS DEL PROCESO PROPUESTO	78
IV.2 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE OPERACION	82
IV.3 LEY OUT	108

CAPITULO V

PROYECTO ELECTROMECHANICO

	Pagos.
V.1. GANCHOS	119
V.2. TINAS	124
V.3. SISTEMAS DE CALEFACCION	129
V.4. SISTEMAS DE AGITACION	147
V.5. REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA	152
V.6. EQUIPOS Y PROCESOS AUXILIARES.	178

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los recubrimientos electrolíticos constituyen una técnica comúnmente empleada para revestir materiales metálicos. Los fines principales a los que están dirigidos estos recubrimientos es la protección -- contra la corrosión de diversos objetos y el conferirles un aspecto agradable para quienes harán uso de ellos.

La variedad de metales que pueden ser depositados por estos -- métodos es muy amplia. Algunos de ellos son el cromo, el níquel, el cobre, el zinc, el cadmio, etc. sobre una gran variedad de materiales base usados como soporte. Entre ellos podemos mencionar aceros de diversos -- tipos, aleaciones de cobre, aleaciones de zinc, etc.

El sistema de recubrimiento electrolítico más utilizado, sin -- duda es el llamado Cromado, que sin embargo, está constituido comúnmente por una capa de cobre, sobre ella una de níquel y finalmente una de cromo.

En el contexto de la actual situación del país, en el que la -- competitividad y la productividad se evidencian como dos elementos clave para permitir la subsistencia y desarrollo de las industrias mexicanas, en el presente trabajo se pretende presentar un proyecto integral -- orientado a plantear la generación de una planta abocada a cromar componentes de pequeñas dimensiones de diversos modelos de bicicleta, producto este en el que existe alguna tradición de exportación y oportunidades en el mercado centro y sudamericano. El trabajo intenta integrar los -- aspectos del diseño del proceso, las instalaciones electromecánicas necesarias, el control de calidad, la propuesta de las condiciones necesarias para asegurar una higiene y seguridad industrial adecuada y un estudio económico para vislumbrar la viabilidad de la empresa propuesta. Es objetivo del presente trabajo optimizar en la medida de lo posible tanto la elaboración como la calidad y productividad de la entidad propuesta.

C A P I T U L O I I

II.1. PRINCIPIO DE LA CORROSION Y DEL CONTROL DE LA CORROSION

II.1.1. INTRODUCCION

El deterioro de los materiales debido a procesos de corrosión, es una situación detectada hace mucho tiempo. El problema de la corrosión aparece por primera vez con el empleo de armas y herramientas de hierro; las herramientas de bronce del periodo histórico anterior no duraban más que un plazo de tiempo que era poco más o menos igual a la vida del hombre de aquella época.

La variedad de opciones que se conocen para la protección de los metales contra la corrosión, no es más que una respuesta a la tendencia que tienen los metales, especialmente el hierro, a pasar a sus estados -- oxidados tal como se encuentran en la naturaleza. Y esto se presenta, en ocasiones debido al descuido o ignorancia y al costo que implica su inhibición o disminución.

Existen dos tipos generales de reacciones de corrosión: aquellas en las que se combina directamente el metal con los elementos no metálicos y aquellas otras en las que el metal se disuelve, sustituyendo el hidrógeno del agua o de los ácidos, o a otro metal de las soluciones salinas. El primer tipo, que se designa con el nombre de "corrosión seca", está representado por las reacciones de oxidación, halogenación o sulfuración, mientras que el segundo, transcurre en presencia de la humedad y se le da el nombre de "corrosión húmeda". Cuando los metales se corroen en la atmósfera puede tener lugar uno o ambos de estos procesos. Ambos casos son de carácter electrolítico y se basan en la formación de fuentes locales de corrosión en la superficie metálica.

El control de la corrosión se basa en la inhibición de las reacciones químicas que conducen a la destrucción del estado metálico. Y el con

trol en tal sentido depende de la naturaleza del metal y del ambiente al que éste se expone. Existen ciertas técnicas generales para la protección de los metales: En aquellos casos en los que es factible controlar las condiciones ambientales cabe la posibilidad de eliminar o atenuar uno o más de los factores que provocan la corrosión, tales como el oxígeno, la humedad, el polvo y los gases sulfurosos. Otros métodos de control de la corrosión se basan en la interposición de una película protectora entre el metal y el medio en el que aquél se encuentra y precisamente de uno de esos métodos se ocupa este trabajo.

De hecho, algunos recubrimientos que se forman en ocasiones son -- "protectores" y son productos de corrosión de determinadas características y que algunas veces pueden obtenerse mediante la introducción del -- agente protector en el metal, como es el caso del empleo del cromo y del níquel en las aleaciones de acero.

Los métodos de revestimiento se aplican al metal con tres fines -- principales:

a).- Como protección contra la corrosión: Muchos metales industria les carecen de resistencia a los agentes corrosivos de la atmósfera, especialmente cuando ésta se haya cargada de impurezas propias de ciertas -- áreas industriales. Capas relativamente delgadas de metales más estables, prolongan su duración bajo aquellas condiciones corrosivas.

b).- Con fines decorativos: Muchos metales utilizados en algunas -- manufacturas carecen de color agradable. Recubiertos con otros metales -- mejoran su aspecto.

c).- Para mejorar la resistencia al desgaste de la superficie del -- metal.

De éstos, nos interesan aquí, solamente aquellos electrodepósitos -- que constituyen recubrimientos relativamente delgados e idóneos para usos

decorativos y/o de servicios de protección. Estas capas han de adherirse firmemente al metal base e incorporar la resistencia necesaria al producto acabado.

II.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ELECTROLITICO.

La denominación de recubrimiento electrolítico se emplea usualmente para designar aquellos depósitos adherentes, relativamente delgados, - obtenidos por formación catódica.

En esencia, el proceso consiste en que si una substancia de naturaleza electrolítica es disuelta en agua, experimenta un cambio llamado disociación, el cual consiste en que los dipolos de las moléculas de agua - ejercen un intenso efecto eléctrico sobre las moléculas de las sustancias, es decir, que los iones negativos de ésta son disgregados intensamente y atraídos por el lado positivo de los dipolos de agua. Debido a esta atracción electrostática, los iones del compuesto quedan adheridos a un número de moléculas de agua, por lo que la solución se descompone formando iones con carga positiva (cationes) y iones con carga negativa (aniones).

Al tener cargas opuestas, los iones de las sustancias tienden a -- asociarse de nuevo, pero los torbellinos formados por los movimientos térmicos de las moléculas provocan choques entre sí manteniendo un alto porcentaje de moléculas disociadas.

Debido a la disociación, si se desea recubrir un objeto y se introduce en forma de electrodo para que actúe como cátodo o polo negativo, se requiere de una fuente de corriente continua, y si se tiene por otro lado un electrodo para que actúe como ánodo o polo positivo, al actuar un campo eléctrico los iones positivos se moverán en el sentido del campo hacia el polo negativo y los iones negativos hacia el polo positivo, no -- perdiendo su carga hasta que entran en contacto con el electrodo, fijándose entonces definitivamente en el punto en que se efectuó el contacto,

formando de esta manera capas de material fuertemente adherido a la superficie del objeto que se desea recubrir. Si el ánodo es del mismo material que debe depositarse, se disuelve en el electrolítico, manteniendo la -- concentración del metal de la solución.

Cuantitativamente, el proceso se basa en las leyes de Faraday sobre la electrólisis, que establece:

"La operación de la electrólisis se lleva a cabo haciendo pasar - por la celda una corriente producida por un acumulador, un generador de - corriente continua, o bien una corriente alterna rectificada. Sometidos_ a la fuerza motriz de este potencial aplicado, los iones metálicos pene-- tran en la solución al disolverse el ánodo, y estos iones, junto con los_ idénticos del electrolito, se dirigen hacia el cátodo en el que se deposi-- tan en el estado metálico. Si el ánodo es del tipo insoluble, la reacción electroquímica que tiene lugar en este electrodo consiste en la descarga_ de iones negativos, o aniones y por regla general, con desprendimiento de oxígeno. En este caso, el contenido de iones metálicos del baño debe con-- servarse por adiciones periódicas de metal en forma de óxido o hidróxido, con lo que a su vez se neutraliza la acidez creciente que en estas cir-- cunstancias va ligada a la electrólisis".

De acuerdo con la ley de Faraday, la cantidad de todos los elemen-- tos liberados en el cátodo o en el ánodo durante la electrólisis, es pro-- porcional a la electricidad que atraviesa la solución. Puesto que en el cátodo pueden descargarse lo mismo iones metálicos que de hidrógeno, el - rendimiento de disolución del ánodo del proceso de deposición metálica -- puede, y suele ser inferior al 100%. Del mismo modo, el rendimiento de - disolución del ánodo puede variar entre el máximo teórico y cero, según - la proporción de la corriente total que penetra en la solución por disolu-- ción del metal. En algunos baños, los ánodos pueden experimentar una co-- rrosión de tipo local, en cuyo caso el rendimiento aparente de éstos pue-- de ser superior al 100%. Para unas condiciones de electrodeposición da-- das, el espesor del depósito es proporcional al período de deposición.

El funcionamiento favorable de un baño electrolítico exige el control de tres variables por lo menos: composición química de la solución -- de electrolisis, temperatura de la solución y densidad de la corriente -- catódica. Estas variables están relacionadas por el efecto que ejercen -- sobre el carácter del recubrimiento electrodepositado, de tal modo que si una de ellas se modifica, puede ser necesario modificar las otras.

En estas condiciones, ciertos metales muestran mayor tendencia -- que otros a fluir en la solución por lo que conviene conocer esta tendencia de los diversos metales y para ello han sido clasificados con arreglo a la fuerza electromotriz correspondiente a cada uno de ellos, estando -- sumergidos en una de sus sales (comunmente cloruro o sulfato) refiriéndose los resultados al electrodo del hidrógeno, cuya fuerza electromotriz -- se ha considerado como referencia. (Ver Tabla II.)

SERIE DE LAS FUERZAS ELECTROMOTRICES

M E T A L	V O L T I O S
Oro	+ 1.36
Platino	+ 0.90
Plata	+ 0.80
Mercurio	+ 0.79
Cobre	+ 0.34
Hidrógeno	CERO
Plomo	- 0.13
Estaño	- 0.14
Niquel	- 0.23
Cadmio	- 0.40
Hierro	- 0.44
Zinc	- 0.76
Aluminio	- 1.33
Magnasio	- 1.55

T A B L A II.1

A su vez existen varios factores que influyen en la formación de los recubrimientos. Los más importantes son:

- a) Densidad de corriente.
- b) Concentración
- c) Composición del electrolítico
- d) Acidez
- e) Temperatura
- f) Agitación.

A continuación explicaremos brevemente como influye cada uno de estos factores en los recubrimientos electrolíticos y más adelante explicaremos con más detalle estos factores para cada caso en particular de los diferentes metales con los que se recubrirán nuestras piezas.

a) Densidad de corriente.

La densidad de corriente, expresada en amperios por dm^2 o amperios por pie^2 , regula el espesor de la capa electrolítica. Siempre que ello sea posible, conviene utilizar densidades de corriente bastante elevadas. Por otra parte, la densidad de corriente influye sobre el tamaño y características del grano del metal depositado. De modo general, el aumento de la densidad afina el grano hasta cierto límite, puesto que los amperajes demasiado elevados implican el riesgo de obtener capas quemadas, es decir, sin consistencia. Por otro lado las densidades de corriente admisibles varían con las condiciones de funcionamiento del baño.

b) Concentración.

De modo general, el aumento de la concentración de las sales en solución, que constituye el electrolito, permite elevar las densidades de corriente, especialmente si este aumento se combina con una elevación de temperatura y con la agitación.

c) Composición de los baños.

Un electrolito no comprende tan solo la sal del metal que se desea depositar. También incluye otros diversos componentes en mayor o menor cantidad. La adición de estos cuerpos tiene como fin aportar mejoras: -- Por ejemplo, aumentar la conductividad de la solución, afinar el grano del metal depositado, etc..

De éstas, la conductividad del baño es muy importante por hallarse en relación directa con el poder de penetración de los mismos, el cual -- consiste en la facultad más o menos grande de un electrolito para repartir con regularidad la capa metálica depositada sobre un objeto y en sus aristas, las cuales reciben siempre más densidad de corriente que las partes cóncavas.

d) Acidez, concentración de iones Hidrógeno (pH).

La acidez de muchas soluciones electrolíticas es vital, ya que -- gran cantidad de defectos en Galvanotecnia dependen de un control de la acidez, ya que ésta puede ocasionar gas (oxígeno) en el ánodo al igual -- que gas (hidrógeno) en el cátodo, lo que puede producir burbujas gaseosas que pueden ocasionar la picadura de su superficie.

e) Temperatura.

Ya hemos indicado el interés que representa una elevación de la -- temperatura, ya que aumenta la conductividad del electrolito y la solubilidad de las sales que intervienen en la composición del mismo, de donde se desprende la posibilidad de concentraciones más elevadas y por consiguiente, de intensidades de corriente más fuertes.

f) Agitación.

La agitación impide el empobrecimiento de iones metálicos de la -- zona catódica. También impide, en mayor o menor medida, la adherencia de burbujas gaseosas sobre el cátodo que provocan picaduras en su superficie.

CAPITULO III

III.1. ESPECIFICACIONES DEL PROCESO.

III.1.1. PREPARACION DE LAS PIEZAS.

Al llegar al departamento de acabado, las piezas metálicas casi siempre están contaminadas con grasa procedente de los aceites protectores empleados para conservarlos durante su almacenamiento, o con aceites de corte o bruñido empleados en el mecanizado, roscado, etc. En otros casos el principal tipo de contaminación superficial está representado por aceites y grasas lubricantes mezclados con hollín o con suciedad.

De allí, que el requisito más importante en la tecnología de los recubrimientos protectores es la limpieza de la superficie a la que éstos se aplican. La naturaleza química y física de una superficie metálica ejerce un efecto muy marcado sobre la calidad de cualquier recubrimiento, ya sea de tipo metálico, orgánico o inorgánico, que pueda emplearse para protegerla. La presencia de grasas, aceite, suciedad o de otros cuerpos extraños ejerce una determinada influencia sobre la adherencia, continuidad y duración de los recubrimientos.

La preparación de la superficie metálica que se va a recubrir consta generalmente de dos pasos principales, cuyos objetivos son la separación de sustancias orgánicas, tales como los aceites y las grasas y de materiales inorgánicos, como por ejemplo: cascarilla, productos de la corrosión y materia mineral.

Existe una gran variedad de métodos de limpieza, y su selección para un determinado trabajo está condicionada en gran parte al carácter y al volumen del trabajo concreto, al tipo de los recubrimientos que se va a emplear y, en general, a las condiciones económicas que imperan en la zona en la que está localizada la factoría. A continuación se bosquejan los principales métodos de preparación de superficies.

III.1.2. DESENGRASADO.

Con el objeto de que el agente de limpieza actúe eficazmente en la eliminación de toda la gama de líquidos y sólidos grasos y de otras sustancias extrañas que pueden estar depositadas en la superficie de las piezas metálicas que se van a recubrir, suelen usarse mezclas en las que entran a formar parte diversas proporciones de distintos compuestos alcalinos. A continuación, examinaremos brevemente las principales características de estos constituyentes.

- a. Sosa Cáustica.
- b. Carbonato Sódico.
- c. Fosfatos.
- d. Silicatos Alcalinos.

SOSA CAUSTICA.- Este compuesto, que es el más fuerte de los tipos alcalinos, se emplea extensamente tanto debido a su elevada alcalinidad, como al hecho de que es considerada de gran utilidad para la saponificación de aceites y grasos de origen animal y vegetal.

CARBONATO SODICO.- El carbonato sódico es un compuesto alcalino moderado y barato que se emplea en casi todos los agentes de limpieza de metales. Sirve de ayuda en las emulsiones de aceite producidas por el jabón y es un detergente muy conveniente.

FOSFATOS.- El ortofosfato sódico ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) es uno de los componentes más corrientes empleados en los limpiadores de metales. Tiene un poder humectante y una acción emulsionante bastante buena, contribuye a la acción del jabón y se arrastra muy bien por lavado con agua.

SILICATOS ALCALINOS.- Estos son excelentes agentes de "desfloculación" y poseen buenas propiedades humectantes, emulsionantes y de arrastre por lavado con agua. Las propiedades de los silicatos alcalinos dependen de su composición, es decir de la relación SiO_2 a Na_2O (óxido de silicio, óxido de sodio).

III.2. ASPECTOS GENERALES DEL PROCESO A SEGUIR.

III.2.1 PULIDO

El pulido de las piezas constituye una parte importante de la operación de acabado. Es indispensable tener cierto grado de pulimiento, - ya que de este factor dependerá en gran parte un buen acabado. Además - de existir ciertos datos no despreciables que tienden a indicar que una superficie metálica pulida puede ser más resistente a la corrosión cuando se aplica ulteriormente un recubrimiento electrolítico que si se trata de una superficie no pulida.

El propósito del pulido, es el de quitar una cantidad considerable de metal y realizar un alijamiento inicial de la superficie, preparatoria a los procedimientos de acabado más refinados.

Existe una amplia gama de métodos para el pulido a saber:

Bruñido

Pulido con abrasivos

Pulido a bombo.

Pulido Electrolítico.

El pulido por abrasivos consiste en friccionar la pieza a pulir - contra ruedas que contenga abrasivos. De este contacto resultarán dos -- rayas que nivelaran poco a poco la superficie, consiguiéndose una cara -- uniforme, apta para ser sometida a los pasos del electrorrecubrimiento.

a. RUEDAS

Existen dos tipos de ruedas, pulidoras y abrillantadoras. Ruedas pulidoras: se construyen de diversos materiales tales como tejido, fieltro, cuero, etc. Los discos de tejido se construyen con piezas de lona, percal o indiana, etc., amordazadas y cosidas juntas. Para el pulido basto y cuando debe quitarse una cantidad apreciable de metal las ruedas em-

plean cabezas en cuya periferia y por medio de cola se aplica un abrasivo. Para la operación sucesiva se utiliza una serie de ruedas aplicando a la cabeza un abrasivo de grano más fino, hasta obtener un grado de pulido suficientemente elevado. El pulir los metales exige el empleo cuidadoso de una apropiada técnica de pulido cruzado, por medio de la cual cualquiera de las rayaduras dejadas por los medios de pulido se eliminan a cada nuevo paso.

En la industria se tienen los siguientes tipos de ruedas para pulir:

- Ruedas comprimidas
- Ruedas de fieltro
- Ruedas recubiertas
- Ruedas de piel de morsa
- Ruedas de piel de carnero
- Ruedas de trapo cosidas (lana o percal).

En nuestro caso elegiremos ruedas de fieltro y ruedas de trapos cosido. Las ruedas de fieltro se emplean con los abrasivos de grano más fino y son extremadamente flexibles; se emplean cuando se requiere un alto grado de pulido, son muy elásticas y de corte rápido. Su elasticidad las hace apropiadas para causar menos rayaduras profundas, conservan muy bien su forma y no pierden contornos.

Las ruedas de trapo cosido se usan extensamente en las operaciones de pulido en razón de su costo relativamente bajo y elevada duración. Son especialmente apropiadas para los abrasivos gruesos usados en el pulido, pueden usarse con cabezas ya formadas o bien con composiciones para el pulido fino. A las superficies de abrasivos ya formadas se les aplica a menudo grasa, cuando se requiere una acción menos energética; éste actúa como lubricante y tiende a evitar las rayaduras.

Ruedas abrillantadoras: Las ruedas para abrillantar no utilizan cabezas pegadas, la composición abrasiva se las aplica estando la rueda

en rotación apretando ésta contra ellas ya que tiene forma de barra. Las ruedas para abrillantar se construyen de un cierto número de discos de -- algodón, cuero, etc., mantenidos juntos para dar una rueda de pulir más sólida.

El primer tipo se emplea para el acabado del níquel, latón, acero, etc., mientras que las ruedas de cuero se emplean para el desbaste de materiales blandos. Por tal motivo, nuestra selección será ruedas de algodón, las cuales pueden ser:

Ruedas de trozos cosidos.

Ruedas plegadas.

Ruedas de tira continua.

Emplearemos ruedas de trozos cosidos, las cuales se elaboran con retazos de material en lugar de hacerlos de discos completos de tela y -- son considerablemente más baratas que las ruedas completas de pulir.

Se utilizan diferentes tipos de costuras para fijar el tejido y evitar la distorsión bajo la presión. Estos tipos incluyen el cosido en forma circular, espiral, tangencial y cuadrada. Los dos primeros tipos son los más usados corrientemente y cuanto más juntas son las hileras del cosido más sólida es la rueda.

Las ruedas de algodón deben hacerse de fibra larga y de hilo fuertemente retorcido. En las ruedas de trapos cosidos, las piezas deberán colocarse al sesgo con relación a la periferia de la rueda, de otra manera los hilos cerca del centro de la rueda serán eliminados, por lo tanto, se caerán implicando que la rueda tienda a formar una sección cuadrada.

b. LUBRICANTES

La lubricación de la cara cortante de una rueda pulidora con aceite o grasa es deseable en muchos casos para evitar el arrancamiento o --

desgarramiento, cuando se requiere una superficie pulida fina, y para reducir el calor producido por la fricción. Cuando se pule alguno de los metales más blandos, esencialmente el aluminio, la lubricación por medio de grasa sebácea aplicada en forma de barra a la superficie de la rueda pulidora en rotación, es el método más popular. Las pastas de pulir para desbaste suelen contener tierra Tripoli, Esmeril, Oxido de aluminio, etc.

Algunas pastas comúnmente conocidas son:

Desbaste	Estearinas	{	De 1a. Acido estearico puro.
			De 2a. Acido estearico con porcentaje - hasta de 40% de parafina.
Abrillantado	Pasta blanca	{	Para abrillantar níquel y cromo
	Pasta gris	{	Para abrillantar hierro.
	Pasta café o tripoli	{	Para abrillantar cobre
	Pasta verde	{	Para abrillantar aluminio y acero inoxidable.

c. ADHESIVOS

Las ruedas deberán inicialmente "pintarse" con una solución de cola o pegamento, posteriormente rodarse en una artesa que contenga el abrasivo, finalmente se deja la rueda en condiciones adecuadas.

Los adhesivos comúnmente usados para sujetar los granos abrasivos a la superficie de las ruedas pulidoras son: la cola de piel y los cementos a base de silicones.

La cola de piel en capas, se coloca en un recipiente para cola con camisa calefactora o a baño maría cuya temperatura debe mantenerse de 60° a 66°C.

La rueda y el abrasivo deberán ser previamente calentados hasta 50°C para evitar un enfriamiento demasiado rápido cuando se aplique la cola derretida.

El sobrecalentamiento o un calentamiento prolongado aún a baja temperatura reduce rápidamente la resistencia de la cola. La fuerza de la cola viene determinada, en igualdad de otras circunstancias, por la cantidad de agua usada en su preparación: la cola y el agua se miden por peso en lugar de por volumen o por conjetura.

Aunque las proporciones exactas de la cola a agua dependerán del tipo de cola seleccionada, la tabla No. III.1 nos dará las proporciones aproximadas como una guía para determinar las cantidades finales.

PROPORCIONES DE LA COLA SECA EN RELACION CON EL AGUA PARA DIVERSOS TAMAÑOS DE GRANOS

TAMAÑO DE GRANO DEL ABRASIVO	COLA SECA (% EN PESO)	AGUA (% EN PESO)
30	50	50
36	45	55
46	40	60
60	35	65
80	33	67
100	30	70
150	25	75
220	20	80

T A B L A No. III.1

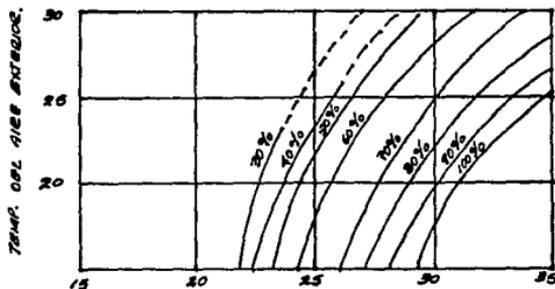
Una vez "pintada" la superficie de la rueda con cola, se rueda sobre la artesa que contenga el abrasivo aplicando una presión moderada ya que el peso de la rueda prensará el abrasivo dentro del adhesivo y proporcionará una capa uniforme.

Después de que la rueda se ha secado en aire, de una a dos horas, se aplica una segunda capa en la misma forma, si fuese necesaria.

La cola de piel alcanza su máxima resistencia no cuando está completamente seca, sino cuando retiene un contenido de agua de 10 a 12%; se utilizará pues, un secador, éste deberá ser controlado desde el punto de vista de la temperatura y de la humedad relativa; las cantidades ideales de secado generalmente son: temperatura de 30°C. y una humedad relativa de 50%.

El tiempo de secado depende del espesor de la capa de cola que contiene el abrasivo y de la concentración de la cola usada. En las condiciones especificadas, el secado es generalmente completo de las 24 a las 48 horas, procurando una circulación de aire en éste. Una humidificación adicional puede obtenerse mediante un pequeño hervidor de agua eléctrico colocado en la habitación: el calentador se conecta a través de un relé con un higrómetro con contactos accionados por la aguja indicadora del mismo, de tal forma que el calentador se ponga en funcionamiento.

La gráfica No. III.1. Muestra como es posible obtener, dentro del secador, las condiciones de temperatura y humedad óptimas del aire entrante. Esta gráfica está basada en la suposición de que las mejores condiciones de secado se obtiene, cuando la presión de vapor de agua en la habitación es 15 mm. más baja que la presión de saturación a la misma temperatura.



TEMPERATURA NECESARIA DEL SECADOR

d. PEGAMENTO A BASE DE SILICATOS.

La gran ventaja de los pegamentos en frío, es que se puede emplear a la temperatura ambiente del taller tal como se reciben del fabricante, - sin necesidad de equipo especial y de las cuidadosas precauciones y preparación elaborada, requerida para el eficiente uso de la cola animal.

Las ruedas preparadas con pegamento soportan temperaturas más elevadas, tanto en secado como en el uso, y suelen utilizarse para pulido rápido, fuerte y de desbaste. Para trabajo fino es preferible la cola.

La mayor parte de los pegamentos son de patente, por lo que en cada caso es conveniente seguir las indicaciones del fabricante en lugar de generalizar recomendaciones de aplicación.

Después del secado, la superficie es agrietada para proporcionar - resistencia y buen corte, golpeándola con una barra redonda a unos 40° -- con el eje de la rueda desde cada lado de la misma, produciéndose una -- "X" sobre la cara de la rueda; a continuación la rueda debe balancearse - antes de que esté en condiciones de uso. Las ruedas viejas deberán "pintarse" con cola o pegamento en su superficie. Antes de recubrir una rueda de pulir usada, deberá quitarse la capa vieja por medio de una pasta abrasiva, mientras la rueda esta girando.

1.4.- Abrasivos.

Existen abrasivos naturales y abrasivos artificiales.

Esmeriles naturales: Esmeril y corindón; se eligió como standard, - el esmeril turco, el cual es un compuesto de óxidos de hierro y aluminio, conteniendo entre el 57 y 75% de óxido de aluminio.

Esmeriles artificiales: Óxido de aluminio y carburo de silicio -- siendo éstos más duros y uniformes que los naturales, por lo cual son de mayor importancia en el pulido. El óxido de aluminio tiene gran capilaridad

dad y superficie muy grabada, tal que puede ser lijada en forma apropiada por el adhesivo usado por ser duro, agudo, resistente y de corte fácil para metales tenaces como acero al carbón, aceros aleados, aceros rápidos, etc. El carburo de silicio es más duro que el óxido de aluminio; se -- fractura con facilidad cuando se embota y presenta nuevos filos cortantes, por lo que se utiliza para materiales de baja resistencia a la tensión, -- tales como: latón, aluminio, cobre, etc., La limitación del carburo de -- silicio es la de que es más difícil de pegar a las ruedas por los adhesivos, además de ser estos materiales silicos perjudiciales para la salud por el polvo tan fino que producen.

Los tamaños de granos standard para los abrasivos artificiales, se --
gún la "Abrasive grain Association" son como sigue:

Abrasivos de óxido de aluminio.

Tamaños tamizados: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30, 36, 46, 54, 60, 70, 80, 90,
100, 120, 150, 180, 220, 240.

Polvos sin clasificar:

F, 2F, 3F, 4F, XF.

Polvos clasificados.

280, 320, 400, 500, 600.

Abrasivos de carburo de silicio:

Tamaños tamizados: 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30, 36, 46, 60, 70, 80, 100, 120,
150, 180, 220, 240.

Polvos sin clasificar:

F, 2F, 3F, 4F, XF.

Abrasivos de carburo de silicio:

Tamaños tamizados: 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24, 30, 36, 46, 60, 70, 80, 100, 120,
150, 180, 220, 240.

Polvos sin clasificar:

F, 2F, 3F, 4F, XF.

Polvos clasificados
280, 320, 400, 500, 600.

El tamaño de grano de las partículas usadas en las operaciones corrientes de pulido, corresponde en general al de las partículas que pasan por los tamices de 60 a 90 mallas para el desbastado y de 120 mallas para las operaciones sucesivas, empleándose los tamaños más finos para las operaciones de acabado.

TABLA PARA LA SELECCION DE LOS GRANOS
(Esmeril "Naxos" y "Turkish")

Partes	operación de pulido				
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Hechas	46-60	70-90	120	150-180	---
Aluminio, fundido en arena (interior)	36-46	-	-	-	---
Aluminio, fundido en arena (ext.)	60-80	120-180	Bruñido	-	---
Aluminio, fundido en matriz	150	Bruñido	---	-	---
Aluminio, hojas	120*	180	Bruñido	-	---
Autos, defensas	60-90	120	150-180*	220*	---
Autos, reflectores	180-220*	Bruñido	-	-	---
Sierras de cinta	60-80	120-150	-	-	---
Latón, fundido en arena	60-80*	150-180*	-	-	---
Latón, hojas	180-220*	Bruñido	-	-	---
Plnchas eléctricas	80	120*	150*	180-240*	---
Vidrio, biselado	70-90	120-150	220	p. p6mex	Rojo
Granito, pulido	60-90	120-150	F	3F	B. con óxido de estaño
Hierro gris, decapado	80	120-150	-	-	---
Hierro gris, sin decapar	70	120-150	-	-	---
Martillos, bocas	46-60	100-120	-	-	---
Cuchillos de mesa y hojas de acero	80-90	120-150*	220F	Bruñido (máquinas especiales)	---
Cuchillos de mesa	46-60	-	-	-	---
Cuchillos, machete, filos y cara	46-60 80	120*	-	-	---
Lentes	-	-	-	-	---
Lentes, prescripción	60-80	180-220	Polvo óptico	Rojo	---
Lentes, telescopio	60-80	180-220	Poly óptico	Poly óptico	Rojo
Metal monel, fundido	80	120	150	150*	Bruñido
Metal monel, láminas acabadas	180	180*	220*	Bruñido	---
Acero inoxidable (Acabado espejo)	60-80	100-120*	150*	220-3F*	Bruñido
Acero inoxidable (Acabado comerc.)	80	100*	120*	150*	---

*Indica ruedas con grasa o aceite.

T A B L A # III.2

ACABADO QUIMICO DE LOS METALES.

H. SILMAN

Aunque es raro que se emplee una secuencia única para pulir un artículo determinado, las tablas siguientes serán de gran ayuda como guía para una secuencia adecuada.

III.2.2. EQUIPO PARA PULIDO Y ABRILLANTADO.

El equipo básico debe incluir un eje al que se puedan sujetar con seguridad las ruedas de abrillantar o pulir en tal posición que puedan hacer contacto con la superficie del metal a pulir, debe disponerse de una fuente de energía que haga girar la rueda a la velocidad apropiada para la operación en cuestión, a pesar de la fricción entre la rueda y la pieza.

Una máquina de este tipo es por lo general accionada mediante un motor eléctrico, cuyo eje sirve al mismo tiempo para la sujeción de las ruedas a cada uno de sus extremos.

Podemos elegir entre el pulido automático y el manual, siendo éste último el que se utilizará dadas las características de la pieza a procesar, las cuales no serán satisfechas debidamente por el medio automático.

Aunque las velocidades para el pulido varían mucho de trabajo a trabajo y de operario a operario, la siguiente tabla de pies/min. de velocidad periférica, servirá como guía para las operaciones de pulido manual, sujeta ésta a la habilidad física del pulidor manual para mantener la debida posición y precisión.

Material	VELOCIDADES PERIFERICAS APROXIMADAS PARA EL PULIDO MANUAL DE VARIOS MATERIALES	
	Velocidad periférica (pies/min.) Desbaste	Abrillantado.
Acero al carbono	9 000	7-9 000
Acero inoxidable	10 000	7-9 000
Latón	6-9 000	6-8 000
Aluminio y otros metales blandos	6-8 000	6-7 000
Cromo		

T A B L A No. III.3

Como auxilio para determinar la velocidad superficial para el pulido o abrillantado se tiene la siguiente tabla.

VELOCIDAD PERIFERICA DE LAS RUEDAS
PULIDORAS PARA VARIOS DIAMETROS

(pies/min con exactitud de unos 10 pies)

Velocidad del eje (rpm)	Diámetro de la rueda								
	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°
800	420	840	1260	1650	2100	2510	2930	3350	3770
1000	520	1060	1570	2100	2620	3140	3670	4190	4710
1200	630	1260	1850	2510	3140	3770	4400	5030	5650
1400	730	1470	2200	2930	3670	4400	5130	5560	6600
1600	840	1650	2150	3350	4190	5050	5560	6700	7540
1800	940	1890	2830	3770	4710	5850	6600	7540	8450
2000	1050	2100	3140	4190	5240	6290	7330	8390	9420
2200	1150	2300	3450	4600	5760	6910	8060	9220	10370
2400	1260	2510	3770	5030	6280	7540	8800	10060	11310
2600	1360	2720	4050	5450	6500	6170	9530	10690	12250
2800	1470	2930	4400	5960	7330	8790	10260	11730	13190
3000	1570	3140	4710	6250	7850	9450	11000	12570	14140
3200	1650	3350	5020	6700	8360	10030	11730	13410	15080
3400	1780	3560	5340	7120	8900	10650	12430	14250	16020
3600	1880	3770	5650	7540	9430	11310	13200	15090	16960

T A B L A No. III.4

III.3. DESENGRASE Y LIMPIEZA.

El desengrase y limpieza es una operación preliminar y esencial. - Si consideramos un objeto acabado de pulir, éste se haya recubierto de -- grasas, aceites, partículas abrasivas, polvo, etc., siendo las partes salientes las más cargadas. A menudo el aspecto del objeto no revela a simple vista cuando el pulimiento ha sido hecho con cuidado, ni hasta que -- punto se halla éste recubierto por una película formada por los ingredientes, película de la que conviene deshacerse completamente si se quiere -- llegar a obtener un recubrimiento bien adherido, ya que es acertado decir que la mayor y particular causa de los defectos del acabado es una limpieza imperfecta de la superficie del metal.

Los tipos de suciedad que deben ser eliminados, pueden clasificarse como sigue:

a).- Aceites, grasas, aceites solubles, residuos ael estirado, lubricantes y similares dejados sobre la superficie del metal como consecuencia de las operaciones mecánicas, tales como el laminado y el estampado.

b).- Residuos del pulido, que puede comprender grasas, jabones, -- abrasivos, metal desgastado y material textil procedente de los discos de pulit.

c).- Virutas de metal, arenillas e incluso polvo atmosférico.

d).- El empañamiento y la película de óxido desarrollados durante el almacenamiento o la manipulación.

Existen tres clases de sustancias utilizadas en el desengrase y - limpieza de los metales.

a) Disolventes orgánicos

b) Detergentes, que consisten en soluciones acuosas de distintos productos, generalmente alcalinos, en mezcla con otros de distinta naturaleza.

c) *Productos de limpieza alcalinos emulsionados.*

A su vez la superficie de la pieza a procesar se puede limpiar de las tres maneras siguientes:

III.2.1 Limpieza por vía mecánica.

III.2.2. Desengrase por vía química.

III.2.3. Desengrase por vía electrolítica.

Dada la importancia del desengrase, en el control de calidad que - desea implantarse, y el peligro de exponerse a contaminar un baño o tener que rechazar gran cantidad de piezas en nuestro proceso, se implantarán - los tres tipos de vías para el desengrase a base de disolventes orgánicos y productos de limpieza alcalina.

A continuación se mencionarán las características de cada una de - las vías mencionadas.

III.2.1. Limpieza por vía mecánica.

*La eliminación de las grasas se va a efectuar, frotando con cepi-
llo concienzudamente, las piezas con algunos disolventes orgánicos. Di-
chos disolventes deben cumplir con los siguientes requisitos:*

- a).- Ser baratos y fáciles de adquirir.*
- b).- Ser inflamables.*
- c).- Ser efectivos para todo tipo de aceites, grasas, ceras y al-
quitranes.*
- d).- Carecer de toxicidad.*
- e).- Poseer escasa viscosidad y tensión superficial para facilitar
la penetración en los depósitos de grasa.*
- f).- Ser fácilmente separable y recuperable en porcentaje alto.*
- g).- No ser corrosivo para los metales, incluso a elevadas tempera-
turas.*

En nuestro caso utilizaremos percloroetileno.

El percloroetileno es el disolvente orgánico más extensamente empleado para el desengrase de los metales. Sus propiedades se acercan en muchos aspectos a las condiciones ideales que debe reunir un disolvente anteriormente indicadas, ya que no es flamable, no forma mezclas combustibles o explosivas con el aire, disuelve rápidamente la mayor parte de las grasas, aceites, alquitranes, goma, así como el caucho y muchas resinas; no se altera por el agua, y en la práctica, el disolvente impuro se recupera a menudo por destilación en corrientes de vapor.

Una vez realizada la limpieza de las piezas por vía mecánica, éstas se frontan con un paño limpio y se procede a pasarla al siguiente baño.

III.2.2.) Desengrase por vía química.

La limpieza anterior no es absoluta, esta limpieza no basta para asegurarse que esté completamente desengrasada. El desengrase con cloroetileno es un método eficaz en la eliminación de las grasas y aceites de las superficies metálicas, como lo indica el hecho de ser extensamente empleado en la industria. Sin embargo, no debe perderse de vista que no constituye, en sí, un completo procedimiento de limpieza, si se precisa la obtención de una superficie químicamente limpia, como es el caso de los metales que deben recubrirse electrolíticamente. Por tal motivo se recurrirá a un segundo desengrase, el cual será por inmersión y vía química.

Debemos considerar que una pieza de metal medianamente sucia puede limpiarse únicamente por electrolimpieza, pero es más económico limpiarlas antes por medio de un lavado con una solución alcalina. Cuando se quita de este modo, la solución electrolimpiadora es protegida de la contaminación, especialmente de las materias coloidales que pueden depositarse sobre la pieza. Esto prolonga la actividad de la solución electrolimpiadora y aumenta su eficiencia.

Las piezas a desengrasar por vía química se sumergen en una solu-

ción de tipo alcalino, donde la grasa es en parte saponificada, convirtiéndose en un producto soluble fácilmente arrastrable, y en parte emulsionada por agentes tensoactivos. La sustancia grasa y la suciedad es, de este modo, arrancada de la pieza y eliminada por el simple contacto -- con el agua. Las partículas sólidas procedentes de las pastas de pulir o esmerilar, junto con el polvo y restos metálicos, son también arrastrados por absorción mediante agentes coloidales presentes en la solución alcalina.

Este desengrase contendrá elementos como son: sosa, nitritos, silicatos y cianuros.

Las soluciones alcalinas trabajan generalmente en caliente y a temperaturas mayores de 80°C, debiendo emplearse para esto, tanques previstos de sistemas de calentamiento y de agitación, ya que con ésta, la fuerza mecánica de la solución en movimiento aleja constantemente del metal las emulsiones y jabones recién formados y continúa aplicando los agentes químicos frescos de limpieza a las nuevas capas de suciedad, acelerando de esta forma la acción.

III.3.3. DESENGRASE POR VIAS ELECTROLITICA.

La limpieza electrolítica es el método más seguro para limpiar superficies de metal que se preparan para recubrimientos electrolíticos. Las piezas son sumergidos en baño a base de sosa cáustica y cianuro sódico. Estas se conectan a la barra catódica (conectando catódicamente se desprende el doble del gas que es muy importante para la limpieza) bajo una fuerte densidad de corriente. Cuando la corriente fluye a través de la solución limpiadora, el agua de la solución se descompone y libera hidrógeno sobre el cátodo (dando lugar a que la capa de suciedad se saponifique) y oxígeno sobre el ánodo. Esta agitación de la solución limpiadora, en contacto inmediato con la superficie sucia, remueve la película de solución (incluyendo la delgada capa de suciedad que humedece, o a la que está unida) y la reemplaza con una película de solución limpiadora fresca

sin contaminar que estará lista para humedecer o unirse a la siguiente -
capa de suciedad.

La repetición de esta acción, transfiere eventualmente la suciedad de la superficie a la solución limpiadora, en donde es retenida en emulsión o suspensión temporal.

La aplicación del principio de limpieza electrolítica es el siguiente:

Una pieza de metal es cargada en forma negativa cuando actúa como cátodo en el circuito eléctrico, atraerá a las partículas con cargas opuestas y repelerá las de carga similares. La suciedad, que tiene una carga igual a la de la pieza que se limpia, está sujeta a una fuerza que tiende a empujarla fuera de la superficie.

Con esto se explica la extraordinaria efectividad de la limpieza electrolítica para eliminar la suciedad. Al igual que el desengrase anterior, la solución debe trabajar en caliente y a temperatura mayores de 80°C.

Por otro lado, hay que considerar que los baños de desengrase electrolítico, se recubren con mayor o menor rapidez de una espuma que conviene eliminar a menudo, puesto que puede ensuciar las piezas al extraerlas del baño.

III.4 ENJUAGUES

Se reconoce como axiomático, que un recubrimiento de alta calidad, sólo es posible cuando se recubre un cátodo limpio en una solución de pureza controlada. Con demasiada frecuencia se olvida el papel que juega el enjuague deficiente el cual anulará el objeto de cada uno de los otros pasos en el ciclo de recubrimiento, por lo que un gran porcentaje de los problemas en galvanotecnia, se debe a enjuagues deficientes.

Los principales errores de un mal enjuague por lo regular son los siguientes:

a).- El transporte de la solución de un tanque a otro, puede acarrear consigo contaminaciones indeseables que hay que preveer, si se tiene en cuenta que las interacciones químicas pueden obstaculizar seriamente el proceso de recubrimiento.

b).- Si las piezas llegan al proceso de recubrimiento con materias grasas adheridas a su superficie, ello ocasionará que la adhesión del depósito no sea buena, provocando vejigamientos y desprendimientos de las materias depositadas.

c).- Manchas y moteado en las piezas.

d).- Por lo general, un enjuague mal diseñado a la vez de implicar las desventajas enumeradas, gasta más agua de la necesaria por lo que resulta, a su vez, antieconómico.

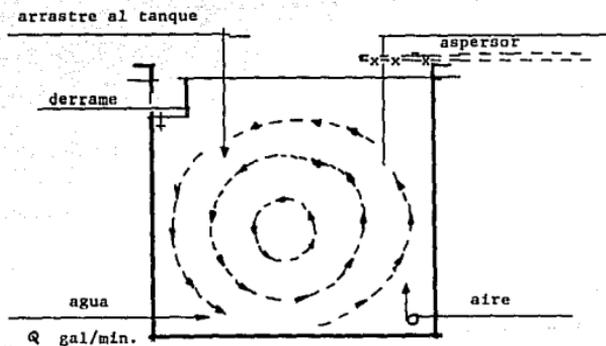
Se obtiene un enjuagado eficiente, cuando la operación se logra con un mínimo uso de agua, aunado a una agitación vigorosa del agua por medio de aire. Esto es, como se trata de una dilución, es ventajoso que la solución pueda ser diluida con toda el agua en el tanque de enjuagado, ya que si esto es inadecuado, parte del agua limpia se derramará por el rebosadero, sin cumplir con su función primordial.

El aire deberá ser introducido de manera que proporcione una turbulencia giratoria que mantenga limpia la superficie del agua de enjuagar, moviéndola hacia el rebosadero.

El aire deberá estar libre de aceite y será proporcionado por un soplador a baja presión.

Las canalizaciones de entrada y salida del agua, deben ser suficientemente amplias. La entrada debe realizarse por la parte baja del recipiente y la salida (por medio de un vertedero a lo largo de todo el ex-

tremo o largo del tanque) por la parte alta, y en el extremo opuesto del tanque, desde el punto por el que se introduce el agua. Fig. No. III.1



ENJUAGUE SIMPLE CON MEZCLADO IDEAL.

F I G U R A No. III.1

Existen varias maneras de realizar un enjuague:

III.4.1.- Enjuague de recuperación sin circulación.

III.4.2.- Enjuague con arrastre a base de circulación (inmersión).

III.4.3.- Enjuague en serie.

III.4.4.- Enjuague de circulación sencilla con aspersor (inmersión y rociados).

Dada la importancia de éstos en nuestro proyecto, se aprovecharán todos los tipos, a excepción del enjuague en serie, a lo largo de toda nuestra línea, dependiendo el uso particular de cada uno de ellos de la importancia del baño que la antecede o precede.

A continuación se explicará brevemente cada uno de los enjuagues seleccionados.

III.4.1. ENJUAGUE CON ARRASTRE A BASE DE CIRCULACION.

Consistirá simplemente en un enjuague por inmersión, en donde el agua es removida por medio de agitación y por el efecto del líquido desplazado al introducir las piezas al interior del tanque.

III.4.2.- ENJUAGUE DE CIRCULACION SENCILLA CON ASPERSOR.

El enjuague por rociado es muy efectivo debido al volumen relativamente pequeño de agua que se necesita para diluir el contaminante sobre la pieza ya que éste está siendo diluido constantemente mientras está bajo la acción del rociador.

La disposición que se empleará, será la de colocar los aspersores sobre un tanque de enjuagar por inmersión para que rocien a las piezas según éstas dejen el tanque de enjuague. Esto creará un efecto en el enjuague, de corriente de gran eficiencia, a la vez de que servirá para suministrar parte del agua derramada.

III.4.3.- ENJUAGUE DE RECUPERACION SIN CIRCULACION.

Se emplearán tanques de recuperación de las soluciones sin circulación del agua, como medio para recobrar parte de la solución perdida por arrastre. En las operaciones manuales, es usual para el operario reemplazar las pérdidas por evaporación en el tanque principal desde el tanque de recuperación, siempre que note que es necesario.

Cuando una solución, se regresa en forma intermitente, es relativamente insignificante si el intervalo entre los retornos es largo o corto. En algunas circunstancias, es económico concentrar la solución recuperada antes de regresarla al tanque de trabajo.

III.4.4.- ENJUAGUES DE NEUTRALIZACION.

Estos enjuagues a base de ácido sulfúrico y agua, tienen como finalidad neutralizar los restos de los desengrases que pueden acarrear alguna pieza y que no sean eliminados en los enjuagues que le anteceden. El método de recuperación de este tipo de lavado, es por inmersión con recirculación, pero sin derrame.

III.5. RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS.

Como es sabido, la oxidación que se forma en la superficie del hierro expuesta al aire, ocasiona considerables pérdidas, pero un recubrimiento electrolítico relativamente delgado y realizado con un metal más noble que el metal recubierto, constituye una eficaz protección.

Pueden obtenerse muy buenos resultados por este método, y las aplicaciones electrolíticas que consideramos a continuación, no presentan dificultades especiales para su puesta en operación, siempre que se tengan en cuenta ciertas normas. Por otra parte, los recubrimientos electrolíticos de espesor adecuado y bien adheridos, constituyen una buena protección contra la acción corrosiva de ácidos, gases, sales, etc. Como recubrimiento, nuestras piezas llevarán Cobre, NIQUEL Y CROMO.

El cobrizado, es poco empleado como recubrimiento decorativo o definitivo. Resulta en cambio, muy interesante como primera capa para la protección, por ejemplo del acero antes del niquelado.

Los recubrimientos electrolíticos de cromo resultan de un color blanco azulado. Realizados en capas muy delgadas, vienen a menudo a complementar las aplicaciones del níquel, ya que presentan la ventaja de conservar su brillo.

A continuación, mencionaremos las características de cada uno de los recubrimientos a los que someteremos la pieza.

III.5.1. CAPA DE COBRE.

Las aplicaciones electrolíticas de cobre, son especialmente utilizadas en forma de primera capa, (principalmente sobre acero o hierro fundido) destinada casi siempre a recibir una posterior aplicación de níquel para mejorar la resistencia de los recubrimientos a la corrosión, además de ser buen medio de unión entre las capas posteriores y el metal base. Las aplicaciones de cobre que están bien realizadas, son de un color rosa salmón. El comportamiento catódico del cobre con respecto al hierro, -- cuando estos metales se encuentran en contacto y humedecidos por un electrolito, es más acusado que el del níquel. Además el cobre no tiene el aspecto agradable del níquel como metal de recubrimiento a pesar de su carácter catódico con respecto al hierro.

Sometido a la acción de calor, el cobre se oxida a partir de temperaturas bastante bajas (200°C). El cobre es un excelente conductor de calor y de electricidad. He aquí sus principales características físicas:

DENSIDAD	8.9 Kg/dm ³
PUNTO DE FUSION	1080°C
CALOR ESPECIFICO	0.09 Cal/g°C (q a 100°C)
CONDUCTIBILIDAD TERMICA	0.93 Cal cm/cm ² /°C seg.
RESISTENCIA ESPECIFICA	1.7 μΩ cm ² /cm

El cobre, es según sean las sales, monovalentes o bivalente. En la práctica, las dos sales más utilizadas para la preparación de los baños de cobre, son el sulfato cúprico, $\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (cobre vivalente), y el cianuro cuproso, CuCN (cobre monovalente). El cobre puede depositarse a partir de baños ácidos, a base de sulfato o soluciones alcalinas a base de cianuro.

Es recomendable la utilización de ánodos de cobre electrolítico - fundido o laminado, pues presentan una estructura más homogénea y más fina.

a).- BAÑOS DE COBRE ALCALINO.

Este baño consiste esencialmente, en una solución de cianuro cuproso y cianuro de metal alcalino, con o sin varios agentes de adhesión. Las soluciones de cianuro tiene un excelente poder de penetración; no obstante, en general, son inapropiadas para la obtención de depósitos de un espesor apreciable, pero tiene la ventaja de poder ser aplicadas directamente a los metales ferrosos, ya que no es posible obtener recubrimientos sobre el acero, a partir de la solución ácida, pues se obtendría recubrimientos esponjosos y sin adherencia.

El baño de cianuro consiste en una solución de cobre en cianuro sódico o potásico, con exceso de éste último, pero esta solución de cianuro potásico es extremadamente venenosa, razón por la cual el baño a emplearse será a base de cianuro sódico.

Los compuestos del baño serán: cianuro de sodio (NaCN), cianuro de cobre [CuCN] y sosa cáustica (NaOH).

Para establecer el espesor del material a depositarse, tomaremos como base la siguiente tabla:

ESPECIFICACIONES	TIPO	ESPESOR MINIMO
		MILESIMAS DE PULGADA
Military MIL-F-14072	I	1.0
Equipo de señales terrestres	II	0.5

De la cual consideraremos que el espesor debe ser de 1.0 milésimas de pulgada, de las cuales 0.75 milésimas, las aportará el baño de cobre - alcalino y el resto el baño de cobre ácido.

El rango de densidad de corriente de este baño varía de 2 a 5 -- amp/dm² y estableciendo como norma una densidad de 4.3 amp/dm² o sea -- 40 am/ft² se puede obtener el tiempo de permanencia de la pieza en el recubrimiento mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Hr} = \frac{144 \times T \times 16.4 \times P.e.}{g \times Ah \times CD}$$

donde:

Hr = Tiempo en horas para depositar T pulgadas de metal con una -- corriente Directa CD en am/ft² conocida

p.e. = peso específica.

g por Ah = gramos por ampere hora.

Las tablas III.5 y III.6 nos muestran los valores de p.e. y g.- por Ah para los metales de recubrimiento más usuales.

Element	Sym- bol	Chemical equiva- lent	E.C.E. mg.	g. per Ah.	Lb. (av.) per 1000 Ah	Mils per hr. por 10 A. por sq. ft.
Cadmium	Cd	56	0.58	2.088	4.6	1
Chromium	Cr	8.75	0.091	0.3276		
Copper (sulphate)	Cu	31.8	0.329	1.182	2.61	0.56
(cyanide)	"	63.6	0.658	2.364	5.22	1.12
Cobalt	Co	29.5	0.305	1.098	2.42	0.53
Gold (chloride)	Au	65.6	0.576	2.436	78 oz. tr.	--
(cyanide)	"	197	2.03	7.308	235 " "	--
Hydrogen	H	1	0.0104	0.0376	----	--
Iron	Fe	28	0.29	1.044	2.3	
Lead	Pb	103.5	1.071	3.86	8.51	1.45
Nickel	Ni	29.3	0.302	1.090	2.40	0.534
Oxygen	O	8	0.0828	0.298	----	----
Silver	Ag	108	1.118	4.024	129 oz. tr.	1.63
Tin	Sn	59.5	0.615	2.21	4.87	1.28
Zinc	Zn	32.5	0.338	1.22	2.6	0.74

T A B L A # III.5

SPECIFIC GRAVITIES OF METALS

Metal	D	At. Wt.	Metal	D	At. Wt.	Metal	D	At. Wt.
Aluminium	2.7	27	Copper	8.9	63.6	Nickel	8.8	58.6
Antimony	6.7	122	Cold	19.4	195	Platinum	21.4	197
Bismuth	9.2	208	Iron	7.8	56	Rhodium	12.5	108
Cadmium	8.0	112	Lead	11.4	207	Silver	10.5	108
Chromium	6.9	52	Magnesium	1.75	24	Sodium	0.97	23
Cobalt	8.8	59	Manganese	7.2	55	Tin	7.3	118
			Mercury	13.6	200	Tungsten	19.3	184
						Zinc	6.9	65

T A B L A No. III.6

De los valores obtenidos de las tablas anteriores, se obtiene que para el cobre alcalino:

$$Hr = \frac{144 \times 0.00075 \times 16.4 \times 8.9}{2.364 \times 40.0}$$

$$Hr = 0.166 \text{ horas} = 10 \text{ minutos}$$

La solución trabaja normalmente entre 45° y 60°C, con densidades de corriente de hasta 5 amp/dm² como se mencionó anteriormente. El P.H. es aproximadamente de 12.5, y se requiere de agitación catódica y/o por aire.

Las soluciones de cianuro se aplican comúnmente en cubas de acero o de hierro recubiertas de goma, para evitar la contaminación con hierro.

Los ánodos de cobre deberán colocarse en canastillas de titanio y envolverse en polipropileno para evitar la presencia de partículas ocluidas, que puedan dar lugar a la formación de barro anódicos y consecuentemente, a depósitos ásperos o rugosos. Un exceso de corriente en los baños al cianuro, provoca recubrimientos oscuros y rugosos. Cuando a la solución le falta cianuro, se obtiene un recubrimiento marcado de vetas oscuras, pero el exceso de cianuro o la falta de cobre, conduce a aplicaciones lentas e incluso polvorizadas.

b) RECUBRIMIENTOS DE COBRE ACTIVO BRILLANTE.

Las soluciones ácidas consisten en una solución de sales de cobre y ácido sulfúrico, y se utilizan para recubrir metales que no son atacados químicamente por la solución y especialmente cuando se requiere un espesor apreciable. La solución es sencilla, su preparación no resulta cara y los rendimientos anódicos y catódicos se acercan generalmente al 100%. Pueden obtenerse depósitos muy gruesos, que son muy adherentes a considerables densidades de corriente.

La función del sulfato de cobre es obvia, y la del ácido sulfúrico es la de aumentar la conductibilidad y prevenir depósitos rugosos, gracias a la formación de cristales de tipo muy fino. Se ha encontrado que el sulfato de cobre neutro, tiene la tendencia a la formación de sales básicas con la consecuente formación de depósitos rugosos y esponjosos; - la presencia del ácido previene esto, y además, reduce el consumo de corriente por la reducción del número de iones de cobre libres en la solución.

El depósito de este tipo de solución, suele ser mate, y se precisa de una superficie brillante ya que ésta se sumará a la brillantez del cromado, por lo que se recurre al empleo de agentes abrillantadores, así como de ácido clorhídrico.

Por lo tanto, los elementos de la solución serán: Sulfato de cobre, Acido sulfúrico, Acido clorhídrico y abrillantadores.

Para poder depositar el material, la densidad de corriente puede variar de 2 a 6.5 amp. sobre dm^2 , a temperaturas que oscilan entre 20°C y 50°C (la elevación de la temperatura da lugar a la obtención de un depósito de cobre más blando, y de la misma manera actúa un incremento del contenido en metal de la solución o una disminución en la concentración del ácido sulfúrico), y agitación por aire.

Estableciendo como norma una densidad de corriente de 3.86 amp so-

bre dm^2 (37 amp/ft^2), obtendremos el tiempo necesario que debe permanecer la pieza en la solución, para cumplir con el espesor establecido en el punto anterior, mediante la siguiente fórmula.

$$Hr = \frac{144 \times T \times 16.4 \times p.e.}{g \text{ por Ah} \times Cd}$$

$$Hr = \frac{144 \times 0.00025 \times 16.4 \times 8.93}{1.182 \times 37}$$

$$Hr = 0.128 \text{ hrs} = 7.69 \text{ mins.}$$

Las soluciones de cobre ácidas se aplican comúnmente en cubas de acero recubiertas de goma. La parte exterior de la cuba deberá recibir un tratamiento con pintura asfáltica anti-sulfúrica puesto que la solución es muy corrosiva.

Al igual que el baño anterior, los ánodos de cobre deberán colocarse en canastillas de titanio y envueltos en polipropileno.

Una densidad de corriente muy elevada, provoca recubrimientos deslucidos, estriados de negro e incluso granulados, pero esto, puede ser también provocado por una proporción insuficiente de ácido sulfúrico si la densidad de corriente es normal.

III.5.2 DEPOSITO DE NIQUEL.

Las aplicaciones electrolíticas del níquel son las más generalizadas, debido a que éste cumple con tres funciones: primeramente mejora la superficie y luego consigue una protección eficaz contra la oxidación y contra la corrosión. En la primera, el níquel tal como se deposita es de aspecto mate, pero mediante el uso de soluciones abrillantadoras la superficie queda brillante y vistosa como la plata y frotándola puede incluso estar muy reluciente, pero con el tiempo tiende a empañarse cuando esta solo, razón por la cual se complementa por lo común con una ligera aplicación de cromo.

El crecimiento rápido de la industria de recubrimientos de níquel durante los últimos años se debe a la ventajosa combinación de propiedades que el níquel comunica al metal base; es decir, una combinación frente a la corrosión y un aspecto agradable y duradero que se consiguen, ambas, a un precio razonable y que son condiciones de un número prácticamente ilimitado de artículos. Estas propiedades de resistencia a la corrosión y aspecto atractivo deben conservarse en una gran variedad de medios ambiente, incluyendo la intemperie y el aire de locales cerrados, así como en instalaciones de fabricación de productos químicos, alimentos y bebidas, a los que el níquel ofrece una gran resistencia. El valor protector de los recubrimientos de níquel se debe en gran parte a su continuidad, ya que en la mayor parte de los casos hacen tan solo las veces de barrera física que excluye el aire y la humedad, y no proporcionan ninguna protección electroquímica en las discontinuidades que puedan existir en el recubrimiento. En las aplicaciones del acero chapado con níquel, el recubrimiento está exento de poros y se comportan como níquel puro. Por consiguiente, los espesores de capa necesarios para resistir la corrosión normal durante la duración de la vida que se desea tenga el artículo, en las condiciones del medio ambiente en que ha de prestar servicio.

Por esta razón, los objetos antes de ser niquelados, se proveen de una capa de cobre, con la cual se obtiene una protección mucho más eficiente contra la oxidación.

A continuación se enumeran algunas características del níquel.

Densidad	8.9 Kg/dm ³
Punto de fusión	1450°C
Calor específico	0.11 cal/g°C
Coefficiente de dilatación	13.1 x 10 ⁻⁶
Resistencia específica a 20°c	7 $\mu\Omega$ cm ² /cm ²
Temperatura de Oxidación	700°C
Dureza Brinell	130 a 425

El níquel es bivalente. Las sales de níquel más utilizadas para la preparación de baños de niquelado son las siguientes: sulfato de níquel,-

cloruro de níquel y sulfato doble de níquel y de amonio. sienta el sulfato de níquel el más utilizado en compañía de cloruro de níquel y de ácido bórico (conocido como baño de Watts), en donde la principal función del cloruro de níquel es provocar la corrosión del ánodo e incrementar la conductibilidad del electrolito. La acción del ácido bórico es principalmente como una solución tampón o buffer que ayudará a mantener el pH sin grandes variaciones, además de favorecer la obtención de depósitos blandos, dúctiles y lisos.

El pH es un factor muy importante en los baños de níquelado, y actúa generalmente con muy débil acidez (pH de 4.8 a 6.5); y en ciertos casos, la acidez puede ser más fuerte (pH de 1.5 a 4.5) como en los baños de cloruros, y su valor óptimo dependerá de la composición del electrolito, de su temperatura y de la densidad de corriente. Pero en cualquier caso la acidez debe ser verificada con frecuencia.

Cuando los baños de alto y bajo P.H. operan a altas temperaturas y a alta densidad de corriente exhiben prácticamente características similares, pero con el baño de bajo pH las altas densidades de corriente pueden ser empleadas sin peligro de despellejamientos o de rompimiento de los depósitos y con el mayor tipo de ánodos existentes, resultando también mejores eficiencias anódicas.

Por lo contrario con las soluciones de alto pH, se tiene una mayor tendencia a la existencia de cráteres y una pequeña baja en la eficiencia catódica. Por otra parte los valores altos de PH, tienden a favorecer la producción de depósitos más duros, pero en ciertas circunstancias pueden conducir a la aparición de picaduras en el recubrimiento; motivo por el cual se considera las soluciones de bajo pH como "baños para propósitos generales".

En la práctica se distinguen tres tipos de baños:

a).- Baños fríos, actuando a la temperatura ambiente con débiles densidades de corriente de 0.2 a 1 amp/dm².

b).- Baños calientes sin agitación, actuando con densidades de corriente que van de 5 a 12 amp/dm²

c) Baños calientes con agitación, actuando con densidades de corriente que van de 5 a 12 amp/dm².

Como primera observación, se advierte que los baños calientes con agitación permiten obtener rápidamente recubrimientos de níquel de suficiente espesor para proteger el acero eficazmente, pero se deben considerar ciertas condiciones de trabajo para mantener una adecuada concentración de iones de níquel en la proximidad del cátodo. De no hacerlo así, pueden resultar depósitos "quemados" o "picados". Como primera consideración se tiene que el contenido en níquel deberá ser lo más alto posible.

La dureza del depósito está influida por la temperatura a que se efectúa el recubrimiento y debe escogerse un término medio (entre 50° y 70°C), entre la tendencia a resultar "quemado" si la temperatura es demasiado baja o a que el depósito sea demasiado blando y por ello difícil el acabado, si la temperatura es demasiado alta.

Se puede tener grandes densidades de corriente (entre 2 a 10 amp/dm²), pero a su vez un aumento en la densidad de corriente da por resultado una disminución del poder de penetración. Densidades reducidas producen una capa compacta y fuerte, pero que también puede resultar demasiado dura y quebradiza y que en consecuencia tiende a rajarse. Con densidades superiores se obtiene una capa más blanda, pero que de ser demasiado, resulta porosa, cristalina, lodosa e incluso polvorienta; razón por la cual la tendencia es recurrir a densidades medias (aproximadamente 5 amp/dm²). Con estas densidades de corriente se requiere de una agitación por medio de aire para evitar la estratificación.

Dadas las condiciones en que se efectuará el níquelado, es decir, empleando soluciones calientes con agitación por aire, deben utilizarse ánodos de níquel de elevada pureza para obtener una disolución uniforme y evitar su desintegración.

Los principales tipos de ánodos usados son:

- a) Anodos fundidos en coquilla
- b) Anodos laminados
- c) Anodos de níquel electrolítico.

En la actualidad, todos los ánodos se sirven en metal de elevada pureza y contienen por lo menos 99% de níquel.

La British standard Specification, en su especificación No. 558, - precisa la composición de los ánodos como sigue.

Níquel + Cobalto	99%
Níquel	98.5
Hierro	0.75
Cobre	0.25
Silicio	0.1
Manganeso	0.1
Carbono	0.3
Zinc	0.01

El buen comportamiento de un ánodo en un baño de níquelado tiene gran importancia. En primer lugar, su rendimiento ha de ser el más elevado posible, y por otra parte, no debe introducir en los baños impurezas o partículas que podrían dirigirse a las piezas y provocar rugosidades o picados. Un ánodo por consiguiente, debe corroerse de un modo uniforme y permanecer limpio. Esto es de suma importancia para los baños calientes y agitados, en los que el desplazamiento de las impurezas es rápido. En este último caso, por otra parte los ánodos son rodeados de fundas de algodón o materia similar incluso nylon.

En nuestro caso emplearemos ánodos laminados por ser de un grano homogéneo y más fino que los ánodos fundidos, dando generalmente mejor resultado especialmente cuando el trabajo se efectúa bajo fuertes densidades de corriente.

a). Depósitos de níquel mate.

El baño de níquel mate o de "Watts", es la base de todos los procesos de níquelado, y su finalidad es la de servir como fijador al acabado de níquel brillante.

Entre estos dos tipos de baños, no existen diferencias básicas en cuando a sus compuestos, por lo que las consideraciones anotadas antes con respecto al pH, temperatura y densidad de corriente, se deben satisfacer en rangos similares.

Así mismo como se señaló anteriormente, los constituyentes del baño de níquel son sulfato de níquel ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), cloruro de níquel ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) y ácido bórico (H_3BO_3).

En estos baños se recomienda trabajar con una concentración de sulfato de níquel relativamente elevada, condiciones de temperatura de 50 a 70°C, y con pH entre 5.6 y 5.8 y agitando la solución, pues con esto, es posible conseguir rápidamente un recubrimiento satisfactorio, impidiendo con estas recomendaciones, el empobrecimiento de la solución en la proximidad del cátodo.

Una vez definidas las condiciones de pH, temperatura y densidad de corriente, podemos calcular el tiempo de permanencia de la pieza en el baño de níquel mate, si tomamos en cuenta la siguiente tabla publicada por la American Society for Testing Material (A.S.T.M.) para la industria del automóvil, que nos permita elegir la calidad del níquelado en función de las piezas.

Piezas en acero	Servicio muy duro	51 a 76 micras
Piezas en acero	Servicio exterior	38 micras.
Piezas en acero	Servicio Interior	13 micras.

Como nuestras piezas se verán sujetas a un servicio exterior, pero no muy duro, consideraremos que con un recubrimiento de níquel de 50 micras se satisfacen nuestras exigencias, de las cuales serán depositadas - 38 por el baño de níquel mate y 22 por el baño de níquel brillante.

De las tablas III.5 y III.6 (del punto (2), se obtiene que el p.e. del níquel, es de 8.8 y el g por Ah es de 1.090 y si considerar una densidad de corriente de 50 amp/(ft²) con un espesor de depósito de 38 micras - (0.00149 in), el tiempo de permanencia de las piezas en el baño de Níquel mate debe ser igual a:

$$Hr = \frac{144 \times p.e. \times T \times 16.4}{g \times Ah \times CD}$$

donde:

$$Hr = \frac{144 \times 8.8 \times 0.00149 \times 16.4}{1.09 \times 50}$$

$$Hr = 0.5681 \text{ hrs} = 34.9 \text{ mins} = 35 \text{ mins.}$$

b). Níquel brillante.

El níquelado brillante es actualmente un procedimiento de la mayor importancia y sus fórmulas se basan fundamentalmente en la solución de -- Watts (como se mencionó en el baño de níquel mate) aunado a varios agentes de adición como son: agentes abrillantadores, agentes estabilizadores y agentes antipicaduras.

Las ventajas de poder obtener recubrimientos de níquel brillantes sin necesidad de pulirlos son varias, principalmente:

a).- La eliminación del costo de las operaciones de acabado de níquel, que es considerable.

b).- Ahorro del desperdicio de níquel en la operación de "afinado" durante la cual debe eliminarse hasta 30% del depósito de níquel, con la correspondiente pérdida en el valor protector del depósito.

c).- Los objetos níquelados pueden ser directamente cromados sin necesidad de secarlos, desencastarlos, conectarlos de nuevo, etc.

Los agentes abrillantadores se hallan generalmente amparados por patentes.

A continuación presentaremos una tabla de las principales soluciones para niquelado brillante.

PRINCIPALES SOLUCIONES PARA NIQUELADO BRILLANTE		
	SOLUCION	ABRILLANTANTES USADOS
Schlotter	U.S.P. 1,972,693 (1934)	Benceno disulfonato de níquel; naftaleno-trisulfonato
Weisberg y Stoddard.	U.S.P. 2,026,718 (1936)	Sulfato de cobalto, formato - sódico y formaldehído.
Harshaw	U.S.P. 2,029,386 (1936)	Oleorresinas sulfonadas.
	U.S.P. 2,029,387 (1936)	Terpenos sulfonados.
Hinrichsen	B.P. 461,126 (1937)	Sulfato de cobalto y formato sódico.
Hull	U.S.P. 2,085,754 (1937)	Cetonas.
Harshaw	U.S.P. 2,125,229 (1938)	Acido selénico y naftaleno disulfonado.
McGean	U.S.P. 2,112,818 (1938)	Cinc o cadmio y ácidos naftáleno-sulfónicos.
	U.S.P. 2,114,006 (1938)	Cinc o cadmio y aminotoluenos - sulfonados.
Harshaw	U.S.P. 2,198,267 2,238,861; 2,290,342; 2,291,590; 2,294,311; 2,315,802; 2,324,999; (1940-43).	Naftaleno-sulfonatos, aminopropil metanos (v.g. fucsinal) y lauril sulfato sódico. Sulfonamidas y sulfonimidas.
Udylite	B.P. 529,825 (1940)	Cetonas y aldehídos, como formaldehído e hidrato de cloral.
Udylite	U.S.P. 2,191,813; 2,240,801; 2,321,182; (1940-46)	Cinc o cadmio y sulfonamidas.
	B.P. 525,847 (1940)	(v.g. p-toluensulfonamidas); aldehídos halogenados, ácidos toluenosulfónicos.
	529,825 (19410)	

T A B L A # III.7.

ACABADO QUIMICO DE LOS METALES.

H. SILMAN.

a).- Materiales que actúan como abrillantadores, (abrillantadores primarios) muy eficaces pero que deben utilizarse en cantidades cuidadosamente reguladas. Dentro de ese grupo se encuentran sustancias tales como las sales de zinc y cadmio, aldehidos, selenio y telurio, gluten, gela tina y dextrina.

b).- Substancias que son o no abrillantadores en si mismas, (agentes estabilizadores) como las sales de cobalto, los naftalín-sulfonados, los ácidos poli-sulfónicos y las sulfonamidasarilicas. Se elige una combinación de sustancias de estos dos grupos, ya que con las primeras el margen de su concentración, dentro de las cuales puede utilizarse, es tan estrecho que no tienen aplicación comercial. Las cantidades excesivas reducen pronto la eficiencia catódica, particularmente en las zonas de escasa densidad de corriente, de suerte que puede cesar la penetración del depósito en las cavidades de los objetos que se niquelan. Además, cambios muy ligeros en las condiciones de trabajo o en la concentración del abrillantador, pueden conducir a depósitos negros o quebradizos. Por tal motivo se recurre a los segundos (conocidos también como abrillantadores secundarios) que actúa como estabilizadores.

Los estabilizadores ejercen dos funciones primordiales: Por una parte contribuyen a dar depósitos relativamente brillantes sobre el metal base, y por otra, aumentan la solubilidad de los agentes abrillantadora primarios, de modo que pueden ser utilizados en concentraciones algo mayores. Así mismo, el agente estabilizante disminuye al mismo tiempo, la sensibilidad del baño a la presencia de impurezas que puedan introducirse.

Por otro lado, prácticamente todas las soluciones de niquelado brillante en que entran agentes de adición, suelen originar "picaduras", a menos que se añada una pequeña cantidad de un agente humectante apropiado, el cual disminuye, la tensión superficial del baño, impidiendo el "picado" del cátodo.

Entre los principales humectantes se encuentran el peróxido de hidrógeno, pero en nuestro caso no puede usarse ya que tiende a oxidar el -

abrillantante orgánico presente, por tal motivo se recurre a otros agentes humectantes utilizados en soluciones comerciales, como son los alcoholes sulfonados y los arisulfonatos alquil substituidos, los cuales suelen causar trastornos, por emulsiones aceites u otros contaminantes, lo cual hace necesaria una filtración o tratamiento con carbón activado.

Todos estos agentes de adición deben tener, como es lógico, una elevada solubilidad y no deben separarse de la solución por precipitación.

En nuestro proceso, haremos uso como agentes de adición, de la solución de sulfato de cobalto-formiato sódico ya que éste tiene una ventaja sobresaliente sobre todos los demás, y es que sus constituyentes son controlables mediante el análisis químico y su concentración puede ser más o menos variada. En esa solución el formiato sódico sirve para mantener la solución dentro de los límites de PH de trabajo y también contribuye al abrillantado del depósito. En ausencia de sulfato de cobalto, el depósito es liso, de grano fino y a menudo pulido e incluso a elevadas densidades de corriente, pero no es completamente brillante. La adición de cobalto a la solución da lugar a la obtención de un recubrimiento con brillo espectacular de un color algo más blanco que un recubrimiento de níquel puro.

El contenido en cobalto del depósito disminuye al aumentarse la densidad de corriente. La figura No. III.2 muestra el contenido en cobalto de las aleaciones depositadas a distintas densidades de corriente. A causa del costo relativamente elevado del cobalto, comparado con el del níquel, resulta económico efectuar el recubrimiento a elevada densidad de corriente.

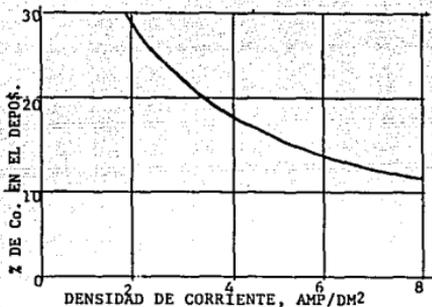


FIGURA # III.2

El brillo del recubrimiento persiste incluso con un considerable espesor del metal, y de hecho aumenta con el espesor del depósito.

El espesor, como se estableció será de 22 micras y de las tablas - III.5 y III.6 obtendremos los siguientes datos para el níquel: $p.e = 8.8$

$gpor Ah = 1.080$ (gramos por Amperes - hora) y estableciendo una densidad de corriente = 50 amp/ft^2 , se tiene que 22 micras = 0.00086 pulgadas, por lo que:

$$Hr = \frac{144 \times 0.00086 \times 16.4 \times 8.8}{1.090 \times 50}$$

$$Hr = 0.32 \text{ hrs.} = 19.67 \text{ mins} = 20 \text{ mins}$$

III.5.3 CROMADO ELECTROLITICO

a). ANTECEDENTES HISTORICOS

Inicialmente, Bunsen en 1854 logró electrodepositar Cromo, aunque se considera que el primero que lo hizo fue Gauthier en 1856 a partir de un baño de Acido Crómico, producido por precipitación de Dicromato de Potasio en una solución en Acido sulfúrico. El recubrimiento que obtuvo, fue blanco-grisáceo y brillante.

Poco después, en 1905, Corveth y Curry establecieron algunos aspectos importantes del proceso, tales como la necesidad de utilizar densidades de corrientes adecuadas y la existencia, invariablemente, de Sulfato en forma de componente de la solución.

En el desarrollo de las investigaciones posteriores, las experiencias intentaron un rendimiento máximo de deposición, pues el cromado brillante se desconocía, de ahí que no se realizaron avances importantes en este aspecto durante largos periodos.

En 1924, Haring logró obtener una capa cromada y brillante que utilizó en equipo para impresión de moneda. A partir de este trabajo, se encontraron nuevas aplicaciones a esta clase de recubrimientos y condiciones más adecuadas para alcanzar una mejor calidad.

La patente más utilizada actualmente corresponde a G.G. Fink. --
{1926}.

b). PRINCIPIOS

El cromo no puede ser depositado a partir de una solución que contiene solo "Acido Crómico" y Agua. Deben estar presentes en el baño, uno o más radicales ácido, los cuales actúan como catalizadores para producir o ayudar a la deposición catódica del Cromo. Los más usados son sulfatos

y fluoruros, estos últimos, esencialmente en forma de silicofluoruros. Es muy importante y conviene mantener una relación adecuada, preferiblemente de 100:1 entre la cantidad en peso de "Acido Crómico" y la de radicales -ácido.

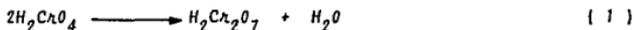
Aunque la eficiencia de corriente en el cromado es baja, es posible obtener altas velocidades de deposición debido a las elevadas densidades de corriente utilizadas. Los voltajes, por su parte, también son altos (de 4-10 volts) de acuerdo a las condiciones de operación.

El poder de penetración de esta clase de proceso es relativamente pobre, lo que determina que sea difícil recubrir satisfactoriamente artículos de formas irregulares.

No existe una teoría que explique con satisfacción el cromo Electrolytico. Hay solo algunas cuestiones que han sido respondidas.

Sobre la base de los estudios realizados con trazadores de Cromo, se ha sugerido que la deposición se verifica más bien por reducción del "Acido Crómico" que por la del cromo Divalente o Trivalente. La mayor parte de las teorías elaboradas, postulan la existencia de una membrana semipermeable de composición no definida totalmente, conocida como "Cromato de Cromo", estrechamente ligada al cátodo.

El cromo se deposita desde un electrolito que contiene Trióxido de cromo (CrO_3). Una solución acuosa de trióxido de Cromo (CrO_3) consiste de una mezcla de ácidos policrómicos, en particular Acido Cromoso (H_2CrO_4) y "acido Crómico" ($H_2Cr_2O_7$) que están en equilibrio dinámico unos con otros:



Así, el electrolito, contiene 3 especies de anión: Cromato Acido - ($HCrO_4^-$), Cromato (CrO_4^{2-}) y Dicroamto ($Cr_2O_7^{2-}$). El radical, Cromato Acido ($HCrO_4^-$) predomina en soluciones de Acido Crómico diluidas, mien-

tras que el radical Dicromato Acido (HCr_2O_7^-) es preferencial en soluciones concentradas, como las utilizadas en baños para cromado. También están presentes algunos iones Cromo (Cr^{+3}). En tales condiciones, cuando una solución acuosa es electrolizada, se forma una película en el cátodo que impide la formación de un depósito metálico, porque es permeable solo a pequeños iones de Hidrógeno, pero no a los grandes de Dicromato Acido (HCr_2O_7^-). La película consiste del "Cromato de Cromo $\text{Cr}(\text{OH})\text{CrO}_4$.

Para poder efectuar la deposición del metal como tal, debe agregarse algún ácido que sea capaz de destruir esta película por la formación de complejos. El Acido Sulphúrico forma complejos parcialmente solubles con cromo (Cr^{+3}), disociándose en los siguientes iones complejos:

$\text{Cr}_2(\text{H}_2\text{O})(\text{SO}_4)_5^{-2}$, $\text{Cr}_2(\text{H}_2\text{O})(\text{SO}_4)_5^{-3}$ y $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_6^{-6}$ y por lo tanto, tiende a prevenir la formación de esta película en el cátodo. Por lo tanto, durante la electrolisis se establecerá un equilibrio dinámico entre los dos procesos, a los que se conoce como formación y disolución de la película.

Es conveniente hacer notar la importancia de la presencia de iones Cromo (Cr^{-3}) en el proceso de deposición de Cromo. Deben estar presentes para la producción de un depósito satisfactoria, pero su concentración no debe ser muy grande, pues por otro lado, el rango de densidad de corriente con el cual es posible obtener depósitos brillantes, se restringe acen tuadamente y la resistencia del electrolito puede aumentar. Por lo tanto, el exceso de iones Cromo (Cr^{+3}), debe ser re-oxidado a cromo (Cr^{+6}) y esto ocurre en el ánodo. Es usual que el plomo se utilice como material -- anódico, puesto que el sobre-voltaje sobre el plomo es alto.

Aunque se forman iones Cromo (Cr^{+3}) durante la electrolisis, como una parte de la reacción, la reducción de cromo al estado metálico sucede directamente desde los iones Hexavalentes.

c). BAÑOS DE CROMADO

Los depósitos de Cromo pueden obtenerse a partir de soluciones de una gran variedad de sales de cromo, pero en el terreno industrial, casi todo el cromado se basa en las de "Acido Crómico" (CrO_3) que contiene pequeñas cantidades de aniones tales como sulfatos, fluoruros y fluosilicato aunque los únicos constituyentes necesarios son el Acido Crómico y uno o más radicales ácido que se comportan como catalizadores.

Composición de Algunos baños

Das fórmulas típicas (baños de Fink) para baños de cromado electro-lítico que utilizan Sulfato como el catalizador radical ácido son:

		g/l
1.-	"Acido Crómico" (CrO_3)	400
	Acido Sulfúrico (H_2SO_4)	4
2.-	"Acido Crómico" (CrO_3)	250
	Acido sulfúrico (H_2SO_4)	2.5

Al baño 1., se le conoce normalmente como "concentrado" y al 2., como "diluido". El segundo es el más utilizado en el campo industrial.

Papel de Catalizador

Su objetivo principal es convertir una solución de "Acido Crómico" puro a un baño de cromado.

Con un bloque de condiciones de temperatura de baño, densidad de corriente y concentración de "acido Crómico", un porcentaje de catalizador demasiado pequeño puede no ser suficiente para provocar un recubrimiento, o bien, dar como resultado una capa café óxido.

Si por el contrario, la concentración es alta, se producirá un cromado parcial o incompleto con bajo poder de penetración debido a la acción

depolarizante o a la fácil formación de iones Cromo (Cr^{+3}) en el cátodo.

Un punto importante, por lo tanto es cuidar en la composición del baño, la relación de peso que guarden la solución que contienen los iones sulfato y el contenido de "Acido Crómico". El valor de la relación debe mantenerse dentro de los límites de 50:1 y 250:1 y de preferencia 100:1.

d). EFECTO DE ALGUNAS VARIABLES DURANTE LA OPERACION

La deposición de Cromo se caracteriza por una muy baja eficiencia del cátodo, siendo utilizada la mayoría de la corriente en la electrólisis de agua y en la reducción de Cromo (Cr^{+6}) a Cromo (Cr^{+3}) en el cátodo y en la subsiguiente oxidación de Cromo (Cr^{+3}) a Cromo (Cr^{+6}) en el ánodo.

Una alta concentración de "Acido Crómico" (CrO_3), puede originar una pérdida abundante de electrolito.

La temperatura del baño y la densidad de corriente, están relacionadas entre sí y ejercen influencia considerable en la eficiencia del cátodo.

Así pues, la densidad disminuye cuando la temperatura se eleva. -- Ambos también determinan la apariencia externa del depósito.

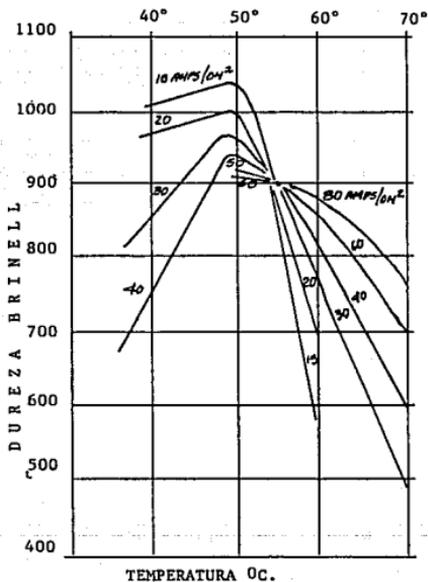
Para propósitos decorativos y en virtud de la dificultad que existe para pulir el depósito, se requiere que éste resulte brillante.

A temperatura relativamente bajas ($35^{\circ} - 40^{\circ}C$), se obtienen recubrimientos mates, grises o ligeramente brillantes, trabajando en rangos amplios de densidad de corriente. Los depósitos brillantes se obtienen operando en el rango de $45^{\circ} - 60^{\circ}C$ y con densidades de corriente entre 10 y 55 A/dm². A mayor temperatura, los depósitos obtenidos tienden a ser blandos.

Si la densidad de corriente empleada es muy baja, para una temperatura dada, no sucederá, virtualmente la deposición ocupándose la corriente

te aplicada, en reacciones laterales. Por otro lado, si la densidad sobrepasa el límite máximo, se depositará Cromo de tonalidad gris oscuro.

La gráfica III.3, muestra dicho comportamiento en el caso del latón.



GRAFICA III.3.

Relación densidad de corriente
Temperatura-dureza en recubrimientos de Cromo

La temperatura del baño y la densidad de corriente también influyen en la dureza del depósito. El máximo, se logra a temperaturas elevadas, cuando se incrementa la densidad de corriente en el cátodo. Por ello, se pueden variar los parámetros de operación para obtener depósitos de diversos valores de dureza.

La resistencia al desgaste del depósito, aumenta rápidamente a medida que lo hace la temperatura del baño, llegando a un máximo entre 55° y 65°C.

El poder de penetración de las soluciones de "Acido Crómico", es extraordinariamente bajo, lo que determina que resulte difícil cromar satisfactoriamente piezas de forma irregular. Lo más probable es que zonas deprimidas, reciban poco cromo y de aspecto lechoso, debido a que en estas zonas, las densidades de corriente no están en el intervalo que produce depósitos brillantes. La alteración de la composición en los baños que emplean "Acido Crómico", no ha podido mejorar de modo sensible el poder de penetración de éstos. Las condiciones de trabajo más favorables para lograr el máximo poder de penetración son una temperatura elevada (55°C) y una densidad de corriente alta (35 amp/dm²) combinados con un bajo contenido de "Acido Crómico" y sulfato.

III.6. INSPECCION

El comprador o usuario de un objeto electrorecubierto, o de un objeto que tenga componentes electrorecubiertos, juzga la calidad del recubrimiento primeramente por su apariencia y acabado. Un grado elevado de lustre, reflectividad de espejo y carencia de defectos en la superficie, tendrá un fuerte efecto sobre la opinión del probable comprador acerca de la calidad y valor del producto.

Como es lógico, el mejor método para determinar el valor protector de un recubrimiento metálico es el de someterlo a una serie de ensayos en condiciones lo más parecidas posibles a aquellas que han de reinar cuando

la pieza esté en servicio. Aunque reunida lentamente y a veces con un gasto económico elevado, la experiencia así obtenida contribuye a aumentar la información sobre la corrosión y constituye un punto de partida muy útil en la selección de los recubrimientos más adecuados para cada caso en particular. Normalmente la información sobre el rendimiento de un recubrimiento metálico puede obtenerse a partir de los estudios realizados sobre la calidad del mismo y de los resultados de los ensayos de corrosión. Al valorar la calidad de cualquier recubrimiento metálico, las propiedades que deben tenerse en cuenta son las siguientes:

- III.6.1. Espesor
- III.6.2. Apariencia
- III.6.3. Porosidad o continuidad
- III.6.4. Adherencia al metal base
- III.6.5. Corrosión
- III.6.6. Rugosidad
- III.6.7. Aspecto

De éstos, en general solo se utiliza uno como base para las especificaciones de producción, por ejemplo el espesor.

Los ensayos de calidad deben ser sencillos, rápidos y baratos. La información obtenida en éstos ensayos puede ser de calidad cualitativa, como por ejemplo la obtenida sobre el grado de adhesión o de fragilidad o sobre las variaciones del espesor de unas a otras partes del artículo; pero, también puede ser cuantitativa, como es el caso en la determinación del peso del recubrimiento o del número de picaduras por unidad de superficie.

Los ensayos para la determinación de la ductilidad y adherencia de los recubrimientos se llevan a cabo cuando existe alguna probabilidad de que estas propiedades puedan ejercer influencia sobre el rendimiento. Estos ensayos son de carácter físico y se realizan antes de los de la determinación del espesor y de la uniformidad.

III.6.1. ESPESOR

En vista de que la resistencia a la corrosión, ha mostrado estar íntimamente relacionada con el espesor del depósito, es obvia la utilidad de estipular espesores mínimos en las especificaciones para producción.

Existe una amplia gama de métodos para determinar el espesor, algunos de ellos han ganado preferencia sobre los demás por su sencillez. -- Entre las más comunes tenemos las siguientes:

- a. Método Microscópico.
- b. Métodos electrolíticos.
- c. Métodos magnéticos.
- d. Métodos Químicos y Electroquímicos.
- e. Método de la gota.
- f. Método del goteo.
- g. Método del Chorro.

a. METODO MICROSCOPICO

Es uno de los procedimientos más exactos para determinar espesores de películas electrodepositadas, puesto que las lecturas se obtienen en forma directa. Para su desarrollo es necesario contar con un equipo, que en la mayoría de los casos resulta caro y delicado, tanto en su obtención como en su mantenimiento. El método en sí consiste en determinar el espesor buscando a partir de una muestra que se observa a través de un microscopio provisto con retina graduada.

Procedimiento.

a.- Muestra

Una vez seleccionada la porción de la pieza, en la cual queremos hacer la determinación, se procede al corte con un contador de disco de alta velocidad, provisto con sistema refrigerante. En todo momento hay que evitar sobrecalentamiento y deslizamiento del metal.

El corte debe ser normal a la superficie.

Montaje.

La probeta se monta sobre base de baquelita o lucita con la ayuda del montador de muestras.

Lijado y pulido

Esta operación tiene por objeto preparar la superficie que se va a observar, de tal manera que no presente rayaduras, ni irregularidades que distorsionen la luz del microscopio. Se efectúa utilizando cuatro o cinco tipos de lijas de agua, además de alúmina en suspensión para las operaciones de acabado. El proceso se efectúa haciendo uso de mesas de pulido y pulidoras mecánicas.

Ataque químico.

En este caso se aprovechan las reacciones químicas de algunas sustancias sobre diferentes metales, que favorezcan con la observación de las películas metálicas. Por lo tanto, es necesario seleccionar cuidadosamente los reactivos químicos así como los tiempos de ataque.

Determinación del espesor.

La determinación se realiza por medio del microscopio metalográfico, provisto de retina graduada.

b. METODOS ELECTROLITICOS

El espesor del recubrimiento por medios electrolíticos se calcula generalmente sobre la base de la pérdida de peso de la muestra o del análisis químico de la solución que contiene el metal disuelto. El empleo con éxito de este método exige la aplicación de una densidad de corriente uniforme a todas las zonas del recubrimiento que se desea analizar, así mismo, es difícil emplearlo en el análisis de artículos de forma irregular.

En este ensayo electrolítico, el procedimiento consiste en comunicar a la pieza recubierta carácter anódico, a una densidad de corriente constante, en una matriz de vidrio cilíndrico que contiene una solución constituida por 20% de cloruro sódico y 10% de zinc en 100 partes de agua. Dicha densidad de corriente es de 15.5 amp/dm^2 . Y separa una cantidad de 0.35 gr/dm^2 de recubrimiento por minuto.

c. METODOS MAGNETICOS.

El presente método proporciona un sistema sumamente rápido y no destructivo para la determinación del espesor de los metales electrodepositados. Está basado en la fuerza de atracción magnética entre un imán permanente o electroimán y una base con propiedades magnéticas y la medida de esta fuerza cuando entre imán y base se interpone un material no magnético. El procedimiento consiste, bien en medir la corriente necesaria para desprender una aguja imantada, o bien la fuerza que se precisa para arrancar de la superficie recubierta un electroimán o un imán permanente. Se han ideado muchos instrumentos para medir esta fuerza y correlacionarla con el espesor del recubrimiento. Así tenemos un aparato totalmente electromagnético autocompensante, el cual está constituido por un núcleo de hierro móvil contenido en un tubo de vidrio, que a su vez, está rodeado por un solenoide que se separa paulatinamente del núcleo hasta que éste se desprende de la superficie de ensayo.

La A.S.T.M., patrocinó una investigación comparativa de varios instrumentos distintos empleados para medir el espesor del recubrimiento. De esa investigación, se comprobó que el calibrador MAGNE dió los valores más constantes y que además eran los que más se aproximaban a los obtenidos con el micrómetro de cuadrante, aparato normalizado de referencia. Seguía en precisión el calibrador G. E..

El calibrador Magne, emplea un pequeño imán permanente, suspendido libremente de un brazo de palanca horizontal, que se acciona mediante un muelle en espiral, el cual enrosca al girar, un cuadrante. La fuerza de

atracción entre el imán y el muelle. Las lecturas del cuadrante están relacionadas con la reluctancia magnética introducida por la película y nos dan el espesor del recubrimiento, haciendo referencia a una curva de calibrado.

El calibrador G.E., se basa en el principio de que los recubrimientos no magnéticos, son equivalentes a un entre-hierro entre la base magnética y los dos extremos de los polos magnéticos de la cabeza del calibrador. Cuando estos dos extremos presionan contra el recubrimiento, la reluctancia del flujo resultante es predominantemente una función de la longitud del entre-hierro en el circuito magnético, y la impedancia eléctrica de la cabeza del calibrador, varía en función de la longitud del entre-hierro o del espesor del recubrimiento no magnético.

De lo anterior se desprende, que el flujo magnético puede ser determinado por dos caminos diferentes:

- a).- Medida de la fuerza necesaria para desprender el imán base.
- b).- Medida de variación por la interposición de una capa no magnética.

El primer método es aplicable en los siguientes casos:

- 1.- Capa no magnética sobre base magnética (cobre sobre hierro o - acero).
- 2.- Capa magnética sobre base no magnética (Ni sobre Cu o Zn).
- 3.- Capa magnética sobre base magnética (Ni sobre Hierro ó acero).

El segundo método sólo es aplicable para medir capas no magnéticas.

DETERMINACION DE ESPESOR DE CAPAS NO MAGNETICAS SOBRE BASE MAGNETICA.

Este principio está basado en la disminución de la atracción magnética entre el imán del aparato y la base de acero o fierro. La fuerza con la que el imán se adhiere directamente sobre la base magnética, se ve dis

minuida en forma proporcional al espesor del metal no magnético que se interpone entre ellos.

Se ha encontrado que cuando hay interferencia de una capa magnética de un espesor determinado, y se realiza una calibración, el aparato puede ser utilizado para la determinación de espesores de películas no magnéticas aún de diferente naturaleza a la que se realizó en dicha calibración.

En este método una gran fuerza de atracción corresponde a un espesor cero y una pequeña fuerza de atracción corresponde a un gran espesor de película.

La pérdida de la tersura del metal base o de los recubrimientos, es la causa principal de pérdida de exactitud de la determinación.

El efecto de la rugosidad del metal base o de los depósitos, es más pronunciado en la exactitud de los resultados con espesores de capas menores de 25 micras, sin embargo, es más importante asegurar una tersura en el metal base, ya que las rugosidades pueden ser eliminadas mediante un tratamiento mecánico. El abrillantado de las películas da por resultado diferentes valores de espesor, por lo que es necesario efectuar dos o tres lecturas para obtener un promedio del espesor.

Los espesores del metal base no afectan en forma apreciable las medidas de las capas, si son superiores a 254 micras, para el caso del acero. Si el metal base es demasiado delgado, es necesario colocar en la parte posterior de la pieza una hoja del mismo material, para que la fuerza de atracción sea lo suficientemente grande para ser registrada por el aparato.

La naturaleza de las bases metálicas ferrosas afectan las medidas magnéticas. Por lo tanto, se hacen necesarias calibraciones diferentes, cuando los tipos del metal que constituyen las bases difieren considerablemente en cuanto a propiedades magnéticas. La fuerza de atracción entre el imán del aparato y especímenes diferentes de acero medio, han de-

terminado que las variaciones encontradas no son lo suficientemente importante para esperar grandes porcentajes de diferencias entre sí. Por lo tanto, una calibración puede ser suficiente en estos casos.

DETERMINACION DE ESPESOR DE CAPAS MAGNETICAS SOBRE BASE MAGNETICA.

El níquel al ser un metal magnético, ocasiona que la fuerza de atracción entre una barra imantada y una capa de níquel, sea prácticamente proporcional al espesor del recubrimiento de este metal.

El medidor magnético determina el espesor por la medida de la fuerza de atracción. De este modo, la relación del espesor por determinar y la fuerza de atracción magnética constituyen prácticamente una función lineal. La lectura del disco del aparato puede ser rápidamente convertida en espesor al multiplicarla por el factor adecuado.

La base metálica sobre la que está depositado el níquel no afecta en lo absoluto la lectura obtenida, debido a que se trata de un material no magnético. Por tal razón, el método es aplicable para la medida de níquel sobre cualquier tipo de metal, ya sea puro o con alguna aleación, con características no magnéticas.

d. METODOS QUIMICOS Y ELECTROQUIMICOS.

Consiste en la disolución del metal que forma la película mediante la acción química de reactivos específicos. (Tablas III.8 y III.9. El metal se disuelve a partir de una superficie de dimensiones conocidas. Posteriormente se calcula el peso de dicho metal, para determinar el espesor se aplica la siguiente fórmula:

$$E = \frac{10^4 p}{(\rho e)} \text{ S}$$

donde:

E = Espesor de la capa (micras)

p = Peso del metal (gramos)

S = Superficie atacada (cm^2)

pe = Peso específico del metal en cuestión (gr./cm^3)

MÉTODOS QUÍMICOS.

Son prácticos para la determinación del espesor de una película metálica por el proceso "peso-superficie". Consiste en la disolución de la capa, para determinar su peso por simple diferencia. Debido a las características del método, es necesario prevenir el ataque al metal base, debido a los errores a los que puede dar lugar en la determinación.

MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS.

En este caso la disolución del metal se efectúa electrolíticamente. Una porción superficial de la pieza que contenga la película metálica cuyo espesor se pretende determinar, se hace funcionar, como ánodo dentro de una solución electrolítica adecuada. El depósito se disuelve a una velocidad proporcional a la densidad de corriente aplicada. Cuando el metal ha sido completamente disuelto, se manifiesta un cambio brusco en el valor del voltaje, lo que indica la conclusión de la prueba. El espesor del depósito es determinado por la cantidad de corriente utilizada hasta llegar al punto final.

La solución de prueba debe disolver al metal de la película con un 100% de eficiencia, y además no debe atacar al metal base. Por tales razones, se recomienda utilizar un reactivo especial para cada tipo de metal electrodepositado.

El tiempo de prueba puede ser reducido si la celda está provista con un dispositivo de agitación que permita utilizar densidades de corriente más altas. En las Tablas III.8 y III.9 se presentan en forma de tablas, los reactivos que se emplean en los métodos químicos y electroquímicos respectivamente.

SUSTANCIAS UTILIZADAS PARA LA DISOLUCION DE METALES ELECTRODEPOSITADOS -
EN LOS METODOS QUIMICOS.

m e t a l		Reactivo	Conc.	Temp.
Elim.	Base Interm.			
Cr.	Acero	HCl	10%	50°C
Cr	Latón	HCl	10%	50°C
Cr	Latón Ni	HCl	10%	50°C
Cr	Acero Ni	HCl	10%	50°C
Ni	Acero Cu	$HNO_3 \cdot H_2SO_4$		20°C
Ni	Acero	HNO_3	fumante	20°C
Cu	Acero	CrO_3^+ H_2SO_4	500 g/l	20°C

TABLA III.8

SUSTANCIAS QUÍMICAS UTILIZADAS EN LOS METODOS ELECTROQUÍMICOS PARA LA
DISOLUCION DE CAPAS METÁLICAS.

m e t a l		Reactivo	Conc.	Temp.
Elim.	Base Interm.			
Cr	Acero Ni	NaOH	90 g/l	20°C
Cr	Acero	NaOH	90 "	20°C
Cr	Zinc Ni	Na ₂ SP ₃ + NaOH	100 y 5 g/ℓ	20°C
Cr	Zinc	Na ₂ S. 9H ₂ O	30 g/ℓ	20°C
		NaOH	20 "	20°C
Ni	Acero	H ₂ SO ₄	50% (vol)	20°C
Ni	Acero Cu	H ₂ SO ₄	50 "	20°C
Ni	Latón	H ₂ SO ₄	50 "	20°C
Ni	Zinc	H ₂ SO ₄	50 "	20°C
Ni	Acero	NaNO ₃	300 g/ℓ	90°C
Ni	Acero	CrO ₃ +H ₃ BO ₃	240 y 30 g/ℓ	85°C
Ni	Acero	H ₂ SO ₄	70%	20°C
Ni	Latón	H ₂ SO ₄	70%	20°C
Ni	Cobre	H ₂ SO ₄	70%	20°C
Ni	Zinc	H ₂ SO ₄	70%	20°C

TABLA III.9

Modo de efectuar la prueba por el método de disolución química:

- 1).- Seleccionar la muestra
- 2).- Desengrasar y enjuagar
- 3).- Secado en pasos consecutivos de alidral (70°, 96°, 96° absoluto).
- 4).- Pesar la muestra.
- 5).- Atacarla en la solución adecuada
- 6).- Enjuagarla repetidas veces en agua caliente y fría.
- 7).- Secarla como en (3)
- 8).- Pesar la muestra atacada
- 9).- Efectuar los cálculos correspondientes, una vez determinado el peso del metal.

Si es necesario determinar la cantidad del metal atacado, se recurre al análisis químico. Se puede utilizar las siguientes soluciones valoradas:

Para determinar Ni: solución E. D. T. A.

Para determinar Cu y Cr: solución $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Otros métodos son utilizados con frecuencia para efectuar mediciones rápidas. Estos métodos están basados en la velocidad de ataque de los metales, en presencia de ciertos reactivos. En la mayoría de los casos, los resultados que se obtienen son solamente aproximados, pero algunas industrias los emplean para fines de control.

Entre los más populares se pueden mencionar los siguientes:

- 1).- Gota (Ni, Cr)
- 2).- Goteo (Cr, Ni, Cu)
- 3).- Chorro.

e). METODO DE LA GOTA.

Este método determina el espesor de los depósitos de Ni, independientemente del tipo de metal que contenga.

El método opera tal como se describirá, para el depósito de níquel corriente, es decir, el que se obtiene mate a partir del baño. Para hacer la determinación de una película de níquel brillante, debe investigar se primero la velocidad de ataque.

Reactivo.

Agua destilada	40 ml.
H_2SO_4 (1.83 - 1.85)	20 ml.
HNO_3 conc. (1.49)	80 ml.

Un mililitro del reactivo, debe neutralizarse con 18.5 a 18.8 ml. de solución normal de NaOH y contener de 212 a 213 mg. de SO_3 . El reactivo se conserva en un frasco esmerilado, protegido de la luz y renovado por lo menos cada seis meses.

PROCEDIMIENTO.

En primer lugar se desengrasa la pieza con una mezcla eter-alcohol [1:1], se deja reposar en un local con temperatura estable, durante 30 -- minutos cuando menos. El frasco que contiene el reactivo se sitúa cerca de la cámara de prueba con objeto de estabilizar la temperatura. Se anota el valor de la temperatura ambiente en el momento de efectuar la determinación.

Se deposita por medio de una pipeta o un cuentagotas, una gota en el punto deseado de la pieza, de tal forma que alcance a cubrir aproximadamente un centímetro cuadrado de superficie.

Se deja actuar al reactivo durante un minuto exacto, al cabo del cual se elimina la gota por medio de un trozo de papel filtro. Si el me-

tal intermedio o base no aparece, se deposita una segunda gota exactamente en el mismo sitio de la anterior y se deja actuar durante otro minuto. La operación se repite cuantas veces sea necesaria, hasta que aparezca el metal contiguo.

El punto final se distingue de acuerdo con el metal inmediato inferior. Si es cobre, por la formación en el seno de la gota de una opalescencia azul verdosa, seguida de un inmediato desprendimiento gaseoso. Si es fierro por un cambio en la coloración de la gota, que varía del tono amarillento propio del reactivo, al azuloso.

Para la temperatura ambiente de 20°C, el espesor de níquel electrolítico disuelto por el reactivo, es sensiblemente de 2 micras por minuto. La corrección aplicable es de más o menos 0.1 micras por grado centígrado de variación.

El cálculo del espesor total se obtiene multiplicando la velocidad del ataque, por el número de minutos que resiste la capa.

Existe otro modo de operar este método, el cual nos permite eliminar la verificación precisa del reactivo y la influencia de la temperatura.

Se requiere en primer lugar de una banda de níquel puro (comercial), recocido, cuyo ancho sea aproximadamente de 40 mm, y su espesor determinado por cálculo a partir del peso correspondiente a su superficie conocida, esté comprendido entre 15 y 25 micras.

Esta banda se mantiene en tensión sobre una placa de latón. La banda, la placa soporte, el reactivo y la pieza problema, se sitúan en un mismo local a fin de que adquieran la misma temperatura. Las superficies tanto de la pieza como de la placa, se desengrasan con la mezcla éter-alcohol.

Después de depositar una gota de reactivo sobre la banda de comparación y otra en un punto superficial de la pieza níquelada: se deja ac-

tuar el reactivo durante un minuto exactamente, al cabo del cual se elimina con papel filtro. El ataque se continúa sobre los mismos puntos y en las mismas condiciones, hasta que:

- 1.- La banda se perfora. De la última gota se anota el tiempo en segundos desde el momento en que se depositó hasta el instante en el que se sobreviene la perforación de la banda.
- 2).- El metal subyacente de la pieza niquelada o el cobre intermedio, - queden expuestos. Para la última gota se anota igualmente el tiempo en segundos, desde el momento en que se depositó la gota hasta que aparece el metal inmediato inferior.

Al conocer el espesor de la banda de níquel se puede calcular la - velocidad de ataque en relación con el tiempo empleado en el ataque total. No obstante, la velocidad de disolución del níquel laminado y recocido es aproximadamente 20% mayor que el del níquel electrolítico normal, para este control aproximativo no se considera la diferencia.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la relación matemática -- para obtener el espesor es:

$$e = \frac{a T}{t}$$

donde:

e = Espesor de la capa de níquel

a = Espesor de la banda de níquel

T = Tiempo total empleado hasta la aparición del metal subyacente.

t = tiempo total empleado para la perforación de la banda.

PARA RECUBRIMIENTO DE CROMO:

La prueba de la gota permite controlar rápidamente depósitos de - cromo para espesores no mayores de 2 micras, empleando la mezcla:

Agua destilada	40 ml.
HCl (1.18 - 1.19)	60 ml.

El reactivo se conserva en un frasco esmerilado, protegido de la luz.

PROCEDIMIENTO.

Para determinar el espesor de cromo, se requiere la medición del tiempo necesario para que el reactivo disuelva el recubrimiento de cromo.

La pieza una vez que ha sido desengrasada, se coloca en un local con temperatura estabilizada, durante 30 minutos por lo menos.

El frasco que contiene el reactivo se sitúa cerca de la cámara de prueba. Se anota la temperatura ambiente en el momento de efectuarse la determinación. Por medio de una pipeta se deposita una gota del reactivo en un punto de la pieza. La gota debe extenderse libremente hasta encontrar su equilibrio. Sobre superficie esférica se recomienda de limitar el espacio de ataque con un anillo de parafina de aproximadamente 10 mm. de diámetro.

En general, la acción del reactivo no es inmediata; después de una duración de contacto, cuya magnitud no importa medir, se inicia la formación de burbujas en el seno de la gota de reactivo. En un principio las burbujas son muy finas y se encuentran muy diseminadas, pero rápidamente aumentan en número y tamaño hasta invadir toda la superficie del metal ocupado por la gota. El tiempo principia a contar desde el momento mismo de la aparición de burbujas y se suspende en el instante en que el metal subyacente (níquel), se deja ver al través del reactivo.

Si el ataque del cromo tarda en manifestarse, es conveniente acelerarlo tocando la superficie del metal, en el interior de la gota, con un alambre de níquel, el cual debe separarse inmediatamente después de iniciar el desprendimiento gaseoso.

En las condiciones de la prueba así definida, la duración de la disolución del cromo a una temperatura dada, es proporcional al espesor del depósito. Para una temperatura ambiente de 20°C, el espesor del cromo --

electrolítico disuelto es de aproximadamente 0.006 micras por segundo.

Para variaciones de temperatura entre 10° y 30°C, se aplica una -- corrección de más o menos 0.0003 micras por grado de diferencia con respecto a 20°C.

La TABLA No. III.10 indica la relación temperatura-velocidad de -- ataque en el sistema A.S.T.M.

Relación temperatura velocidad de ataque.

Temperatura (°C)	Tiempo (seg.)
17.8	13.5
18.9	13.0
20.0	12.5
21.1	12.0
22.0	11.5
23.4	11.0
24.5	10.5
25.5	10.0
26.7	9.5
27.8	9.0
28.9	8.5
30.0	8.0

TABLA III.10

El valor del espesor se obtiene multiplicando el tiempo en segundos, por el factor de penetración para la temperatura a la cual se llevó a cabo la prueba la cual se encuentra en la GRAFICA III.4

f. METODO DE GOTEO.

Este tipo de prueba sirve para determinar el espesor de una capa metálica en función del tiempo necesario para que ésta sea penetrada por el goteo constante de una solución corrosiva.

El procedimiento consiste en colocar las muestras previamente desengrasadas y a la temperatura ambiente, debajo de la tobera de salida del aparato, de tal forma que tobera y muestra formen un ángulo de 45°. - La distancia mínima entre la tobera y la superficie problema debe de ser 1.2 cm.

La velocidad de goteo es de 100 ± 5 gotas por minuto. El punto final de la prueba se pone de manifiesto por un cambio en el aspecto de la superficie atacada.

Los puntos probados sólo pueden ser aquellos que permitan un drenaje libre y correcto de la solución que cae sobre el artículo.

Como en los casos anteriores, la temperatura muestra gran influencia sobre la velocidad de ataque, por lo tanto los resultados que se obtengan deben ser afectados por el factor correspondiente.

Para la determinación de cobre se utiliza una solución formada por FeCl_3 , $6\text{H}_2\text{O}$, SbO_3 , HCl y CH_3COOH glacial en las siguientes proporciones: - 450 g/l, 20 g/l, 200 y 250 ml/l respectivamente. La velocidad de ataque de esta solución es de 0.127 micras por segundo.

g). METODO DEL CHORRO.

Este procedimiento también está basado en la velocidad de ataque para un metal determinado, frente a un reactivo químico específico. Con

respecto al método anterior presenta como única diferencia, que el reactivo de ataque en lugar de ser aplicado por medio de gotas, se hace por chorro. Es el método de ataque que encuentra mayor aplicación para determinaciones rutinarias.

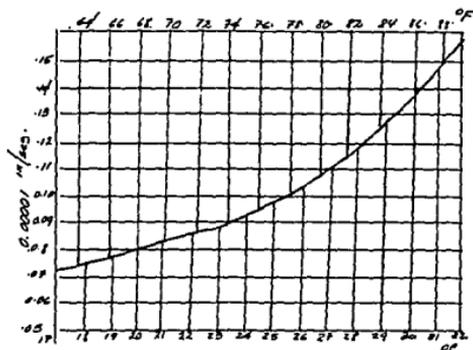
Bajo condiciones de operación cuidadosamente controladas y establecidas, se dirige un chorro del reactivo sobre la probeta. De acuerdo con el tiempo necesario para perforar la electrocapa metálica será el espesor de la misma.

Reactivo:

$\text{Fe Cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	300 g/l.
Cu SO_4	100 g/l.

La pieza se coloca por debajo de la tobera, la cual debe proyectar 100 ml. de agua a 20°C bajo una presión constante de 25.4 mm. de columna de agua, en un tiempo comprendido entre los 27 y 29 segundos.

Cuando la penetración ha tenido lugar, aparecen manchas de cobre - cementadas en el acero, el punto final se pone de manifiesto por la aparición de una mancha negra.



GRAFICA III.4

III.6.2. APARIENCIA.

El aspecto de un acabado, se examina visualmente como elemental - información previa. Por ejemplo, la continuidad del recubrimiento, la - ausencia de picaduras, defectos locales y ampollas. Son importantes para asegurarse de una adecuada vida del mismo, y de que no se deteriorará con - el uso. Tal inspección puede ser rutinaria, y se ha prestado considera- - ble atención, a proveer apropiados dispositivos de iluminación, que hagan posible el descubrimiento fácil de los defectos.

III.6.3. POROSIDAD.

Los poros y otros defectos que se presentan por el recubrimiento y exponen el metal base ejercen una marcada influencia sobre las propieda- - des protectoras de todos aquellos que tienen una relación catódica con el metal base. En estas condiciones se registra la conocida corrosión por - picadura en los recubrimientos delgados de níquel, estaño y plomo sobre - hierro y acero cuando se exponen a atmósferas húmedas.

El problema que plantea la determinación de la porosidad real no - es sencillo, ya que implica la participación de reacciones químicas y -- electroquímicas que se derivan de la relación de los metales entre sí, de la naturaleza del medio ambiente y del carácter de los productos de corro- - sión que pueden formarse. Mientras que la porosidad parece ser una pro- - piedad intrínseca de los electrodepósitos muy delgados, es probable que - los poros que en un principio no están presentes en los recubrimientos -- más pesados, se produzcan en reacciones químicas anteriores que tienen - lugar con los constituyentes del medio ambiente o por efecto de las solu- - ciones empleadas en el ensayo de la porosidad.

La estructura física, la composición química y el potencial eléc- - trico de las superficies metálicas son probablemente, demasiado heterogé- - neos para que las películas metálicas extremadamente delgados depositados sobre ellos sean de carácter continuo.

Se han desarrollado ensayos para detectar los poros individuales y determinar la porosidad total de los recubrimientos. Algunos de los más importantes, que son de carácter químico, físico y electrográfico, se describirán a continuación.

PRUEBA DE FERROXILO

Este ensayo, que tiene por objeto revelar discontinuidades, tales como poros, en recubrimientos de estaño, níquel, cobalto o cromo, sobre hierro y acero. Se descubrió por primera vez en 1909 y sigue siendo un método muy empleado en la valoración de las propiedades protectoras de los recubrimientos catódicos. Está basada en la aplicación de una sustancia sobre la superficie recubierta, la cual reacciona con el metal base a través de las porosidades.

Determina las porosidades en metales electrodepositados de características catódicas, como el cobre, níquel y cromo sobre el acero.

La solución es a base de ferrocianuro de potasio y cloruro de sodio con la siguiente composición.

$K_3Fe(CN)_6$	10 g/l
NaCl	5 g/l

Esta solución es aplicada a la superficie del objeto recubierto por medio de un trozo de papel o trapo que se encuentra en íntimo contacto con ésta. Los poros se ponen de manifiesto por la presencia de pequeños puntos azules sobre el papel, que coinciden con la zona de la superficie que los contiene.

ENSAVOS DE AGUA CALIENTE.

Durante mucho tiempo se empleó la inmersión en agua aireada para poner de manifiesto las picaduras de los recubrimientos de níquel sobre acero, y se descubrió que, en agua destilada caliente y en el intervalo -

de pH comprendido entre 4.5 y 7.0 aparecen manchas de orin al cabo de seis a ocho horas. Este ensayo se ha aplicado con éxito a los recubrimientos de níquel.

Procedimiento.

- 1.- *Desengrase catódico utilizando una solución fría de carbonato de sodio (1%).*
- 2.- *Enjuague con agua fría.*
- 3.- *Inmersión en agua destilada con pH neutro, temperatura de 95°C, - tiempo de 3 a 6 horas, contenida en un recipiente de cobre estañado.*
- 4.- *Extracción de la pieza y observación.*

Cuando la pieza se ha secado, es fácil observar la presencia de puntos de orin que indican la localización de los poros.

III.6.4. ADHERENCIA

Uno de los defectos más comúnmente encontrados en las plantas de galvanoplastia, es la falta de adherencia puesta de manifiesto por ampollas duras, que representan la carencia de enlace entre la película y el metal base, en grado extremo. Otras formas de falta de adherencia no son notadas, sino hasta que la pieza se encuentra en funcionamiento, lo que representan un serio problema sobre todo en aquellos casos en que las piezas forman parte de ensamble, ya que en estas condiciones se tiene una pérdida considerable de tiempo y de mano de obra utilizados, no solo en el montaje de una pieza defectuosa, sino también en el desmontaje de la misma. Resulta por lo tanto necesario, descubrir la presencia de este defecto dentro de la propia planta, por medio del Departamento de Control de Calidad.

Para valorar la existencia de una adherencia positiva, existen muchos métodos prácticos, basados en diferentes principios.

III.6.5. CORROSION

Se han realizado numerosos intentos para establecer un método que permita valorar la resistencia a la corrosión de un revestimiento, de una manera práctica y eficaz.

De los estudios realizados se desprende que los factores que mayor influencia presentan son: el espesor de la película de níquel seguida del espesor de cromo, la ausencia de porosidades y la naturaleza tanto del metal base como de las diferentes atmósferas. De acuerdo con las características corrosivas de la atmósfera, Esta se divide en:

- 1.- Urbana
- 2.- Sub-urbana
- 3.- Marina
- 4.- Industrial
- 5.- Rural.

En la tabla III.11 se muestran valores de protección para capas de cobre, en las atmósferas que se consideran más críticas.

De los métodos de control de la resistencia a la corrosión, es necesario mencionar la Prueba de la Cámara Salina, como un medio para determinar la continuidad de los revestimientos.

Esta prueba consiste esencialmente en un ataque corrosivo acelerado, por medio de una niebla salina de composición perfectamente definida, en condiciones de temperatura y presión fijadas dentro de límites estrechos.

La resistencia a la corrosión se expresa en horas soportadas por la pieza, dentro de la cámara salina, antes de la aparición de puntos de oxidación sobre la superficie. Este resultado debe ser igual o superior al que se especifique.

El ensayo de impacto consiste en un golpeo continuo con un martillo movido mecánicamente o electricamente, sobre la superficie que se pretende valorar su adherencia. El aparato está formado por una cabeza redondeada de 1.587 mm. de diámetro. La frecuencia de los impactos varía de 1,500 a 6,000 golpes por minuto. El momento de los golpes es de 0.0173 kg. por minuto.

Si al final de la prueba cuya duración es de un minuto, no se observa ningún desprendimiento, el depósito es aceptado en lo que adherencia se refiere. La prueba no puede proporcionar grados de adherencia.

El método de flexión, consiste simplemente en el doblado repetido de una lámina revestida. Una buena adherencia entre película y base impedirá el desprendimiento del recubrimiento. Otro método se basa en la resistencia de las electrocapas a los cambios bruscos de temperatura. Este sistema es especialmente recomendado para poner en evidencia; gases - - -
cluidos durante la operación de depósito.

III.6.6 RUGOSIDAD.

La rugosidad es un defecto que con cierta frecuencia se encuentra en los depósitos de cobre, níquel y cromo. Este defecto debe ser completamente evitado, ya que reduce considerablemente la resistencia a la corrosión de las piezas tratadas.

Su método de detección es muy sencillo ya que basta al deslizamiento de la mano sobre la superficie revestida, para notar su presencia, sin embargo, es más recomendable el uso de algodón o papel suave que al deslizarlos dejan pequeñas fibras retenidas sobre las superficies rugosas.

Espesor A	B	C	D	E	F	G
6.25	-7	+2	-2	-5	-18	-18
12.7	-18	+15	-3	-8	+5	+4
24.5	-42	+11	-13	-10	+2	+6
50.0	-19	+8	-17	-1	+4	+4
Prom.	-21	+9	-9	-6	-2	-1

TABLA III.11

- A= Espesor de la película de níquel (Micras)
- B= % en atmósfera marina (Key West, E.U.)
- C= % en atmósfera industrial (Nueva York)
- D= % en atmósfera industrial (Pittsburgh)
- E= % en atmósfera marina (Sandy Hool)
- F= % en atmósfera rural (State College)
- G= % en atmósfera sub-urbana (Washington).

III.6.7 ASPECTO

Un buen depósito electroлитico debe ofrecer un aspecto uniforme, libre de manchas, salpicaduras, empañamiento y zonas de opacidad. El control del aspecto se realiza por simple observación a ojo, o con ayuda de lentes de bajo aumento. La observación se efectúa bajo una luz blanca adecuada.

Este tipo de control es quizás el de mayor valor práctico en las operaciones de producción, ya que de una manera instantánea pueden ser corregidas de inmediato para evitar pérdidas de material y tiempo.

C A P I T U L O I V

IV.1 CARACTERISTICAS DEL PROCESO PROPUESTO

La empresa esta dedicada a la elaboración de partes de bicicletas- su función es primordialmente producir dichas partes con un acabado adecuado en todos sus modelos para así alcanzar una mejor proyección en el mercado tanto interno como externo.

Dependiendo de las exigencias del mercado, la empresa ha estudiado un rediseño buscando mejorar los acabados de su producto de cromado con el fin de incrementar la calidad de sus piezas para lo cual ha establecido la necesidad dentro de su proyecto de cambios para su proceso de recubrimiento. Así por ejemplo se propone un control más detallado en el pulido de sus piezas así como en el proceso de limpieza, eliminar lo más posible las grasas, aceites y lubricantes que se adhieren en el proceso de manufactura de la pieza, situación que puede ser sumamente importante, ya que ésta si no esta completamente exenta de dichos elementos, no tendrá un recubrimiento de calidad para las necesidades del mercado. Aunado a lo anterior, es evidente que en la actualidad hay una creciente competencia interna y en mucho mayor grado con la extranjera. Con base en lo anterior el proyecto de rediseño, establece que se debe mejorar cada uno de los procesos con la tecnología presente. Por ello se tiene que cuidar y controlar la calidad desde el primer paso del proceso, para lograr el mejor acabado de la pieza. El departamento de galvanoplastia contará con los empleados necesarios; para su mejor función, se ha establecido un total de 40 empleados.

A continuación señalaremos los grupos de piezas que se someten al proceso de cromado, así como los pasos a seguir en él.

Nuestro acabado en el pulido será: pulido a espejo en todo su contorno.

Grupos de partes de bicicleta que se someten al proceso de cromado (Fig. IV.1)

GRUPO 1

Cuadro media carrera
Tijera media carrera
Manubrio media carrera

GRUPO 2

Cuadro montaña 26
Tijera montaña 26
Manubrio montaña 26

GRUPO 3

Cuadro doble barra
Tijera doble barra
Manubrio turismo

GRUPO 4

Cuadro cross 20
Tijera cross 20
Manubrio cross 20

GRUPO 5

Cuadro Cross 16
Tijera cross 16
Manubrio cross 16

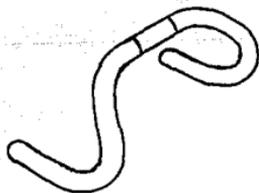
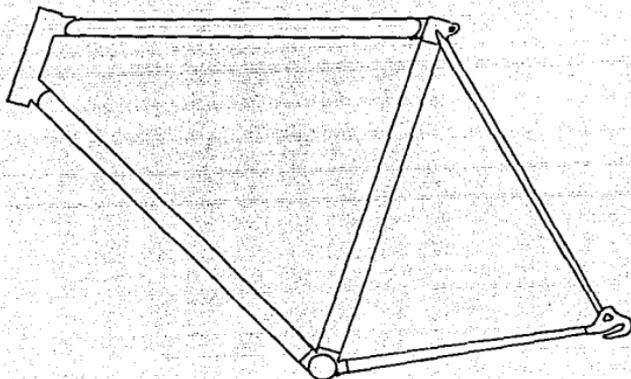


FIG. IV.1

EL PROCESO PROPUESTO CONSTA DE LOS SIGUIENTES PASOS:

- 1.- Recepción
- 2.- Inspección
- 3.- Pulido
- 4.- Enganche, limpieza mecánica e inspección
- 5.- Desengrase químico (Tina No. 1)
- 6.- Enjuague a base de circulación (entrada y salida de agua tina - - No. 2)
- 7.- Desengrase electrolítico (Tina No. 3)
- 8.- Enjuague a base de circulación (entrada y salida de agua (Tina - No. 4)
- 9.- Activador (Acido sulfúrico al 30% Tina No. 5)
- 10.- Enjuague a base de circulación (entrada y salida de agua Tina No. 6).
- 11.- Cobre alcalino (Tina No. 7)
- 12.- Enjuague a base de circulación (entrada y salida de agua Tina No. 8)
- 13.- Activador-neutralizador (Tina No. 9)
- 14.- Enjuague a base de circulación (entrada y salida de agua Tina No. 10)
- 15.- Níquel brillante (Tina 11, 13 y 15)
- 16.- Enjuague recuperador sin circulación (Tina No. 12, 14 y 16)
- 17.- Cromo (tina No. 17)
- 18.- Enjuague recuperador sin circulación (Tina No. 18)
- 19.- Enjuague a base de circulación (entrada y salida de agua Tina No. 19)
- 20.- Enjuague a base de circulación (entrada y salida de agua Tina No. 20)
- 21.- Secado (equipo de secado tina con aire caliente)
- 22.- Departamento de acabado
- 23.- Control de calidad
- 24.- Limpieza y empaque.

Es importante aclarar, que en cada uno de los pasos del proceso, la inmersión electrolítica será revisada por cada trabajador. Quien hará una inspección visual, mientras va sacando cada una de las piezas de las soluciones. Dado que la inspección es simultánea al procedimiento, no es necesario como un paso más a seguir, después de los ya numerados, con excepción del baño de níquel, en el cual después de su enjuague, es indispensable una inspección más detallada en todo el contorno de la pieza inspección que se explicará más adelante.

IV.2. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE OPERACION:

CONDICIONES DE OPERACION PROPUESTAS.

- 1) Recepción de material por medio de entrada y control de almacen de piezas a procesar. Son recibidas, clasificadas y almacenadas en cajas de plástico con ruedas para su transporte, el material que se recibe para el proceso de cromado básicamente es acero al carbono (acero 1010 AISI)
- 2) Inspección: este paso del proceso es importante porque las piezas - que son recibidas para su proceso deben cubrir las siguientes especificaciones:
 - 2.1) Material (acero 1010 AISI) con superficie libre de óxido de cualquier grado.
 - 2.2) Material en buenas condiciones libre de abolladuras o enmendaduras de cualquier especie. Por tratarse de material nuevo.
 - 2.3) Checar que las medidas de las piezas, así como el diámetro y cantidad de barrenos sean los acordados, la cantidad de barrenos son importantes para un mejor escurrimiento de solución y un mínimo arrastre de la misma.
 - 2.4) La pieza debe estar libre de elementos difíciles de remover tales - como pintura, chapopote, lacas, etc. sustancias que son perjudiciales para los baños, ocasionándoles contaminaciones irreversibles.

Si las piezas observan las condiciones anteriores son trasladadas al departamento de pulido.

3) Pulido

Objetivo y breve descripción.

El pulido será realizado por operadores poniendo en contacto con una cierta presión la pieza contra la rueda (fietros). Con diferentes abrasivos, movidas por un motor de 2 flechas nuestra propuesta de proceso consta de cuatro pasos:

- A) Desbaste primario
- b) Desbaste secundario
- C) Abrillantado
- D) Manteado.

(Lo que nos hace emplear cuatro diferentes ruedas con tres diferentes lubricantes).

Para el desbaste primario se propone una rueda de fieltro con abrasivo de 180 mallas y estearina como lubricante.

Para el desbaste secundario utilizaremos un fieltro con abrasivo de 220 mallas y estearina de primera como lubricante.

Para el abrillantado será una rueda de secciones cosidas conocidas en el ramo como "SISAL"* y como lubricante pasta gris de primera.

Para darle un terminado "espejo" utilizaremos una rueda de secciones cosidas de manta y como lubricante pasta blanca de primera.

Todo el contorno sera pulido a espejo para darle un mejor acabado a la pieza.

A continuación mencionaremos los materiales y equipos necesarios en este departamento:

* Son ruedas de 12"Ø hechas de henequén cosidas y endurecidas con pegamento de patente.

CONDICIONES DE OPERACION PROPUESTAS.

- 3.1) Motores de 2 flechas de cinco H.P. y 3600 R.P.M.
- 3.2) Fieltros, sisales y mantas.
- 3.3) Cemento para alta velocidad
- 3.4) Abrasivos de 180, 220 y 320 mallas.
- 3.5) Estearina, pasta gris y pasta blanca de primera.
- 3.6) Guantes y petos de carnaza, así como protector facial y filtro nasal contra polvos.
- 3.7) Carros de plástico transportadores.

Terminado este proceso de pulido, se colocarán las piezas en los carros transportadores, que llevan las piezas al área de enraque.* Donde una vez enracados pasarán al departamento de limpieza mecánica e inspección.

- 4) Enraque, limpieza mecánica, inspección y colgado.
Objetivo y breve descripción.

En este paso del proceso el trabajador enganchara las piezas para proceder a la limpieza mecánica, la sustancia que se propone utilizar es a base de percloroetileno, que tiene la función de quitar la mayor parte de grasas vegetales y minerales, así como los lubricantes del pulido. En este equipo las piezas se colocan en contacto con el vapor de percloroetileno.

(Producto químico líquido-punto de ebullición 87°C) en donde las grasas y lubricantes se disuelven escurriéndose en el fondo de la tina del equipo. Una vez que salen el trabajador las va limpiando y así observará si la pieza tiene el acabado de pulido adecuado. Si no es aceptable la pieza se regresa al departamento de pulido para su reproceso.

Si se acepta, se efectua el siguiente paso del proceso y se colocan en bastidores móviles para ubicarlos cerca del desengrase químico.

* Es el área donde a las piezas se les inserta un gancho de cobre para luego colocarlas en las barras anódicas.

Condiciones de operación propuestos.

Los materiales y equipos propuestos son los siguientes:

- 4.1) Ganchos de cobre con recubrimiento de plástico adecuados para cada pieza, elaborados por el trabajador.
 - 4.2) Equipo para percloroetileno.
 - 4.3) Franelas o lienzos suaves
 - 4.4) Bastidores móviles.
 - 4.5) Guantes, petos de carnaza y filtro nasal contra vapores y polvos.
- 5) Desengrase químico (Tina No. 1 -Ver figura IV.2 y IV.3)
Objetivo y breve descripción.

Es un baño a base de un desengrasante químico (patente) el cual a una temperatura de 70 a 85°C disolverá residuos de grasas, aceites y lubricantes que contenga la pieza. Este baño no es electrolítico, solamente reacciona al aumentar la temperatura.

Iremos numerando nuestras tinas del proceso en orden progresivo a medida que vayamos avanzando.

El trabajador llevará las piezas hacia la Tina No. 1 para luego iniciar la inmersión de las piezas en la solución química, donde el trabajador se asegurará que las piezas queden cubiertas con la solución y separándolas adecuadamente para un mejor desengrase en todo el contorno de la misma.

Condiciones de operación propuestas.

A continuación se anota el contenido de la Tina No. 1, así como el tiempo de exposición de la pieza y las condiciones de operación del baño.

- 5.1) Tina de acero, sin recubrir, con rebosadero y provista de calefacción (serpentin-acero) y barras para colocar piezas.
- 5.2) Contenido: desengrase químico (patente)
concentración 45 gr/l

- 5.3) Temperatura entre 80 y 85°C.
- 5.4) No agitación-solución estática
- 5.5) Tiempo de exposición de 2 a 4 minutos

Una vez transcurrido el tiempo, se sacará la pieza haciendo un sacudido y escurrido varias veces, para evitar en lo posible el arrastre de la solución a los baños siguientes.

- 6) Enjuague (Tina no. 2 - Ver figura IV.2 y IV.3)

Objetivo y breve descripción.

Este tipo de enjuague será de arrastre a base de circulación. En este enjuague se suministrará agua entrante por la parte inferior de la Tina saliente por la parte superior (rebosadero), lo cual permitirá la salida del agua con grasa, aceite y lubricantes. El trabajador hará la inmersión de las piezas y las sacará inmediatamente, haciendo esta operación (de sube y baja) un par de veces, para luego sacudirla y escurrir.

Condiciones de operación propuestas.

- 6.1) Tina de acero sin recubrir con rebosadero provista de entrada y salida de agua.
- 6.2) Contenido. Agua entrante por la parte inferior de la Tina y saliente por la parte superior (rebosadero).

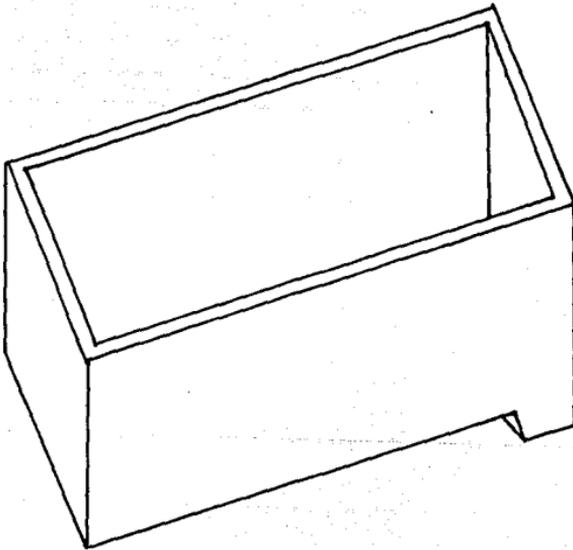


FIGURA IV.2

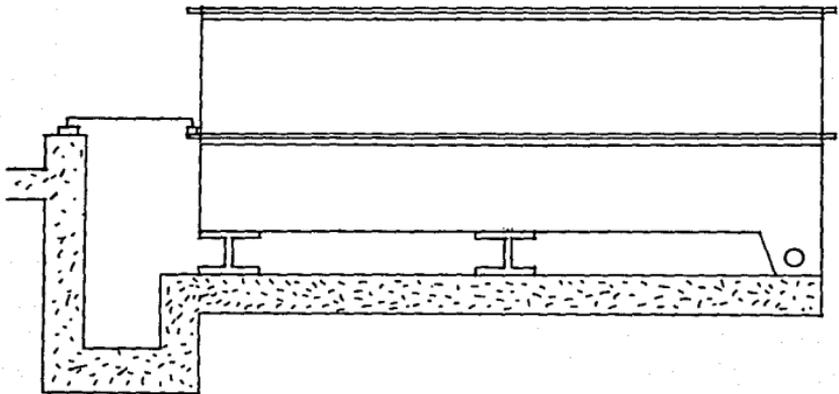


FIGURA IV.3

- 6.3) Sin agitación.
- 6.4) Tiempo de exposición. Entrada y salida un par de veces, aproximadamente 30 segundos. Hecho el enjuague se pasa al siguiente baño.

7) Desengrase electrolítico (Tina No. 3)
Objetivo y breve descripción:

Se sumergen las piezas en la solución cuidando que se tenga buen contacto con la barra catódica para que se realice un buen desengrase electrolítico.

Condiciones de operación propuestas.

- 7.1) Tina de acero sin recubrir con rebosadero y provista con calefacción (serpentin-acero) barra catódica, barra anódica (barras electrolíticas: transportadoras de corriente)
- 7.2) Contenido: Tina con capacidad de 2000 litros
Sosa cáustica (escamas)----- 40 gr/lts.
Cianuro de sodio----- 16 gr/lts.
Temperatura constante----- 85 grados centígrados
Disolvente agua----- 100%

El mantenimiento debe realizarse mínimo cada dos días o según la carga por hora por lo que es necesario tener una Tina con rebosadero para la salida de grasas, aceites y lubricantes, que se mantienen en la superficie de la solución. Es necesario que la solución se cambie totalmente por lo menos cada treinta días, para que su fuerza desengrasante se mantenga y darle un mantenimiento de limpieza en barras y en todo el contorno de la tina interior y exterior.

- 7.3) Temperatura: entre 80 y 85 grados centígrados.
- 7.4) Tiempo de exposición: de uno a dos minutos.
- 7.5) Densidad de corriente: 3.5 amperes/dm² a 12 volts, transcurrido el tiempo, la carga es extraída para pasar al siguiente baño.

- 8) Enjuague (tina No. 4)
Objetivo y breve descripción:

Este enjuague se propone como de tipo de arrastre a base de circulación.

Esta operación es la misma que se ha descrito anteriormente y se va a establecer en todos los enjuagues.

Condiciones de operación propuestas.

- 8.1) Tina de acero sin recubrir con rebosadero provista de entrada y salida de agua.
- 8.2) Contenido: Agua entrante, por la parte inferior y saliente por la parte superior (rebosadero).
- 8.3) Sin agitación
- 8.4) Tiempo de exposición: medio minuto, entrada y salida un par de veces.
- 9) Activación (tina No. 5)
Objetivo y breve descripción.

Este baño coadyuvará a la preparación de la pieza provocando la formación de una superficie rugosa y de algún grado de porosidad en el material, para lograr un mejor anclaje colaborando consecuentemente a alcanzar una mejor adherencia al material base.

Condiciones de operaciones propuestas.

- 9.1) Tina de acero recubierta con fibra de vidrio y poliéster.
- 9.2) Contenido: ácido sulfúrico (H₂SO₄) industrial. Diluido al 30% en agua.
- 9.3) Tiempo de exposición: 1/2 minuto.
Esta operación se efectúa por simple inmersión, sin corriente eléctrica la pieza se extrae sacudiéndola y dejándola escurrir lo suficiente. Buscando con esto que el arrastre sea mínimo.

10.) Enjuague (Tina No. 6)

Objetivo y breve descripción.

Este enjuague se propone del tipo de arrastre a base de circulación por lo que tiene las mismas características y condiciones de trabajo que las anteriores.

11) Cobre alcalino (tina No. 7)

Objetivo y breve descripción.

Inmersión de la carga en la solución asegurando y supervisando el trabajador que la carga tenga buen contacto, al inicio y durante el tiempo de exposición. En este baño es preferible tener catodos exentos de oxígeno y placas de cobre.

Debe existir suficiente área anódica que evite la polarización de los anodos. Normalmente es conveniente trabajar este baño con una densidad de corriente de $1-1.6$ amperes/dm²

Condiciones de operación propuestas.

11.1) Tina de acero recubierta con fibra de vidrio y poliéster con calefacción (serpentin de titanio) equipo de suministro de aire para su agitación, barras catódicas y anódicas así como también un equipo de filtración para el buen mantenimiento continuo de la solución, el filtrar la solución nos ayuda a mejorar la superficie del material base (cobre), ya que el movimiento de la solución por medio de aire provoca agitación en todo el volumen de la solución.

II.2) Contenido:

Composición cobre alcalino;

Con sales de potasio:

	RANGO	SOLUCION NORMAL
Cobre {Cu-como metal}	48-52 gr/l.	50 gr/l
Cianuro de cobre {CuCN}	68-83 gr/l.	75 gr/l
Cianuro de potasio total {KCN}	110-133 gr/l.	
Cianuro de potasio libre {KCN}	15-23 gr/l.	18 gr/l
Hidroxido de potasio {KOH}	26-34 gr/l.	25 gr/l
Carbonato de potasio {K2CO3}	30 gr/l.	
Con Sales de Sodio:		
Hidróxido de sodio {NaOH}	22-30 gr/l.	22 gr/l
Cobre {Cu como metal}	48-52 gr/l	50 gr/l
Cianuro de cobre {CuCN}	68-83 gr/l.	75 gr/l
Cianuro de sodio total {NaCN}	85-110 gr/l.	
Cianuro de sodio libre {NaCN}	11-17 gr/l.	13.5 gr/l
Carbonato de sodio {Na2CO3}*	22 gr/l mínimo	

* EN Soluciones nuevas deben adicionarse estas cantidades.

Agente de adición: *abrillantador* {patente-fabricante} 0.3- 1.0% Vol.
0.5% Vol.

Las concentraciones de agentes de adición (*abrillantador* patente) tienen un grado que no debe de ser, sobrepasado ya que en concentraciones superiores a los 10 ml/l pueden causar oscurecimientos en zonas de bajas densidades de corriente. Para controlar las concentraciones del agente, es necesario realizar pruebas, con catodo doblado y celda hull. Ahora bien, si la composición química de la solución es correcta, la celda hull reflejara las necesidades del agente de adición y estas se reflejaran en la poca penetración del recubrimiento y brillo muy tenue.

Por las características de los agentes de adición de patente el excedente no es fácil de eliminar. Uno de los tratamientos que se recomiendan para estos casos es una filtración continua con carbón activado en el filtro, que disminuirá las contaminaciones orgánicas de la solución debido a los agentes de adición. Es recomendable agregar una cantidad de --

150-250 gramos de carbón activado por cada 1000 litros de solución.

En general, el consumo medio estimado de agente de adición (abrilantadores), es de 1 litro por cada 3000 a 4500 amperes por hora y dependerá de las necesidades de la instalación. El valor medio se establecerá en cada instalación según la experiencia individual. Las adiciones se pueden hacer directamente a la solución sin dilución previa, sin embargo, se debe evitar hacerlo directamente sobre las piezas. Es necesario una agitación vigorosa después de las adiciones, esto evitará las altas concentraciones locales y asegurará su uniforme distribución en todo el tanque.

Los agentes de adición de patente para la solución son de ayuda para un mejor acabado del recubrimiento en toda el área de la pieza, teniendo en cuenta que el abrilantador primario conjuntamente con el abrilantador secundario, ayudan a la solución para una mejor penetración y brillo en zonas de baja densidad de corriente.

11.3) Temperatura: 45-55°C siendo la óptima 45°C.

11.4) Agitación: la agitación de la solución de cobre es necesaria para que el recubrimiento sea más uniforme y rápido.

Y con esto lograr un acabado satisfactorio en la pieza para competir en el mercado.

Esta agitación se realizará a base de un soplador de baja presión, el cual va a permitir tener aire limpio para surtir al sistema con 28.3 dm^3 de aire por cada 30 cm. de tubería de distribución.

El soplador de baja presión debe tener una presión de 28 gr/dm^2 por cada 2.5 cm. de profundidad de la solución. Se recomienda que el sistema este construido de algún material plástico, que resista tanto la corrosión como la temperatura con que opere el baño.

También es importante que las tuberías del sistema de agitación estén rectas y a un mismo nivel y que las perforaciones estén calculadas para que la agitación sea uniforme y vigorosa en toda la solución, pero en especial sobre el área donde vayan las piezas.

11.5) Densidad de corriente.

Para una densidad de ³corriente adecuada debe existir una suficiente - sección anódica, que evite la polarización anódica.

Es recomendable trabajar con un rango de 1-1.6 amperes/dm² sin embargo, esta puede aumentar cuando el ciclo de interrupción es alto y cuando hay agitación en las proximidades de los anodos. Para evitar un recubrimiento escaso se recomienda no bajar la densidad de corriente a valores menores a 0.9 amperes/dm².

La densidad de corriente en los recubrimientos se determina mediante la cantidad de corriente que pasa por cada decímetro cuadrado, esto es la cantidad necesaria de corriente para realizar la disociación del material que va a cubrir la pieza, con ayuda de la solución electrolítica.

Por lo tanto, es necesario controlar y mantener la densidad de corriente en los límites establecidos anteriormente. Para lograr esto hay que dar un mantenimiento constante a los rectificadores, los cuales proveen de dicha corriente.

11.6) El pH de este recubrimiento se debe mantener en un rango de 12-12.5

El pH es un sistema de medición de las concentraciones de iones en las disoluciones electrolíticas, y ello nos permite regular y mantener la solución en estado conveniente para un mejor recubrimiento de la pieza.

Para lograr con facilidad este control existe en la industria (medidores, papel pH u otros) que nos determinan la alcalinidad o acidez de las soluciones.

11.7) Para una mejor disociación del material que va a recubrir la pieza es necesario, utilizar anodos exentos de oxígeno, lo cual nos permitirá un recubrimiento uniforme en toda la pieza. Para lograr -- esto se utilizan esencialmente barras o placas de cobre, proporcionalmente distribuidas a lo largo de la barra anódica para establecer una mayor uniformidad de recubrimiento en la pieza.

11.8) Espesor del recubrimiento:

Este espesor varía de acuerdo a la concentración de productos en la solución y el tiempo de exposición de la pieza en el baño.

Se ha establecido un espesor óptimo capaz de soportar la penetración del óxido en un tiempo normal para la aceptación del acabado de la pieza de 0.25 milésimas de pulgada (0.0066 mm).

11.9) Filtración continua:

Para un recubrimiento con un porcentaje mínimo de impurezas es necesario realizar continuamente una filtración.

La filtración de la solución del recubrimiento se realizará mediante un equipo de filtración y productos químicos que ayudarán a retener las impurezas que afectarían la capa del recubrimiento. El equipo de filtración se complementa con carbón activado que se mezcla en la solución y que sirve para retener las impurezas. La circulación de la solución pasa a través de un filtro y ayuda filtro, el filtro mantendrá la solución limpia de impurezas. Esta filtración se realiza mediante una bomba acoplada con mangueras de plástico, donde se recircula constantemente dentro de un cilindro, el cual contiene discos en posición vertical forrados de filtros, que son los que van a retener gran parte de las impurezas de la solución, hasta lograr una transparencia en la misma [Ver Figura No. V.4]

11.10) Tiempo de exposición:

Este tiempo es variable según la calidad que se requiera. Para nuestro caso utilizaremos un tiempo de 3 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se sacan las piezas con un sacudido para garantizar que el arrastre de la solución sea mínimo. Es importante revisar el buen contacto en las barras para que haya una densidad de corriente aceptable lo cual asegurara un buen recubrimiento en todo el contorno de la pieza, se sacan las piezas de baño y se trasladan a la tina de enjuague.

- 11.11) Eficiencia catódica: 30%
- 11.12) Relación de área anodo a cátodo 2:1

- 12) Enjuague (Tina No. 8)
Objetivo y breve descripción.

Es de tipo de circulación sencilla con aspersion. Donde se suministra agua entrante por la parte inferior de la tina y saliente por la parte superior (rebosadero), lo cual permite la salida del agua con grasa, - aceite y lubricantes.

El trabajador hara la inmersión de las piezas e inmediatamente después la sacara realizando una operación (sube y baja), un par de veces, - para luego sacudirla y escurrir.

Condiciones de operación del proceso:

- 12.1) Tina de acero recubierta con fibra de vidrio y poliester. Provista con rebosadero.
- 12.2) Contenido del enjuague: Agua
- 13.3) Tiempo de exposición: entre 30-60 segundos con movimiento de la - pieza dentro del agua y una operación de salida y entrada un par - de veces.
- 13) Activador (Tina No. 9)
Objetivo y breve descripción:

Este baño es a base de ácido sulfúrico diluido al 30% con agua, el baño tiene la función de generar cierta porosidad y rugosidad en la pieza para que exista un mejor anclaje (adherencia), del metal que va a recubrir.

Condiciones de operación del proceso.

- 13.1) Tina de acero con recubrimiento de fibra de vidrio y poliester.
- 13.2) Contenido: Agua y ácido sulfúrico al 30%

13.3 Tiempo de exposición de la pieza: 30 segundos después de lo cual - extrae la pieza y pasa al siguiente baño.

14) Enjuague (Tina No.10)
Objetivo y breve descripción:

Al igual que los anteriores este enjuague tiene la misma operación y condiciones por tratarse del tipo de arrastre con circulación, donde - la pieza nuevamente realiza la operación de entrada y salida y luego debe dejarse escurrir.

Condiciones de operación del proceso:

14.1) Tina de acero recubierta con fibra de vidrio y poliéster provista de rebosadero.

14.2) Contenido del enjuague: Agua

15) Níquel brillante (Tina No. 11, 13 y 15)
Objetivo y breve descripción:

En este baño la pieza tiene que ser revisada visualmente para que se realice un buen recubrimiento. Aquí hay que asegurar que la densidad de corriente ya establecida sea constante, esto se comprueba chequeando con tinuamente con aparatos de medición; los rectificadores (que son los elementos de suministro de corriente continua para que la electrolisis se efectue). Adicionalmente, es importante el cuidado que se debe tener para que la pieza tenga un buen contacto. Para evitar áreas sombreadas es necesario separar las piezas adecuadamente, esto es, el trabajador dará la distancia según la experiencia para un buen acabado. Para realizar esto es recomendable que el trabajador utilice guantes de hule para evitar áreas de la pieza con grasa y así malos recubrimientos.

Condiciones de operación del proceso:

15.1) Tina de acero recubierta con fibra de vidrio y poliéster, ganchos

recubiertos de plástico para sostener el serpiente de platino (intercambiador de calor) sistema de agitación por aire, sistema de filtros, barras anódicas y catódicas.

15.2) Contenido de productos químicos en este baño:

	RANGO	SOLUCION NORMAL
Niquel - Metal	-----	-----
Sulfato de niquel ($\text{NiSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	300 a 450 g/l.	320 g/l
Cloruro de niquel ($\text{NiCl}_2 \cdot \text{CH}_2\text{O}$)	38 a 112 g/l.	70 g/l
Acido bórico (H_3BO_3)	38 a 50 g/l.	45 g/l

Agentes de adición:

Abrillantador primario (patente)	30 a 50 ml/l.	44 ml/l
Abrillantador secundario (patente)	0.5 a 1.0 ml/l.	0.7 ml/l
Antiporo (patente)	1 a 4 ml/l.	2.5 ml/l

15.3) Tiempo de exposición de la pieza en el baño.

El tiempo que se calcula depende del espesor que se requiera el tiempo de duración de la pieza nos determinará las micras de espesor que se requieren para las necesidades del mercado.

Al extraer las piezas de este baño una vez transcurrido el tiempo (aproximadamente se calcula de 5 minutos por carga) se deja escurrir para evitar el menor arrastre de dicha solución, con lo cual se evitará contaminación y ahorraremos soluciones. Posteriormente, el trabajador revisará el buen contacto de la carga y verificará el recubrimiento.

15.4) Temperatura del baño:

En este baño se recomienda un rango de temperatura entre 50 a 60°C. Trabajando con esas temperaturas mantendremos un recubrimiento rápido y de buena calidad.

15.5) *Agitación por aire:*

Este tipo de agitación se llevará de la misma forma para cualquier baño que requiera movimiento. Como ya se detalló ampliamente en el punto 11.4.

15.6) *Densidad de corriente para el baño:*

La necesidad de este baño es de mantener una adecuada área anódica, para lo cual es necesario mantenerla tan alta como se pueda.

En el caso de nuestra solución agitada por aire la densidad de corriente anódica no debe exceder de 4 a 6 amperes/dm² a 12 volts, sin embargo el tipo de anodo, tipo de bolsa anódicas, así como la agitación pueden variar estos límites de densidad de corriente. Si se sobrepasan continuamente, habrá tendencia a una polarización anódica con pérdida de corriente, posible disminución de ductilidad y menor protección a la corrosión. Debe controlarse frecuentemente el área anódica y sustituir los anodos gastados o complementarlos con nuevos. Los ganchos de las canastillas deben estar libres de solución para tener un buen contacto de anodo a barra anódica, para lo cual deben evitar las sales deshidratadas, salpicar o caer sobre las barras.

15.7) *pH.:* El rango establecido para este baño esta entre 4 a 4.5

Es importante determinar frecuentemente el p.H. de todas las soluciones de níquel por lo menos 2 o 3 veces por turno de trabajo. Es necesario mantener el p.H. entre los límites establecidos. Si tenemos un incremento de p.H., lo podremos regular suministrando ácido sulfúrico diluido al 60% con agua y se agregara en pequeñas cantidades, con agitación para que se mezcle rápidamente en la solución. En caso contrario, para aumentar el p.H. es necesario suministrar carbonato de níquel. Circulando la solución a través de un filtro con ayuda de filtro y carbonato de níquel.

15.8) Anodos de níquel.

Como anodos de níquel se utilizarán placas de níquel o canastillas con rondelas de níquel protegidas con fundas o bolsas de tela de algodón.

Es necesario el uso de bolsas anódicas, las cuales se deben lavar previamente con una solución al 0.2% de agua y 2% en volumen de ácido clorhídrico para eliminar el apresto (sustancia o baño con que se tratan las pieles, los tejidos y el papel para dotarlo de determinadas cualidades). Estas bolsas se deben atar por encima de las canastillas, alrededor del gancho anódico y deben tener mayor longitud que la canastilla en varios cms. para retener en el fondo de la bolsa los residuos anódicos (aproximadamente 1.5 cm. mayor). En nuestro caso de agitación por aire hay que tener cuidado de no agitar excesivamente el fondo de la bolsa anódica lo cual se debe examinar frecuentemente para ver si no se tienen roturas y cambiar las que sean necesarias, pues de otra forma introduciríamos en la solución partículas que producirán aspereza. (Ver. Figura IV.4).

15.9) Espesor del recubrimiento.

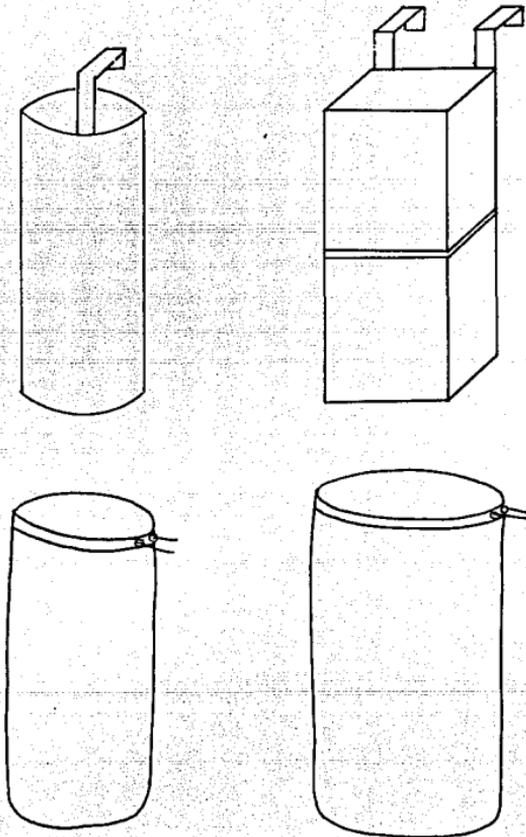
El espesor como anteriormente se explicó, depende tanto del baño como del tiempo de exposición de la pieza. Para el tiempo aproximadamente de 5 minutos con baño al 80% podemos obtener un espesor aproximadamente de 10 micras.

15.10) Filtración del baño.

La filtración es importante ya que debido al movimiento de la solución por medio de aire. La filtración se debe de realizar continuamente para evitar zonas asperas en el recubrimiento. Por lo tanto la filtración se realizara con un equipo de filtración y productos químicos, carbón activado y ayuda filtro.

15.11) Eficiencia catódica:

Se deberá obtener una eficiencia de cátodo aproximadamente 90 a 100%.



CANASTILLAS Y FUNDAS
FIG. IV.4

15.12) Relación de área.

La relación de área que se propone en el baño de níquel con respecto al cátodo y anodo es aproximadamente 1:1

Una vez que transcurre el tiempo se saca la carga con un sacudido y escurrido, para evitar en lo más posible el arrastre de solución.

16) Enjuague - recuperador (Tina No. 12, 14 y 16)

Objetivo y breve descripción:

Enjuague a base de agua por inmersión de la pieza y movimiento dentro del agua para una mejor limpieza. Se saca la pieza con un sacudido y escurrido para evitar arrastre. Este enjuague también sirve como recuperador para ir suministrando a la solución de níquel agua con solución y así no se desperdiciara parte de la solución de arrastre.

17) Enjuague (Tina No. 13, 16 y 19)

Enjuague con agua y circulación sencilla (ver enjuague 12)

24) Baño cromo (Tina No. 20)

Objetivo y breve descripción:

Al pasar la carga a este baño hay que asegurar el buen contacto en la barra catódica para lograr un recubrimiento uniforme en toda la pieza. También controlar la temperatura que se requiere ya que una baja o alta temperatura provocara malos recubrimientos. En el caso de cromo se recomienda utilizar anodos de plomo aleados con antimonio.

Una vez que la carga permanece el tiempo calculado se saca para escurrir lo necesario y pasar inmediatamente al enjuague recuperador.

Condiciones de operación del proceso.

24.1) Tina de acero recubierta con P.V.C. apropiado. Este material se ha utilizado últimamente teniendo mejores resultados que el plomo

o la fibra de vidrio con poliéster. Ya que en los recubrimientos metálicos existe la posibilidad de corriente estática o de fugas de corriente, así como de corto circuito. Deben estar provistas de serpentines de titanio (intercambiador de calor) ganchos forrados de plástico. (Detienen los serpentines) soportes de hule, barras catódicas y anódicas.

24.2) Composición química del baño de cromo:

	RANGO	COMPOSICION TIPICA
Acido crómico (CrO ₃)	210 a 285 g/l	250 g/l
Acido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	0.9 a 1.88 g/l	1.5 g/l
Relación (CrO ₃ /H ₂ SO ₄)	160 : 1	
Agente de adición (patente)	3 a 5 % Vol.	4 % Vol.

24.3) Temperatura del baño:

El baño trabaja a una temperatura entre 38 a 54 grados centígrados.

Para controlar esta temperatura vamos a utilizar reguladores automáticos para mantener la temperatura idéntica en toda la solución. Cuando se trabaja a temperatura más baja de la establecida habrá tendencia a "quemado" (la pieza se pone blanquizca); cuando se trabaja a altas temperaturas disminuye el poder de penetración.

24.4) Densidad de corriente para el baño:

Como ya se ha establecido anteriormente lo que es la densidad de corriente, entonces nos enfocaremos a dar sus valores. Para este baño según cálculos varía entre 20-60 ampere/dm².

El uso de densidades más altas permite una velocidad de deposición de 0.5-1 milésima/hora.

La composición mencionada anteriormente. Se aplica a la mayoría de las instalaciones. Mejora el poder de recubrimiento en áreas de baja densidad de corriente.

24.5) Anodos utilizados en este baño:

Es necesario utilizar anodos plomo -estaño (5-7% estaño)

También se utilizan plomo-antimonio. Se debe tener suficiente sección para evitar un sobrecalentamiento cuando se trabaja a altas densidades de corriente.

24.6) Tiempo de exposición de la pieza en el baño:

Se ha establecido en la práctica para un acabado decorativo un -- tiempo de cromo de 1-4 minutos. En la mayoría de las condiciones de trabajo podemos obtener un espesor de 0.25 micras por cada minuto. Cromando - con 15 amperes/dm².

24.7) Relación de cantidad de ácido crómico y ácido sulfúrico es:

$\text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ -----160 : 1

24.8) La relación de superficie anódica con la superficie catódica es - 2 : 1. Lo que nos determina una cantidad mayor anódica que a su vez nos determina un cromado más uniforme y rápido.

Una vez transcurrido el tiempo del baño se saca la pieza y se pasa al siguiente baño dándole un escurrido previo.

25) Enjuague recuperador (tina No. 21)

Ver enjuague recuperador 16

26) Enjuague (Tina No. 22)

De arrastre a base de circulación ver enjuague 12

27) Enjuague (Tina No. 23)

De circulación sencilla entrada y salida de agua.

28) Equipo de secado

Objetivo y breve descripción:

Al salir la pieza de su último enjuague pasa a este equipo para su secado mediante aire caliente (temperatura 100°C).

En el equipo se circula aire que al pasar por el hogar del horno se calienta y pasa a la tina cerrada donde se dejan las piezas aproximadamente 2 a 3 minutos.

Una vez que pasa el tiempo se sacan las piezas y se cuelgan para desengancharlas y pasar al departamento de acabado.

Condiciones de operación propuestas:

28.1) Tina cerrada hecha de acero inoxidable para evitar el óxido con tapa para conservar lo más posible el calor en el interior, complementada con ventilador y horno conectados simultáneamente. Se tiene un controlador de temperatura el cual al llegar a la temperatura que se requiere apaga al quemador del horno. Así logramos un equipo de secado automático.

29) Inspección preliminar, visual y descolgado de piezas.
Objetivo y breve descripción:

En este paso del proceso el trabajador revisará visualmente las piezas para determinar el acabado del recubrimiento.

Si las piezas no tienen defectos en el recubrimiento pasaran al siguiente paso "zona de abrillantado o acabado".

Ahora bien si las piezas tienen alguna falla en el recubrimiento pasara a la "Zona de reproceso Las piezas de aquí se llevarán desenganchadas en cajas de plástico.

Condiciones de operación propuestas:

29.1) Zona de abrillantado o acabado (departamento de acabado)

En este paso del proceso se desea darle un terminado aceptable al producto para lograr la aceptación en gran parte del mercado de las bicicletas. Por lo que una de nuestras propuestas es la de mejorar la calidad en un último paso, que es un pulido a base de rueda de manta con pasta blanca como lubricante para darle un resalte al brillo del recubrimiento, de aquí pasaremos al departamento de control de calidad.

29.2) Zona de reproceso:

En esta zona se almacenarán aquellas piezas que a criterio del inspector tengan depósitos de cromo no corregibles, con un abrillantado; depósitos defectuosos, piezas amarillentas y depósitos azulados.

En la práctica se ha promediado sobre un 2% de rechazos de recubrimientos de cromo. Por lo tanto serán almacenados temporalmente, ya que - por ser un porcentaje mínimo de piezas se dejará un tiempo hasta que haya una cantidad considerable para iniciar el reproceso.

Este reproceso va a consistir en los siguientes pasos:

- a).- Las piezas pasan a un baño con sosa caústica y cianuro de sodio - con corriente invertida a una temperatura ambiente, aquí las piezas se sumergen durante un tiempo de un minuto aproximadamente para que las piezas queden totalmente descromadas, se sacan con un sacudido y van al siguiente paso.
- b).- Una vez que las piezas salen descromadas pasan a un enjuague con - entrada y salida de agua. Donde las piezas se sacan y se sumergen varias veces, para luego pasar al inicio del proceso electrolítico.

30) Inspección final y control de calidad.

Condiciones de operación propuestas:

El paso final de la inspección que es propiamente el que se refiere al control de calidad, se hará eventualmente con lotes de piezas. Dicha inspección se lleva al cabo en este departamento, utilizando técnicas de "prueba de los recubrimientos" acordes a las especificaciones requeridas por el cliente.

Las pruebas a los recubrimientos electrolíticos, tienen como objeto dos metas principales: análisis químico y la determinación de la resistencia a la corrosión.

Para nuestros diseños se ha seleccionado un grupo de pruebas sencillas

llas para determinar la calidad del recubrimiento (cada una de las pruebas se ha explicado más detalladamente en el capítulo anterior).

A).- *Medición del espesor:*

En vista, que la resistencia a la corrosión esta ligada con el espesor del recubrimiento y dentro de la calidad es sumamente importante -- obtener la medida del espesor por cualquier método. En nuestro departamento de control de calidad utilizaremos los siguientes:

A.1) Métodos microscópicos

A.2) Métodos químicos.

B) Adherencia.

Esta prueba a que es sometida la pieza es importante como medida de capacidad de servicio, pero es difícil idear ensayos satisfactorios. -- Pudiendo tomar como base para esta prueba el bruído sobre el material -- electro recubierto, o por simple flexión del material para indicarnos una buena adherencia. La ausencia de escamas o despellejamiento del recubrimiento antes de la ruptura del material a prueba es síntoma de ello.

C). *Microdureza:*

Esta prueba tiene como finalidad comprobar la dureza del recubrimiento, por medio de aparatos especiales que nos determinan el grado de dureza que el recubrimiento tiene y así comprobar la dureza necesaria para nuestro acabado.

31) *Limpieza y empaque.*

Descripción del proceso:

Una vez que la pieza ha sido verificada por el departamento de -- control de calidad. El personal limpiara las piezas para luego embolsarlas, colocándolas en jaulas contenedoras donde se acomodaran y de ahí pasaran a su empaque en cajas de cartón para su almacenamiento.

Materiales y equipo necesario en este departamento.

- 31.1) Lienzos suaves.
- 31.2) Rollos de polietileno (bolsas)
- 31.3) Jaulas apropiadas apilables para ir almacenando las piezas ya terminadas.
- 31.4) Separadores de "Unicel" para evitar el maltratar las piezas.
- 31.5) Banco de trabajo con cubierta de goma para maniobrar libremente -- sin peligro de rayaduras. Los bancos de madera serán de gran utilidad.
- 31.6) Cajas de cartón con membrete.
- 31.7) Equipo para flejar las cajas de cartón.

Así finalizará el proceso, en nuestro almacén de producto terminado listo para ser remisionado y embarcado.

IV.3 LAY OUT.

Una vez planteado el proceso a seguir se procede a realizar la distribución de la planta.

Mencionaremos las áreas representativas del conjunto total.

- 1.- Estacionamiento, carga y descarga de material
- 2.- Oficina
- 3.- Inspección y entrega de material terminado
- 4.- Departamento de pulido
- 5.- Área de enganche de piezas
- 6.- Desengrase por vía mecánica (equipo de percloroetileno)
- 7.- Área de colgado de piezas
- 8.- Desengrase químico
- 9.- Línea electrolítica
- 10.- Pasillo
- 11.- Instalación de aire para agitación

- 12.- Instalación de calefacción
- 13.- Equipo rectificación
- 14.- Instalación de filtro
- 15.- Area de secado
- 16.- Departamento de acabado
- 17.- Departamento de control de calidad
- 18.- Limpieza, empaque y almacenamiento de producto terminado
- 19.- Subestación
- 20.- Taller de mantenimiento electromecánico
- 21.- Laboratorio
- 22.- Almacén de productos químicos
- 23.- Servicio sanitario
- 24.- Reproceso

Partiremos del hecho de tener un terreno propio de la empresa. La extensión de dicho terreno es de 1500 m^2 (Figura IV.5.)

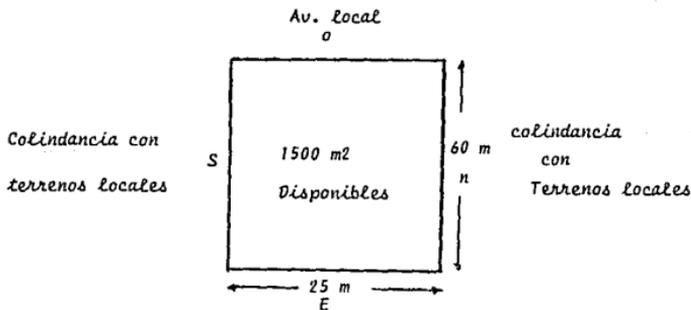


FIGURA IV.5

Una vez analizado el terreno con el cual podemos contar, la distribución de la planta propuesta será la siguiente.

Delimitaremos teóricamente las 24 áreas representativas (Fig. No. IV.6)

- 1.- Estacionamiento, carga y descarga de material - 125 M²
- 2.- Oficina - 16 M²
- 3.- Inspección y entrega de material terminado - 20 M²
- 4.- Departamento de pulido - 40 M²
- 5.- Área de enganche de piezas - 30 M²
- 6.- Desengrase por vía mecánica - 35 M²
- 7.- Área de colgado de piezas - 30 M²
- 8.- Desengrase químico - 2.5 M²
- 9.- Línea electrolítica - 40.5 M²
- 10.- Pasillo - 43 M²
- 11.- Instalación de aire para agitación - 3 M²
- 12.- Instalación calefacción - 34.8 M²
- 13.- Equipo rectificación (72 M²)
- 14.- Instalación filtro - 2 M²
- 15.- Área de secado - 6 M²
- 16.- Departamento de Acabado - 20 M²
- 17.- Control de calidad - 32 M²
- 18.- Limpieza empaque y almacenamiento de producto terminado - 40 M²
- 19.- Subestación - 20 M²
- 20.- Taller de mantenimiento electromecánico - 16 m²
- 21.- Laboratorio - 12 M²
- 22.- Almacén productos químicos - 16 M²
- 23.- Servicio sanitario - 20 M²
- 24.- Reproceso - 6 M²

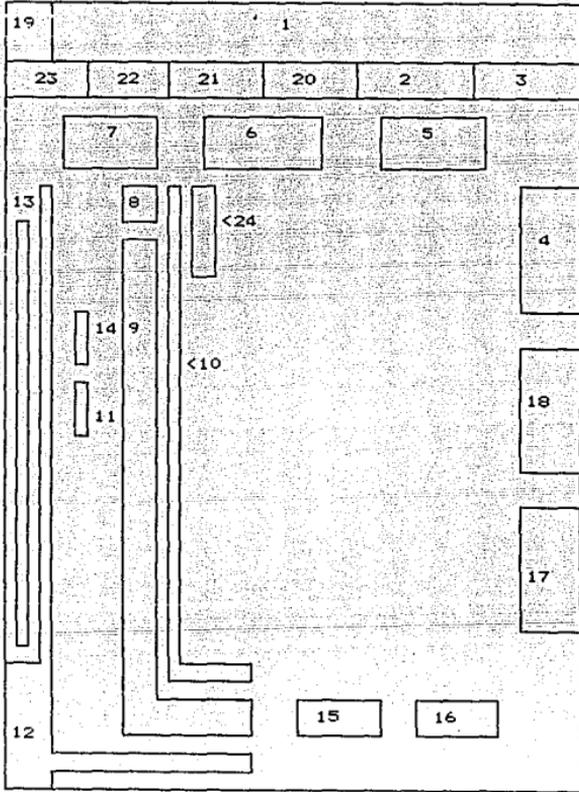


FIGURA IV.6

EN ESTA FIGURA PODEMOS VER LAS AREAS DELIMITADAS, NO QUERIENDO ASUMIR CON ESTO, QUE DICHAS DELIMITACIONES SEAN NECESARIAMENTE DIVISIONES O MUROS. MAS ADELANTE VEREMOS QUE PUEDEN TRATARSE DE ESPACIOS LIBRES SIN DIVISION ALGUNA, SEGUN CONVENGA A CADA ZONA EN PARTICULAR .

DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL MATERIAL A PROCESAR

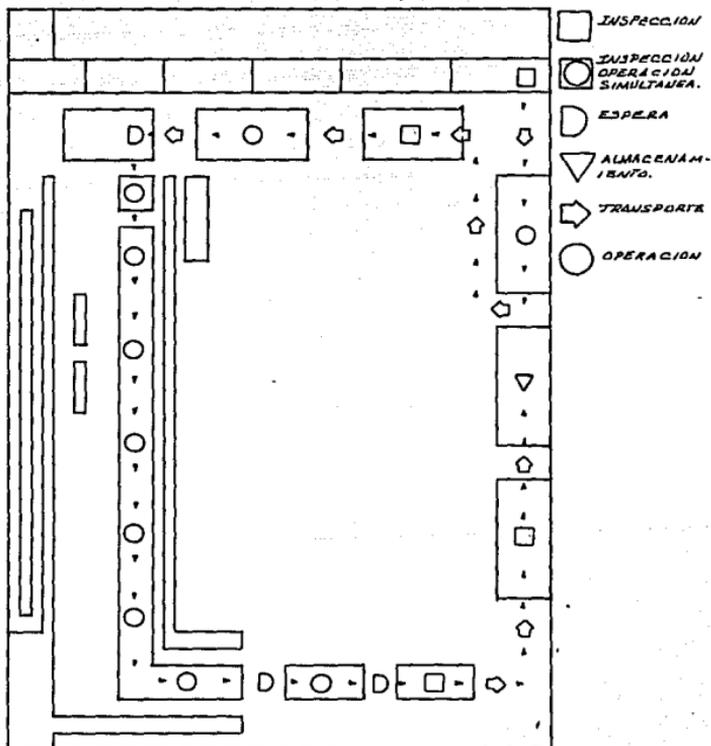


FIGURA IV.7

LINEA ELECTROLITICA

- | | | | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------------------|--------------------------|----|---|
| <input type="checkbox"/> | 1) | DESENGRASE ELECTROLITICO 2,000 LTS. | <input type="checkbox"/> | 20 | } R
E
P
R
O
C
E
S
O |
| <input type="checkbox"/> | 2) | ENJUAGUE AGUA 1,000 LTS | <input type="checkbox"/> | 19 | |
| <input type="checkbox"/> | 3) | ACTIVADOR ACIDO SULFURICO 1,000 LTS | | | |
| <input type="checkbox"/> | 4) | ENJUAGUE AGUA 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 5) | COBRE ALCALINO 2,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 6) | ENJUAGUE AGUA 1,000 LTS | | | |
| <input type="checkbox"/> | 7) | ACTIVADOR ACIDO SULFURICO 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 8) | ENJUAGUE AGUA 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 9) | NIQUEL 2,000 LTS | | | |
| <input type="checkbox"/> | 10) | ENJUAGUE RECUPERADOR 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 11) | NIQUEL 2,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 12) | ENJUAGUE RECUPERADOR 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 13) | NIQUEL 2,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 14) | ENJUAGUE RECUPERADOR 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 15) | CROMO 2,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 16) | ENJUAGUE RECUPERADOR 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 17) | ENJUAGUE AGUA 1,000 LTS. | | | |
| <input type="checkbox"/> | 18) | ENJUAGUE AGUA 1,000 LTS. | | | |

- 1).- Estacionamiento carga y descarga de material.
Esta área de 112 M^2 deberá albergar:
 - Estacionamiento
 - Maniobras vehiculares
 - Carga y descarga de materiales y materias primas
 - Zonas verdes

- 2) Oficinas
Esta zona consta de 16 M^2
 - Recepción una persona
 - Contabilidad dos personas
 - Ventas y compras una persona
 - Ingeniería de planta una persona.

- 3) Inspección y entrega de material
Esta área de 25 M^2 deberá comprender:
 - Canceles y carros para el material
 - Personal para la inspección carga y descarga de material, 3 personas.

- 4) Departamento de pulido. (Fig. IV.9)
Esta zona debe amparar:
 - Un mínimo de 5 motores de dos flechas, 5 H.P. A 3,600 R.P.M.
 - Tres extractores 1 HP a 3600 R.P.M.
 - Espacio suficiente para almacenamiento de material a procesar.

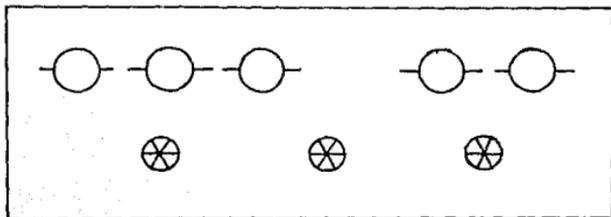


FIGURA IV.9

- 5) Area de enganche de piezas.
Con área de 30 M^2 aproximadamente (no delimitada):
- Carros transportadores
 - Mesas de supervisión y trabajo
 - Espacio para acumular material pulido, en espera de ser colgado y procesado.
- 6) Desengrase por vía mecánica
Con un área de 35 M^2 aproximadamente (limitada):
- Equipo para limpieza usando percloroetileno
 - Bastidores transportadores
 - Espacio para material en espera de ser procesado en el equipo
 - 2 extractores de 1 H.P a 3600 R.P.M.
- 7) Area de colgado de piezas
Con un área de 30 M^2 (no limitada):
- Bastidores
 - Espacio para acumular material colgado en bastidores para el proceso.
- 8) Desengrase químico
Con un área de 2.5 M^2
- Tina con dimensiones 2 metros de largo por un metro de ancho y uno de altura. Capacidad 2,000 Litros aproximadamente.
- 9) Línea electrolítica (Figura No. IV.8).
Con área de 40.5 M^2 aproximadamente (no limitada). En ella se dispondrán las 20 tinas necesarias.
- Las tinas son de las siguientes dimensiones:
- 7 tinas de 2 metros de largo por 1 de ancho y 1 de altura
 - 13 tinas de 1 metro de largo por 1 de ancho y 1 de altura
- 10) Pasillo
Área aproximada de 43 M^2 .

- Espacio necesario para el movimiento del personal para el proceso electrolítico.
 - Bases de madera cubiertas con hule rayado, para evitar que el personal resbale y provoque un accidente.
 - Espacio para preparar los productos químicos.
- 11) Instalación de aire para agitación
Area 3 M².
- Soplador baja presión
 - Tubería y conexiones de P.V.C.
- 12) Instalación calefacción.
- Area de 34.8 M² aproximadamente:
- Caldera
 - Tubería y conexiones de acero
 - Serpentes de platino (intercambiadores de calor)
- 13) Equipos de rectificación
Superficie aproximada de 72 M².
- Rectificadores (5)
 - Conductores de corriente
- 14) Instalación filtro
Superficie de 2 M² aproximadamente
- Equipo de filtro
 - Mangueras para el traslape de soluciones
- 15) Area de secado
superficie aproximada 6 M²
- Equipo para el secado de las piezas
 - Espacio suficiente para el material en espera de ser secado
 - Bastidores
 - Carros transportadores
 - Espacio para desenganche de las piezas

- 16) Departamento de acabado.
20 M² de área. Deberá albergar:
- Espacio para motor de dos flechas 5 H.P. a 3,600 R.P.M.
 - Espacio para almacenamiento de material
 - Un extractor
 - Carros transportadores
- 17) Control de calidad
Con un espacio de 32 M².
- Equipo necesario para el control de calidad (equipos de ensayo)
 - Jaulas contenedoras
 - Mesas de supervisión y trabajo
 - Carros transportadores.
- 18) Limpieza, empaque y almacenamiento de producto terminado superficie de 40 M² contendrá:
- Mesas de trabajo
 - Jaulas contenedoras
 - Carros transportadores
 - Equipo para flejado de cajas
 - Espacio suficiente para el almacenamiento temporal de producto terminado.
- 19) Subestación eléctrica.
Área aproximada 20 M²:
- Subestación blindada servicio interior
 - Transformador
 - Equipos de protección
 - Conductores eléctricos.
- 20) Taller de mantenimiento electromecánico
Área de 16 M² que deberá contener:
- Maquinaria necesaria (esmeriles, torno, taladro y planta soldar)

- Espacio necesario para la fabricación de ganchos y bastidores ca
nros transportadores, jaulas contenedoras y mesas de trabajo.
- Operaciones diversas.

21) Laboratorio

Area de 12 M² que contendrá:

- Equipo necesario para análisis de productos químicos y soluciones
electrolíticas.

22) Almacén de productos químicos.

Con una superficie de 16 M².

- Canceles con compartimientos
- Bascula
- Mesa de trabajo
- Recipientes de diferentes medidas

23) Servicio de sanitarios

Con area de 20 M² que contendrá:

- W.C., regaderas, lavabos, mingitorios, etc.
- Lockers

24) Reproceso.

Un area de 6 M² que contendrá:

- Tina de 2 metros de longitud por 1 metro de ancho y 1 de altura.
- Tina de 1 metro de longitud por 1 metro de ancho y 1 de altura.

CAPITULO V
PROYECTO ELECTROMECHANICO

Expuestos los diferentes procesos a los que se someterán las piezas, nos proponemos en el presente capítulo analizar las necesidades electromecánicas que nos permitan el cumplir con ese objetivo. Los requerimientos y exigencias de las instalaciones son muy especiales, dada la naturaleza del proceso y de las soluciones con las que se trabajarán, requiriendo a su vez de los siguientes equipos y servicios para poder operar adecuadamente la planta.

- V.1.- GANCHOS
- V.2.- TINAS
- V.3.- SISTEMAS DE CALEFACCION
- V.4.- AGITACION
- V.5.- REQUERIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA.
- V.6.- EQUIPOS Y PROCESOS AUXILIARES.

V.1. GANCHOS

El gancho es el accesorio que sujeta la pieza para mantenerla en posición en el electrolito, así como el de permitir la conducción de la corriente eléctrica a la misma y por lo tanto, debe poseer buenas cualidades tanto eléctricas como mecánicas, pudiendo ser el material de su construcción, alguno de los que se enlistan en la siguiente tabla. V.1.

MATERIAL	PESOS LB/plg"	RESISTENCIA A LA TENSION	RESISTIVIDAD	SEGURIDAD MAXIMA
Cobre laminado duro	0.321	60,000	1.77	1000
Aluminio	0.098	30,000	2.82	630
Latón	.311	70,000	7.0	253
Bronce fosforado	.321	25,000	7.8	227
Niquel	.321	120,000	7.8	227
Acero, medio carbono	.278	53,000	10.4	170
Tantalio	.60	215,000	15.5	114
Plomo	.112	3,000	22.0	81
Monel	.321	160,000	42.0	42

TABLA V.1

Siendo el cobre, con mucho el material mas extensamente usado dada su elevada conductividad eléctrica, su razonablemente elevada resistencia, la facilidad de doblarse sin fractura y la facilidad de soldarlo con materiales a base de estaño a bajas temperaturas.

A fin de poder diseñar nuestro gancho, efectuaremos las siguientes consideraciones.

- a).- Seleccionaremos cobre laminado duro, como material para la construcción de los ganchos.
- b).- Dada la geometría de las piezas a procesar, nuestro gancho tendrá una forma semejante a la que se muestra en la figura No. V.1.



FIGURA V.1

Siendo en la parte superior, el medio de soporte del gancho cuando se encuentra dentro de alguna solución. Así como también, el punto de contacto con la barra conductora. Como se muestra en la Fig. No. V.2.

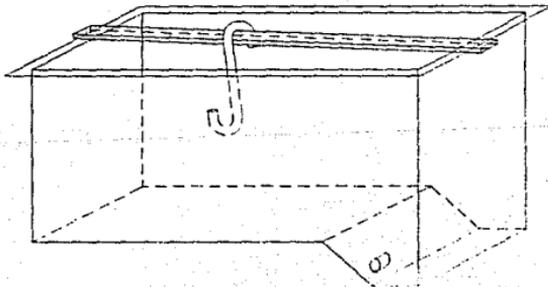


FIGURA V.2

a).- Con objeto de poder obtener un buen acabado, es recomendable el dejar 4 plg. entre la parte superior de la pieza y la superficie del líquido o baño.

b).- El gancho descansará sobre la barra conductora la que a su vez lo hará sobre los refuerzos superiores de la tina que la contenga, -- dejando 6" entre el borde del tanque y el nivel del líquido para evitar desbordamiento.

c).- Con objeto de preveer cualquier posible incremento en las dimensiones de las piezas a procesar, las tinas se fabricarán con un 20% de exceso respecto a nuestras piezas.

De las consideraciones anteriores, las dimensiones finales del gancho serán como se muestra en la fig. V.3

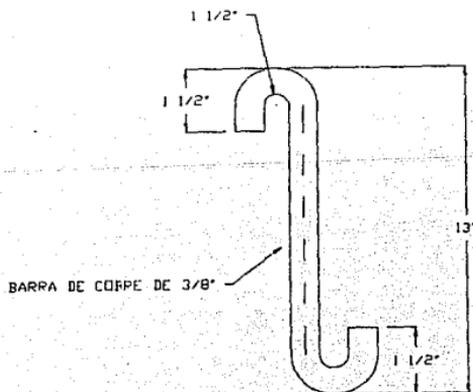


FIGURA V.3

- d).- Comparado el reducido peso que debe soportar el gancho (1200 grs.) contra el área a electrorecubrir, para efectos de diseño el factor eléctrico es más importante que el mecánico y por lo tanto será - el primero el que nos indique la pauta a seguir.

Para calcular las dimensiones de nuestro gancho, debemos considerar la corriente total que debe soportar en un momento dado, y que será - en base a aquella solución que requiera mayor densidad de corriente para lograr su electrodeposición siendo en este caso la mayor de 15 amp/dm² -- (para los baños de cromo), y el área efectiva total, de la pieza a electrodepositar, es decir, el área total de la pieza colocada en el soporte, más un tercio, nos dará esta área. Así evitaremos en lo posible, cualquier sobrecalentamiento debido a un exceso de corriente que pudiese fundir el gancho.

De acuerdo a lo anterior, y considerando que nuestras piezas tienen diferentes formas, tomaremos un área representativa de 20 dm², así tenemos:

CORRIENTE TOTAL = (ÁREA EFECTIVA + 1/3 DEL ÁREA) X No. DE Pzas. X DENSIDAD DE CORRIENTE.

$$\begin{aligned} \text{CORRIENTE TOTAL} &= (20 \text{ dm}^2 + 6.67 \text{ dm}^2) \times 1 \text{ pza.} \times 15 \text{ amp/dm}^2 \\ &= 400.05 \text{ amp.} \end{aligned}$$

De acuerdo a la tabla No. V.1 de este capítulo, se tiene que para el cobre, la máxima densidad de corriente susceptible de conducir es de - 1000 amp/plg.², lo cual implica 0.40 plg² de área efectiva de conductor.

La manera en que se sujetarán las piezas al gancho, es por medio de una punta de contacto, que no es más que un dobléz de la barra de cobre en forma de semicírculo y en donde se engancharán las piezas a procesar.

Una vez analizados los puntos anteriores, y tomando en cuenta los siguientes, tendremos las dimensiones finales del gancho.

2) Tinas.

El principal requerimiento de una tina para una instalación de electrorecubrimiento, es el que mantenga el líquido deseado sin fugas o contaminación de la solución por un período de tiempo deseado y que sea químicamente resistente a la misma, a menos que se use un revestimiento, en cuyo caso dicho revestimiento, debe cumplir con lo anterior. Pero también es de suma importancia para el diseño óptimo de la tina conocer las condiciones a las que va a estar sometida, sus dimensiones, su operación, etc., ya que con esto se establecerá el criterio a seguir para los cálculos, así como la selección de materiales para su diseño.

Son diversos los materiales con los que se pueden construir las tinas, ya que pueden ser: madera, plástico, cerámica, concreto y acero; seleccionando en nuestro caso este último, debido a su bajo costo, gran resistencia y facilidad de fabricación. Aunque es necesario aplicarle algún revestimiento para prevenir la contaminación por el hierro, y en especial para aislarlo contra las corrientes vagabundas, así como para evitar su corrosión cuando se emplee en baños ácidos. En el capítulo anterior se detallaron las diferentes tinas para cada parte del proceso.

A fin de poder diseñar las tinas, efectuaremos las siguientes consideraciones:

a).- Las tinas tendrán 2 metros de largo (6.56 pies).

b).- El ancho de las tinas dependerá del espacio ocupado por el cátodo y las piezas a recubrir que ocupan un máximo de espacio de 27" entre el ánodo y el cátodo. Dada la posibilidad de electrorecubrir piezas más grandes, consideraremos el mayor espaciamiento; aumentando 12 pulgadas más su dimensión, con objeto de permitir espacio suficiente para la colocación de los ánodos, sistemas de calefacción, de agitación, etc. -- Por lo tanto, el ancho de nuestras tinas será de 1 metro (3.28 pies).

c).- Como se vió en el inciso anterior, el gancho mide 13.4 pulgadas entre la barra conectora (que descansa sobre el borde de la tina y

la parte inferior del mismo, lo cual aunado al hecho de que hay que considerar un claro de 26.4 pulgadas entre las piezas a electrorecubrir y el fondo del tanque, la profundidad de nuestro tanque será de 1 metro (3.28 pies).

Por lo tanto se tiene:

Dimensiones de las tinas = 2m de largo x 1 m. de ancho x 1 m. de fondo. (6.56 x 3.28 x 3.28 pies).

Las tinas se construirán de placas planas de acero 1010 de 1/4" de espesor, libres de deformaciones o alabeo y de preferencia los costados serán de una sola pieza; su construcción se hará con cordones de soldadura eléctrica continua, doble, y en dirección horizontal o vertical hacia abajo, empleando soldaduras AWS-6013 ó 6010, libres de salpicaduras y fundentes, especialmente si se va a revestir el tanque. Las soldaduras interiores deberán ser planas o convexas, y en caso de que su superficie fuese rugosa, se tendrá que esmerilar.

A las tinas se les soldará en el fondo viguetas I de 4" transversalmente cada 25" para que actúen como refuerzo, evitando cualquier posible pandeo de los tanques, reducir la posibilidad de corrosión, y facilitar el mantenimiento. Las tinas deben estar aisladas del piso para evitar corrientes vagabundas por medio de baquelita, y se le soldará un cincho de refuerzo de ángulo de hierro de 3" x 3" x 1/4" a todo el contorno a un tercio de distancia del fondo, lo cual proporcionará resistencia suficiente, para evitar cualquier deformación.

En la parte superior de las tinas, se le soldará un cerco a base de ángulo de hierro de 3" x 3" x 1/4", el cual tiene la función de dar mayor rigidez a éste, y servir como dispositivo de soporte para los ganchos, ánodos, serpentines, cajas de ventilación, controles, etc. El borde superior del tanque y el ángulo del cerco, se unirán con una soldadura continua a fin de sellar cualquier hueco entre el exterior del tanque y el ángulo, evitando que la solución sea atrapada en ese espacio, aumentando la vida del tanque.

Con el objeto de contar con un buen sistema de desagüe, que nos permita eliminar por medio de lavado los sólidos tales como suciedad o lodos, nuestros tanques contarán con un sumidero inclinado a través de uno de sus extremos con salida en la parte mas baja para el desagüe, ver figura IV.2.

En las tinas revestidas, las conexiones para el desagüe serán bridadas, soldables de 2" de diámetro, con espacio mínimo entre la brida y la pared de la tina, para soldar la conexión y permitir la operación del revestimiento, el cual sirve a su vez como empaque para la brida compañera y protege la superficie de la solución del tanque.

Los tanques deben forrarse con revestimientos comunes con tolerancias adecuadas, las cuales proveen la seguridad en las condiciones de operación. Para nuestro caso es recomendable la fibra de vidrio. Y en caso de que se usara la del plomo, se debe hacer con una aleación de plomo-antimonio al 7% de éste último. Con los recubrimientos metálicos existe la posibilidad de fugas de corriente, así como de cortocircuito.

Los tanques recubiertos de plomo no es recomendable su uso, debido a las posibles manchas que producen en el depósito y a su vida limitada. También es recomendable que sobre el recubrimiento de plomo se debe colocar uno de fibra de vidrio.

Los tanques con recubrimiento de fibra de vidrio, son preferibles, ya que son menos costosos en comparación con la del plomo, además al colocar dos o tres capas de fibra de vidrio le da mayor resistencia a la tina y disminuye la posibilidad de alguna ruptura, aún así deben ser rigurosamente inspeccionados para ver si tiene roturas, y ser reparados si fuera necesario.

Los tanques que anteriormente han contenido una solución de cromo tipo autorregulable se deben limpiar y lavar vigorosamente antes de su uso, para que el catalizador que tienen adherido no interfieran en la nueva solución de cromo.

A continuación se muestran diferentes tipos de revestimientos usados.

REVESTIMIENTOS COMUNES: TOLERANCIAS GENERALES

Las siguientes solo son recomendaciones generales, en las que existen importantes excepciones. Los compradores deberán obtener las especificaciones de proveedores responsables para las condiciones de servicio dadas. Las recomendaciones suponen revestimientos del espesor adecuado.

Las cifras dadas son tope límites en Fahrenheit, los cuales proveen factores de seguridad bajo condiciones promedio. Las concentraciones son porcentaje en volumen de la usual concentración comercial en agua, no porcentajes de los reactivos puros.

		Hule Plomo	Neopreno Hule	"Saran" Hule	Poli- vinilios	Tabiques
(Temperatura máxima °F)						
Acido						
Cualquier clorhídrico	x	180	x	140	150	A, f, p, s, i, s
Sulfúrico 50%	125	100	x	140	130	A, f, p, s, i, s
10%	125	150	200	110	150	A, f, p, s, i, s
Nítrico 50%	x	x	x	x	90	A, f, p, s, i, s
10%	x	x	x	x	150	A, s, i, s
Crómico 25%	125	x	x	x	130	A, s, i
Fluobórico 40%	x	150	150	140	150	C, f, p,
Hidrofluórico 50%	x	150	x	140	150	C, f, p, s
Acético, diluido	x	150	x	140	x	A, f, p, s, i
Fosfórico 80%	125	150	300	140	150	A, f, p, s, i, s
Electrorrecubrimiento ácido f						
Sulfato	125	150	200	140	150	A, f, p, s, i, s
Sulfato, bajo cloruro	125	150	200	140	150	A, f, p, s, i, s
Sulfato, alto cloruro	x	150	200	140	150	A, f, p, s, i, s
Fluoborato	x	150	x	140	150	A, f, p, s, i,
Sulfamato	x	150	150	140	150	A, f, p, s
Alcalis						
Amoniaco	x	150	150	140	150	A, f, p, s, i, s
Sosa cáustica	x	150	200	x	x	A, f, p
Fosfato trisódico	x	150	200	x	150	C, f
Ceniza de sosa	x	150	200	x	150	C, f
Silicatos	x	150	200	x	150	C, f
Cloruros	x	150	200	x	150	C, f
Electrorrecubrimientos						
alcalinos	x	150	200	x	150	C, f
Cloruros	x	150	200	x	150	C, f
Estannato	x	150	200	x	150	C, f
Pirofosfato	x	150	200	x	150	C, f
Aminas	x	150	200	x	150	C, f

REVESTIMIENTOS COMUNES FACTORES BASICOS

Espesores comunes (plg)	Temperatura máxima (°F)	¿Se aplica en el trabajo?	¿Se repara en el trabajo?	Costo promedio completo con acero (1.0)
Plomo (8 lb mín) 1/8	125	Si	Si	2.5 3.0
3/16	150	Raramente	Si	2.3 2.2
3/16	200	Raramente	Si	2.3 2.8
3/32-1/16	150	Si	Si	2.1 3.1
1/8	140	Si	Si	2.1 3.1
2 1/2-4 1/2	220	Si	Si	3.1 3.3
2 1/2-4 1/2	220	Si	Si	4.8 4.8

En nuestro proyecto, dada las consideraciones ya mencionadas y a la facilidad de su manejo, consideraremos la utilización de fibra de vidrio como material de revestimiento, de acuerdo a la composición específica de cada baño como se señaló en el capítulo anterior y se tendrá que -- considerar que en las soluciones para los electrorrecubrimientos; en especial los que contienen agentes humectantes y abrillantadores que operan en caliente, se contaminan con facilidad para los materiales solubles que se desprenden de los revestimientos. Por lo tanto, cada fórmula para el revestimiento debe de ser probada y evaluada para cada tipo de baño.

V.3 SISTEMA DE CALEFACCION.

Como se observó anteriormente, todos los baños para electrorrecubrimiento requieren de un medio que les permita conservar una determinada temperatura de su solución, lo cual se logra por medio de los intercambiadores de calor y la capacidad de cualquiera de éstos, será la cantidad de BTU/Hr o Watts que transfieren en funcionamiento. El calor transferido es proporcional al área de pared en contacto con los dos fluidos y con el diferencial de temperatura entre ellos de acuerdo con la ecuación:

$$Q = UA T$$

donde:

Q = Transferencia total en (BTU/Hr ó Watts)

A = Area de transferencia en (ft^2 o m^2)

T = Diferencia de temperatura en ($^{\circ}F$ o $^{\circ}C$)

U = Coeficiente total de transferencia en
BTU/(Hr) (ft^2) ($^{\circ}F$) o (W/m^2)

Los Intercambiadores a su vez pueden ser:

INTERCAMBIADORES DE
CALOR (IMMERSION)

- a) Serpentina de inmersión.
- b) Calentadores eléctricos de inmersión.
- c) Chorro de vapor.
- d) Calentadores de vapor tipo bayoneta.
- e) Calentadores de inmersión tipo placa.

INTERCAMBIADORES
DE CALOR EXTERNO.

- a) Intercambiadores de un solo tubo.
- b) Intercambiadores de tubos Múltiples.

Siendo los del primer tipo, aquellos en el que el calentamiento de la solución se realiza en la propia tina, y la segunda, en los que el calentamiento se realiza fuera de ella, teniéndose como norma, que cuando el área de transferencia de calor requerida para mantener una temperatura dada en una solución sea menor de unos 20 a 50 ft² (1.86 a 4.65 m²), es aplicable un intercambiador de calor de inmersión, y cuando sean mayores se aplicarán los del tipo externo. Por esta razón, y con el objeto de poder seleccionar el tipo de intercambiador a emplear, calcularemos el área de transferencia requerida en la solución de nuestro proceso que está sometido a condiciones de temperatura más crítica.

De los capítulos anteriores, se señaló que los baños de níquel requieren en sus soluciones se conserven entre temperaturas de $50^{\circ}\text{C} \leq T \leq 70^{\circ}\text{C}$ ($90^{\circ}\text{F} \leq T \leq 158^{\circ}\text{F}$). Para efectos de nuestros cálculos, fijaremos en $T=70^{\circ}\text{C}$ (158°F) y consideraremos inicialmente, que la transferencia se realizará a través de serpentines de acero inoxidable (tiene la ventaja de no ser atacada por la solución) con lo cual y de acuerdo a la lista de algunos valores de K de varios materiales, se tiene que $U=120 - 250$ BTU/Hr-ft²°F (63.29 - 131.85 W/°C).

VER LOS VALORES DE K EN LA TABLA V.3

Por otro lado, se considera implícitamente, que la cantidad de calor realmente requerida para calentar la solución, más un porcentaje de tolerancia arbitrario por las pérdidas de calor que se producen durante el período de elevación de la temperatura, es también suficiente para mantener la solución a la temperatura de trabajo siempre y cuando el período de calentamiento no exceda de 1 a 4 horas, y como se analizó en el inciso anterior, nuestras tinas serán de : 2 m. de largo x 1 m. de ancho y 1 m. de altura (78.74 plg. x 39.37 plg. x 39.37 plg) es decir un volumen de 2 m^3 (70.63 ft³). Se debe considerar que el volumen real ocupado por la solución será de:

COEFICIENTES TOTALES DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN
CALENTADORES DE VAPOR.

EQUIPO	VELOCIDAD DE LA SOLUCION (PIES/SEG)	BTU/(HR) (PIES ²) (°F)	CONDICIONES ESPECIALES.
Serpentines de metal		120-250	Solución hirviendo.
Serpentines de plomo		60-110	
Serpentines estampados		100-200	Convección natural.
		160-275	Convección forzada agua caliente en --
	Convección natural	70-100	los serpentines.
	Convección forzada	110-160	Agua Caliente en los serpentines
Calentadores de grafito, inmersión		80-150	Sin agitación
Permutadores de un solo tubo			
Metal		150-100	
Duniron		100	
Pyrex		100-125	
Grafito	1	350	Tubo sin suciedad
Grafito	7	375	Tubo sin suciedad
Grafito	9	415	Tubo sin suciedad
Permutadores de tubos múltiples	8-9	300-350	
Metal	---	160-600	
Grafito	6.5	350	Tubos sin suciedad
Grafito	8.5	300-350	Tubos sin suciedad
Permutadores en bloque	19	300-350	
(Grafito)	7	200	

TABLA V.3

$$V_{\text{real}} = 2 \times 1 \times 0.80 = 1.6 \text{ m}^3 (56.5 \text{ ft}^3).$$

Nota: se considera un 20% de espacio del nivel de la solución a la altura máxima de la tina.

Resumiendo las condiciones de operación se tendrá:

- Temperatura de Trabajo 70°C (158°F) (condición máxima.)
- Presión de Vapor 20 lb/plg² manométrica (supuesto)
- Coeficiente total de transferencia 120 BTU/Hr.Ft²°F (condición mínima).
- Periodo de duración del calentamiento 1 Hr. (cond. normal).
- Volumen de la solución 56.6 ft³

De acuerdo al nomograma de intercambiadores de vapor (gráfica V. 1), nos indica que el área de transferencia térmica necesaria para este caso es de 20 ft² (1.86 m²); por lo tanto en base a la consideración planteada sobre selección de intercambiadores, en nuestro caso instalaremos intercambiadores de tipo interno, siendo a su vez el medio más frecuente usado en procesos electrolíticos, el de pasar vapor a través de serpentines de tubo sumergidos en la solución; generando durante esta transferencia de calor, la elevación de las corrientes de convección, lo cual aunado a la agitación propia de los baños, ayuda considerablemente a la transferencia y distribución del calor.

Los serpentines deben colocarse sobre las paredes laterales de las tinas más bien que sobre el fondo, donde interferirían con la limpieza, y en algunas soluciones pueden cubrirse de lodo.

En los tanques electrificados, las conexiones del vapor con los serpentines, deberán tener una sección de tubo flexible de al menos 6 plg. de largo, tanto en la línea de entrada como en la salida, para evitar los cortocircuitos a tierra por las que pasarían corrientes vagabundas. Los serpentines se montarán entre los electrodos exteriores y las paredes del tanque. Construyéndose los serpentines de acero inoxidable para los baños de Níquel, cobre al cianuro y los desengrasas, y de plomo con 6% de antimonio para los baños de cobre ácido y cromo.

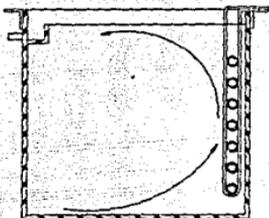


FIGURA V.4

TANQUE Y COLOCACION
DEL SERPENTIN

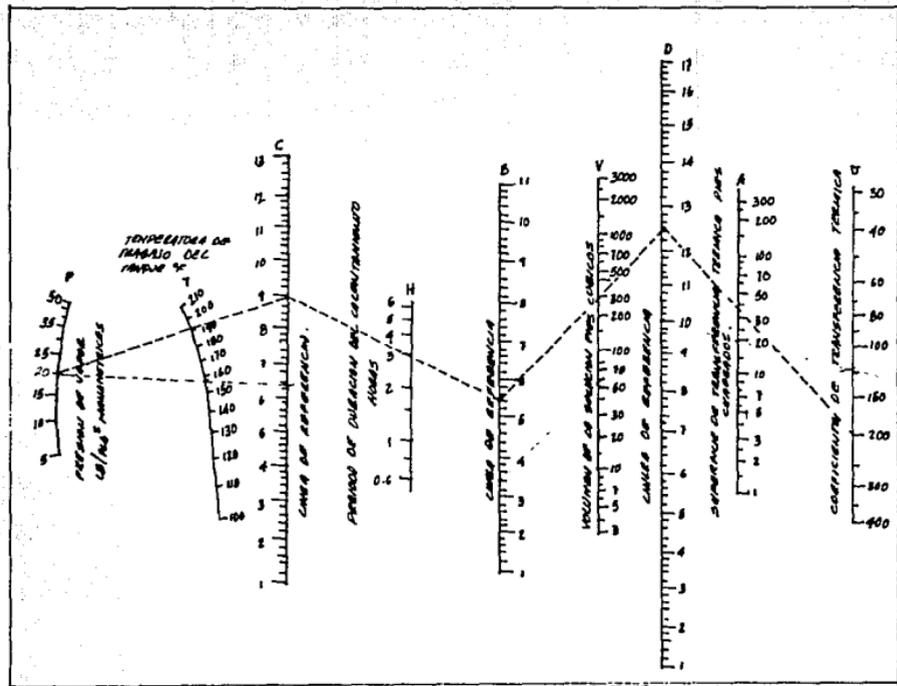
Con objeto de calcular nuestro requerimiento de energía calorífica para elevar una solución desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de operación, se tiene que la cantidad de energía suministrada al líquido es igual a:

$$Q = m.c. (T)$$

Por lo tanto:

$$\text{Calor} = \text{Volumen} \times \text{peso específico} \times \text{calor específico} \times \text{elevación de temperatura/tiempo de calentamiento.}$$

Como la mayor parte de las soluciones para electrorrecubrimiento puede considerarse como agua, su peso específico es igual: 1 kg/lt. 1000 kg/m³ (62.41b/ft³) y su calor específico es igual a : 1 BTU/LB°F por lo tanto:



GRAFICA V. I

TRANSFERIDORES DE VAPOR. SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO REQUERIDA PARA CALENTAR SOLUCIONES ACUOSAS. PARA CADA EL MANTENIMIENTO, PROCEDER DE LA REQUERIDA A LA DERECHA A TRAVES DE LOS

DATOS: 120 lb/plg² de vapor 158°F, 1 hrs. de calentamiento 56.5ft³ de solución V-120 para leer la superficie requerida sobre A PIES² = 20 ft²

Calor (BTU/Hr) = Volumen (ft³) x 62.4 x elevación de temperatura -
(°F)/tiempo de calentamiento (Hrs.)

La remoción de calor por el metal que se está procesando es:

BTU/Hr = lb de metal/Hr x calor específico del metal y elevación -
de temperatura (°F); siendo el calor específico del acero C_p = 0.11 BTU/lb
°F [0.46 KJ/(Kg °K)].

Para efectos de cálculo debemos considerar los siguientes factores.

Pérdidas de calor por superficie del líquido en aire tranquilo (La
gráfica V.2 nos muestra las pérdidas de calor por la superficie y a tra-
vés de las paredes).

Durante el periodo de calentamiento, la velocidad de pérdida de -
calor puede tomarse como la mitad de la que se produce a la temperatura -
de trabajo en aire tranquilo (La gráfica V.2) nos muestra el factor de --
corrección aproximada para pérdidas de calor por la superficie del agua -
a varias velocidades del aire (ft/seg).

La velocidad del aire se tomará en todo el proceso, como V_{aire} = -
5ft/seg. (1.524 m/seg.); por lo tanto, de acuerdo con la gráfica V.2, el --
factor de corrección por velocidad = 2.4.

El tiempo de precalentamiento será de 1 Hr.

La temperatura ambiente será de 20°C (68°F)

Dada que todos los tanques que se suministrarán calor poseen las mis
mas dimensiones, se tiene:

DIMENSIONES DE LAS TINAS

De largo 78.74 plg.

De ancho 39.37 plg.

De fondo 31.37 plg. (se considera que ocupa realmente el líquido).

Area de superficie = 21.52 ft²

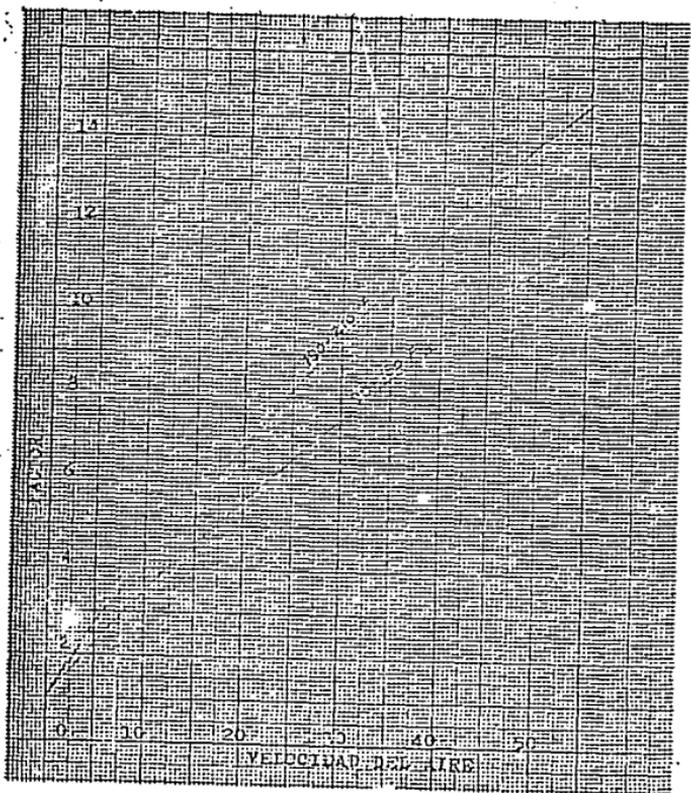
Area de paredes = 60.18 ft²

Volumen de la solución = 56.5 ft³

En la planta se procesarán 3 000 piezas x día/24 hrs., lo cual im
plica 125 piezas/Hrs. = 551.25 lb/Hr.

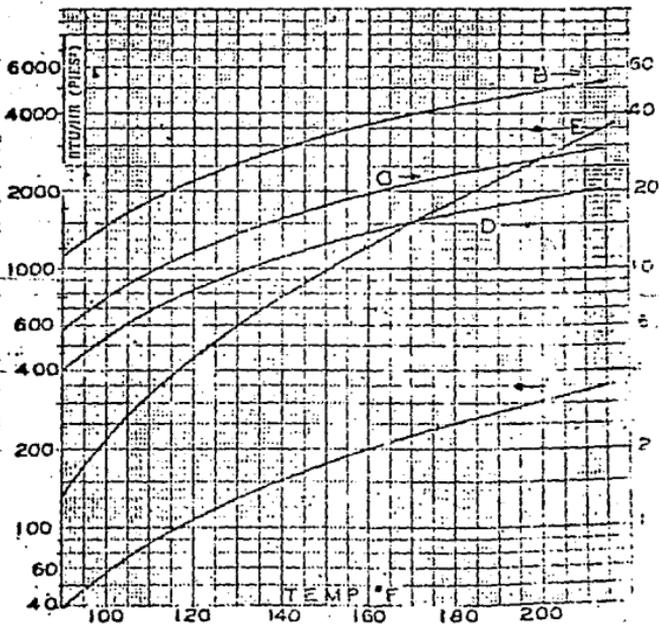
Calculando que cada pieza tiene un peso aprox. de 0.363 lbs.

A continuación se presentan las gráficas V.2 y V.3



GRAFICA V.2

Factor aproximado para pérdidas de calor por la superficie del agua a varias velocidades del aire (pies/seg)



GRAFICA V.3

Pérdidas de calor en aire tranquilo a 60°F para tanques de agua sin cubierta. Curva A - Pérdida de calor a través de 1" paredes del tanque, acero al carbono. Curva B - Pérdida de calor por la superficie del líquido en aire tranquilo.

En la planta se procesarán 3000 piezas X día/24 hrs., lo cual implica
125 piezas /Hr = 551.25 Lb/Hr.

De las consideraciones anteriores se tiene:

$$\text{Ec [1]} \quad \begin{array}{l} \text{Área de} \\ \text{superficie } X \\ \text{(ft}^2\text{)} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Pérdida de calor por} \\ \text{la sup. del líquido} \\ \text{en aire tranquilo} \\ \text{(BTU/H.r. Pie}^2\text{)} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Pérdida por super} \\ \text{ficie en aire} \\ \text{tranquilo BTU/Hr.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Factor de} \\ \text{X pérdida de} \\ \text{calor por la} \\ \text{sup. del agua} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Pérdida por} \\ \text{extracción} \\ \text{=} \end{array}$$

$$A_5 \times Q_{5_1} \text{ (BTU/Hr tt}^2\text{)} = Q_{5_2} \times F = Q_e$$

$$\text{Ec [2]} \quad \begin{array}{l} \text{Área de} \\ \text{poros } X \\ \text{(tt}^2\text{)} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Pérdida de calor por} \\ \text{pared del líquido en} \\ \text{aire tranquilo} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Pérdida por pared} \\ \text{en aire tranquilo} \\ \text{PERDIDA TOTAL EN} \\ \text{AIRE TRANQUILO} \end{array}$$

Pérdida por
extracción
PERDIDA TOTAL
POR EXTRACCION

Para calentar la solución se tiene: Qre

$$\text{Energía} = \frac{\text{Volumen de solución (tt}^3\text{)} \times 624 \times \text{elevación de Temperatura (t)}}{\text{tiempo de calentamiento (H)}} +$$

Ec. (3) Calentamiento

$$Ec = V_5 \times$$

$$+ \frac{\text{Pérdida total en aire tranquilo (BTU / Hr)}}{\text{tiempo de calentamiento (Hr)} \times 2}$$

$$Ec = v_5 \times 624 \times DT + Q_{ne} / + (Hr) \times 2$$

Para mantener la solución a Temp., el calor necesario esta dado por:

$$Ec (4) \frac{\text{Energía de Operación}}{\text{Operación}} = (\text{pérdida total} \times \text{extracción} + \text{Lb de metal/Hr} \times \text{calor especif. mel.} \times \text{eleroconde temp.})$$

$$e_0 = Q_{ne} \quad \{ L5m / Hr \times Cesp \times At \}$$

Considerando los diferentes baños que requieran control de temp., y tomando las temperaturas máxima a las que deben operar, se tiene que:

CASO	No. DE TINAS	CONTENIDO	ELEVACION DE TEMPERATURA
1 ^o		Desengrase químico	20 - 80°C = 68 - 176°F
		Desengrase electrocítico	
2 ^o		Cobre Alcalino	20 - 72°C = 68 - 162°F
3 ^o		Niquel Mate	20 - 70°C = 68 - 158°F
4 ^o		Cromo	20 - 50°C = 68 - 122°F

NOTA:

A) En la línea de producción existen dos tinas de Niquel Mate, los cuales habrá que calentar, pero solo recibirá la mitad de la producción del día, razón por la cual la remoción de calor por el me tal que se procesará será lo que se tendría si fuese una sola tina.

En el 1er caso se tiene AT (176-68):

$$\text{Ec (1)} \quad Q_5 = 2152 = t^2 \times 1400 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr. Ft}^2} = 30,128 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \times 2.4 = 72,307 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$\text{Ec (2)} \quad Q_p = 60.18 = t^2 \times 240 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr. Ft}^2} = 14,443 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \quad 14,443 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$Q_{t5} = 44,571 \text{ BTU/Hr} \quad Q_{tp} = 86,750 \text{ BTU/Hr}$$

Donde:

Q_{ts} = Pérdida total
en aire tranquilo

Q_{tp} = Pérdida total
por extracción

$$\text{Ec (3)} \quad Q_c = \frac{56.5 = t^3 \times 62.4 \times (176 - 68^\circ\text{F})}{1 \text{ Hrs.}} = \frac{44,571 \text{ BTU} / \text{Hr}}{1 \text{ hr} \times 2} = 403,050 \text{ BTU} / \text{Hr.}$$

Donde:

Q_c = Energía de calentamiento.

$$\text{Ec (4)} \quad Q_o = 14443 \text{ BTU/Hr} = [9.072 \text{ Lb/Hr} \times 0.11 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}^\circ\text{F}} \times (176-68^\circ\text{F})] = 14,551 \text{ BTU/Hr.} \quad \text{ENERGIA DE OPERACION}$$

20,992 -

* MULTIPLICANDO POR NUMERO DE TINAS

$$Q_c = 403,050 \text{ BTU/Hr} \times 2 \text{ tinas} = 806,101 \text{ BTU/Hr.}$$

$$Q_o = 20,992 \text{ BTU/Hr} \times 2 \text{ tinas} = 41,984$$

EN EL 2º CASO SE TIENE AT (68 - 162°F)

$$\text{Ec (1)} \quad Q_5 = 2152 = t^2 \times 1400 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr.Ft}^2} = 30,128 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \times 2.4 = 72,307 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$\text{Ec (2)} \quad Q_p = 60.18 + t^2 \times 200 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr Ft}^2} = 12,036 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$Q_{t5} = 42,164 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \quad Q_{tp} = 84,343 \text{ BTU/Hr.}$$

$$\text{Ec (3)} \quad Q_c = \frac{56.5 \text{ Ft}^3 \times 62.4 \text{ Lb/Ft}^3 [162-68]}{1 \text{ H1}} + \frac{42,164}{1 \times 2} = 331,427 \text{ BTU/Hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Ec (4)} \quad Q_o &= 84,347 \text{ BTU/Hr} + [9.072 \text{ Lb/Hr} \times 0.11 \frac{\text{BTU}}{\text{LB}^\circ\text{F}} \times (162-68^\circ\text{F})] \\ &= 90,047 - \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$Q_c = 331,427 \text{ BTU/H1} \times 1 \text{ tina} = 331427 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_o = 90,047 \text{ BTU/H1} \times 1 \text{ tina} = 90,047 \text{ BTU/Hr}$$

EN EL 3º CASO SE TIENE AT (158 - 68°F)

$$\text{Ec (1)} \quad Q_5 = 21.52 \text{ Ft}^2 \times \frac{1400 \text{ BTU}}{\text{Hr Ft}^2} = 30,128 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \times 2.4 = 72,307 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$\text{ec (2)} \quad Q_p = 60.18 \text{ Ft}^2 \times \frac{200 \text{ BTU}}{\text{Hr Ft}^2} = 12,036 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$Q_{t5} = 42,164 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \quad Q_{tp} = 84,343 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$\text{Ec (3)} \quad Q_c = \frac{56.5 \text{ Ft}^3 \times 62.4 \text{ Lb/Ft}^3 [158-68^\circ\text{F}]}{1 \text{ H1}} + \frac{42,164}{1 \times 2} = 338,386 \text{ BTU/Hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Ec (4)} \quad Q_o &= 84.343 \text{ BTU/Hr} + [551.25 \text{ Lb/Hr} \times 0.11 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \times (158-68)] = \\ &= 5541.7 \text{ BTU/Hr} \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$Q_c = 339,386 \text{ BTU/Hr} \times (3 \text{ tinas}) = 1,015,158 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_o = 174 (3 \text{ tinas}) = 16,625$$

EN EL 4º CASO TENEMOS AT [122 - 68°F] AT = 54°F

$$\text{Ec (1)} \quad Q_5 = 2152 \text{ Ft}^2 \times \frac{120 \text{ BTU}}{\text{Hr Ft}^2} = 30.128 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} \times 2.4 = 72,307 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$\text{Ec (2)} \quad Q_p = 60.18 \text{ Ft}^2 \times \frac{120 \text{ BTU}}{\text{Hr Ft}^2} = 7.222 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_{t5} = 37,350 \text{ BTU/Hr} \quad Q_{tp} = 79,529 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Ec (3)} \quad Q_p = \frac{56.5 \text{ Ft}^3 \times 62.4 \text{ Lb/tt}^3 \times 54^\circ\text{F}}{1 \text{ HI}} + \frac{37350}{2} = 209,057 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Ec (4)} \quad Q_o = 79,529 \text{ BTU/Hr} + [9.072 \text{ Lb/Hr} \times 0.11 \frac{\text{BTU}}{\text{Lb}^\circ\text{F}} \times 54^\circ\text{F}] = 82,803 \text{ BTU/Hr}$$

Por lo tanto:

$$Q_p = 209,057 \text{ BTU/Hr} (1 \text{ tina}) = 209,057 \text{ BTU/Hr}$$

$$Q_o = 82,803 \text{ BTU/Hr} (1 \text{ tina}) = 82,803 \text{ BTU/Hr}$$

Considerando la energía total requerida en nuestra planta, tenemos:

$$\text{Energía calorífica total de calentamiento} = 2,361,743 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Energía total requerida durante la operación} = 231,459 \text{ BTU/Hr}$$

$$P = 20 \text{ Lb/plg}^2 \quad (\text{manométrica})$$
$$= 34 \text{ Lb/plg}^2 \quad (\text{absolutas})$$

A esa presión y de acuerdo a tablas de vapor, se tiene que para vapor saturado.

$$T = 257.6^\circ\text{F}$$

$$V \text{ esp} = 12.22 \text{ ft}^3/\text{Lb}$$

$$h = 1167.2 \text{ BTU/Lb} \quad (\text{entalpia})$$

De acuerdo a las consideraciones anteriores, se tiene para el vapor

$$\text{Gasto} = \frac{\text{Energía calorífica}}{\text{Entalpia}} = \frac{2361743 \text{ BTU/Hr}}{1167.2 \text{ BTU/Lb}} = 2,023.426 \frac{\text{Lb Vap.}}{\text{Hr}}$$

$$\text{GASTO} + \frac{2,023.43 \text{ Lb Vap}}{\text{HI}}$$

Para la selección de la caldera se tiene que la potencia de la misma está dado por 1 BHP (caballo caldera) = 33,500 BTU/Hr y como requerimos 2,361,743 BTU/Hr, necesitamos 70.5 CABALLOS CALDERA y considerando -- una eficiencia de 80%, se requiere 85 caballos caldera

CALDERAS:

Para poder seleccionar el tipo de caldera, es necesario saber que existen varios tipos:

- a).- Calderas de hierro fundido.
- b).- Calderas de acero con tubos de humo.
- c).- Calderas de acero con tubos de agua.

Las calderas de hierro fundido pueden ser de forma rectangular con secciones verticales, o circulares con secciones horizontales y suelen -- trabajar a unas presiones límites de $p = 1 \text{ kg/cm}^2$ para el vapor, razón -- por la cual nos limita su selección, ya que nosotros requerimos a una -- $p = 1.4 \text{ kg/cm}^2$ de vapor, mientras que las calderas de acero con tubos de -- humo trabajan con presiones de hasta 17 kg/cm^2) y las de tubos de agua con presiones de hasta 60 kg/cm^2 . En las calderas de acero de tubos de humo, los gases de la combustión pasan por el interior de unos tubos rodeados -- de agua circulante, y en las calderas de tubos de agua, los gases circulan alrededor de los tubos por los que circula el agua, pudiendo ser los -- combustibles para ambas, gas oil, fuel gas o una combinación de éstos, -- aunque a las de tubos de agua puede adaptárseles para combustibles sólidos.

Las calderas de tubos de humo, son unidades compactas y relativamente baratas, si se comparan con las equivalentes de agua. El proyecto -- y la construcción de una caldera de tubos de humo, están sometidos a límites muy definidos en cuanto a las dimensiones en que pueden adaptarse. -- Prácticamente los límites de tamaño y presión, derivan del hecho de que -- todo el proceso de fabricación de vapor, se produce en el interior de un -- recipiente. Como la resistencia a la ruptura de este recipiente es proporcional al producto de la presión por el diámetro, si las presiones y -- diámetros son grandes, los espesores del recipiente llegan a ser prohibitivos.

Las calderas de tubos de humo, pueden almacenar más cantidad de -- agua y por este motivo, las fluctuaciones de la demanda de vapor producen pequeños cambios de presión. Como contienen una gran cantidad de agua, --

hace falta más tiempo de encendido para que la caldera alcance la presión de funcionamiento. Su capacidad de sobrecarga está limitada y la temperatura de salida del gas aumenta rápidamente al incrementarse la salida. -- Tanto si trabaja con quemador de gas, como si funcionan con combustible líquido, el rendimiento de la caldera es de 80% dentro de un margen de -- variación de carga, bastante amplio y de 60 a 75% los que trabajan con -- carbón o leña.

El empleo de los tubos de humo no es muy adecuado para el tipo de instalación que produce mucho hollín; sin embargo, con diámetros de tubo relativamente grandes en relación con las calderas de tubos de agua, y -- con los productos de la combustión depositados en el interior de los mismos, la velocidad de salida del gas tiende a producir una acción de barrido, que mantiene la superficie del tubo relativamente libre de depósitos de la combustión. La superficie del tubo en contacto con los humos, requiere una limpieza periódica, cuya frecuencia depende del tipo del combustible utilizado y de la limpieza con que se realiza la combustión.

Las calderas de tubos de agua, tienen una superficie de calentamiento compacta y de gran rendimiento, combinado las superficies en contacto con el agua y las de convección; las paredes del agua recogen la mayor -- parte del calor expuestas a la radiación calorífica, por lo tanto la -- transmisión de calor a través de las paredes de agua es muy grande. En -- casi todas las calderas, el cilindro se coloca de modo que su eje longitudinal, sea paralelo al eje del hogar. Prácticamente todas las calderas de tubos de agua, están provistas de sopladores de hollín, o de medios para adaptarlos con facilidad, y por lo general suelen ser de barrido por vapor.

Considerando que las capacidades de calderas de acero de tubos de agua, suelen empezar en donde terminan las de tubos de humo, lo cual sería fuera de toda proporción para nuestro proyecto, así como el factor económico, seleccionaremos calderas de acero con tubos de humo.

V.4 SISTEMAS DE AGITACION

En procesos de electrorecubrimiento, la agitación, tiene como propósito el remover frecuentemente la película catódica (y en algunos casos la película anódica), disminuyendo de este modo la polarización, permitiendo el uso de densidades de corriente mayores, con lo cual se puede lograr el depósito de granos más finos a velocidades mayores, es decir intenta colaborar a hacer más eficiente el proceso. En operaciones de desengrase, la agitación ayuda a separar las partículas sucias o de grasa disuelta de las piezas y asegura el contacto con soluciones frescas. En los enjuagues, la agitación evita el exceso de concentraciones de arrastre en cualquier punto del enjuague, minimizando el flujo de agua requerida en el mismo. La agitación es usada también en tanques muy profundos para evitar la estratificación y mantener un nivel uniforme de la concentración de la solución a través de ellos.

En procesos galvánicos existen varios tipos de agitación, a saber:

- V.4.1 Agitación por aire.
- V.4.2 Circulación de la solución.
- V.4.3 Agitación de las barras.

V.4.1 AGITACION POR AIRE.

En procesos de electrorecubrimiento, este tipo de agitación por aire es ampliamente usado. Para la agitación se prefiere utilizar aire de un soplador a baja presión, ya que en esta forma las soluciones son mínimamente contaminadas de polvo y aceite, lo cual no es posible lograr con el aire suministrado por un compresor, aunque de cualquier manera se recomienda instalar filtros de aire libres de aceite en la línea de entrada al soplador, colocado donde pueda tomar solo aire limpio, y en ocasiones a la salida del mismo, para mantener al mínimo la contaminación del aire.

V.4.2. CIRCULACION DE LA SOLUCION.

La agitación de la solución por medio de la circulación de la misma, se logra a través de una bomba. Este procedimiento de agitación es muy poco utilizado, debido a que existe peligro de efectos de golpes indeseables y el grado de agitación obtenido, es de ordinario muy pequeño, y no tan efectivo como los otros medios, aunque comunmente esta agitación va ligada a la operación de filtrado, la cual es importante si se quiere evitar la presencia de sólidos en los baños y con esto, eliminar la rugosidad de la película.

V.4.3 AGITACION DE LAS BARRAS.

Este tipo de agitación de la solución es de uso frecuente en los tanques de electrorecubrimiento. La barra ó barras cátodo se montan sobre rodillos y son movidos en forma alternada por medio de un motor y una leva a velocidades que oscilan entre 6 y 20 pies/min.

El contacto eléctrico con la barra se hace por medio de cable flexible o cobre trenzado plano. La velocidad de agitación está limitada por:

- La imposibilidad para mantener un buen contacto sobre los soportes.
- Balanceo excesivo del soporte sobre la barra.

Una vez expuestos, aunque en forma breve, los tres tipos de agitación para procesos galvánicos, determinaremos utilizar aire como medio de agitación, y con objeto de seleccionar nuestro soplador, partiremos de los siguientes datos producto de la experiencia práctica:

- 1).- El aire tiene una mejor distribución a través de una tubería de $3/4''$ o $1''$ de diámetro, colocada de $1''$ a $3''$ del fondo del tanque y de $8''$ a $15''$ directamente bajo la pieza a electrorecubrir.
- 2).- Se recomienda volúmenes de aire de $2.5 \text{ pies}^3/\text{min}/\text{pie}^2$ de superfi-

cie para tanques de electrorecubrimiento y de 3 a 4 pies³/min/pie² de superficie para enjuagado y limpieza a una presión de entrega de 1 lb/plg² por cada 18 pulgadas de profundidad de la solución.

- 3).- Se perforan agujeros salteados (de 1/16" a 3/16" de diámetro) separados de 1 a 5 pulgadas a lo largo de dos líneas del centro sobre la parte interior del tubo y en un ángulo de 25° a 40° desde la vertical. Con esta disposición, el aire sale disparado hacia el fondo del tanque, proporcionando así, la agitación más eficiente.
- 4).- La tubería de abastecimiento deberá tener una sección transversal interior de entre 1 y 1 1/2 veces el área total de agujeros.

En función de las consideraciones anteriores, calcularemos las necesidades de aire para la agitación de las soluciones de nuestra planta.

- Baños de el electrorecubrimiento: 2.5 pies³/min/pie² de superficie, siendo el área de superficie de todas las tinas igual a 70 pies², por lo tanto:
Gasto = 40 pies² X 2.5 pies³/min/pie² = 100 pies³/min x 7 tinas que requieren de agitación = 700 pies³/min a una presión de 3 lb/plg².
- Baños de limpieza y enjuague: 4 pies³/min/pie² de superficie por lo tanto:
Gasto = 40 pies² x 4.0 pies³/min/pie² = 160 pies³/min x 6 tinas que requieren esta agitación = 960 pies³/min a una presión de 3 lb/plg²

Por lo tanto las necesidades de aire de nuestra planta serán de 1660 pies³/min a una presión de 3 lb/plg² a temperatura ambiente. Para conocer la presión estática en plg columna Hg se tiene:

$$\text{Presión} = 3 \text{ lb/plg}^2 \times 2.036 \text{ plg Hg} = 6.1 \text{ plg Hg}$$

Ahora bien, la capacidad de los sopladores varía según el tamaño del mismo de acuerdo a la siguiente tabla (en rangos de presión de 1 a 20 plg Hg):

TAMARO	VELOCIDAD MAXIMA RPM	CAPACIDAD pies ³ /min
17	4900	270 - 1710
21	4100	400 - 2560
25	3300	550 - 3550
30	2750	800 - 5000
35	2375	1100 - 7100
40	2030	1400 - 8600
45	1825	1800 - 11400

Por lo tanto, seleccionaremos un soplador tamaño 21 el cual tiene las siguientes características: Diámetro de aspa 14.75 plgs, área de salida 0.403 pies², área de entrada 0.445 pies², y se requiere de un motor de 3.24 BHP a 2620 RPM con una velocidad de salida del aire a 4110 pies/min. Por lo tanto, nuestro motor será de 3.24 BHP x 0.770 = 2.5 HP, y como --- comercialmente no existen este tipo de motores, instalaremos uno de 3.0 - HP.

DIAMETRO	CALIBRE	ESPESOR DE LA LAMINA EN PULG.
Hasta - 8" ϕ	22	0.0306
de 8" a 18" ϕ	20	0.0368
de 18" a 30" ϕ	18	0.0490
más de 30" ϕ	16	0.0613

Y para la construcción deberán respetarse las siguientes normas:

- 1).- Los codos y ángulos deberán ser mínimo dos veces más gruesos que - el calibre utilizado para tramos rectos del mismo diámetro.
- 2).- La tubería se construirá con material nuevo, manteniendo las superficies interiores tersas y libres de obstrucciones, y haciendo las uniones herméticas por medio de soldadura.
- 3).- Las costuras de los ductos longitudinales, se traslaparán, y se - remacharán o soldarán por puntos cada 3 pulgadas.
- 4).- Las uniones se traslaparán en dirección del flujo del aire, usando

un traslape de una pulgada para ductos de hasta 19 pulgadas de diámetro y traslape de 1 1/4 pulgadas para diámetros mayores.

- 5).- Siempre que sea posible, se utilizarán radios grandes en los codos. El radio recomendable a la línea de centros, es de 2.5 veces el diámetro del tubo, pero no menor de 1.5 veces dicho diámetro, con al menos, cinco secciones para codos de 90° hasta 6 pulgadas de diámetro, y al menos, siete secciones para diámetros mayores.
- 6).- Se emplearán secciones cónicas para lograr cambios en el diámetro de la tubería, con una longitud de la conicidad no menor de 5 pulgadas por cada pulgada de cambio en el diámetro del ducto.
- 7).- Se conectarán las ramificaciones del ducto principal en los lados o en la parte superior, no en el fondo, y de preferencia, cerca del extremo pequeño de la sección cónica de transición y a un ángulo no mayor de 45°, de preferencia 30° o menos. No se permitirá el conectar dos ramificaciones en un mismo punto, aunque estén diametralmente opuestas.
- 8).- Se usarán ductos redondos, de preferencia a los cuadrados o rectangulares.
- 9).- Se proveerán medios de limpieza cada 12 pies y cerca de las curvas y uniones.
- 10).- Se dejarán claros de mínimo 6 pulgadas entre los ductos y el piso, pared o techo, y se soportará la ductería a intervalos de 12 pies en ductos de 8 pulgadas o menores, y cada 20 pies en ductos de 8 - pulgadas o más de diámetro.
- 11).- Se instalarán válvulas de mariposa con medios de sujeción que servirán como medio para poder balancear el flujo de aire del sistema.
- 12).- La conexión entre la ductería y el soplador, se hará por medio de una abrazadera flexible no menor de 5 pulgadas de ancho, y no mayor el diámetro del ducto.

V.5 REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA

En función del proceso de nuestra planta cromadora, es necesario - el disponer tanto de fuentes de energía eléctrica de corriente alterna -- como de energía eléctrica de corriente continua.

La energía eléctrica de corriente alterna la obtendremos directamente de la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica, y por la ubicación geográfica de nuestra planta, es la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A.

La energía eléctrica de corriente continua, la convertiremos internamente en nuestra planta a través de máquinas convertidoras, que pueden ser máquinas dinámicas o máquinas estáticas.

V.5.1 REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA DE CORRIENTE CONTINUA.

MAQUINAS CONVERTIDORAS DE CORRIENTE

DINAMICAS: Motogeneradores

ESTATICAS: Rectificadores

Los motogeneradores constan de un generador de corriente continua en derivación, con capacidades de corriente de 500 a 20 000 amperes y voltajes de 6 a 50 volts, accionado por un motor de corriente alterna y una excitatriz de corriente continua.

Los rectificadores consisten de un transformador cuyo primario se alimenta con corriente alterna, a la tensión de suministro, y cuyo secundario suministra corriente alterna a bajo voltaje, y por el rectificador propiamente dicho, que no deja pasar la corriente alterna, si no en un sentido; es decir que su resistencia al flujo de corriente en una dirección, es mejor que su resistencia al flujo de corriente en la otra.

Para poder seleccionar el equipo apropiado, comparemos las características de estos tipos de máquinas:

- a) Eficiencia de conversión.-
- Unidades rectificadoras : 70 a 85% a plena carga
- Motores-generadores : 65 a 70% en promedio.
- b) Eficiencia contra carga.-
- Unidades rectificadoras : Eficiencia de conversión mantenida - sobre una amplia zona de cargas.
- Motores generadores : Eficiencia de conversión baja, a cargas - reducidas.
- c) Factor de potencia.-
- Unidades rectificadoras : 0.82 a 0.96
- Motores generadores : Máximo 0.8, por lo cual es necesario instalar capacitores para corregir el bajo factor de potencia.
- d) Variación de voltaje._
Tanto para el tipo de unidad rectificadora como para el motor generador, los rangos de variación de voltaje son satisfactorios para los procesos comerciales que realicen acabado electrolítico de los metales.
- e) Sobrecarga.-
- Unidades rectificadoras: No deben ser sobrecargadas por más de - unos minutos.
- Motores generadores : Soportan con mayor facilidad una sobrecarga y las protecciones térmicas de los mismos evitan que el motor se pueda quemar.
- f) Facilidad de control.- Casi la misma para los dos tipos.
- g) Flexibilidad.-
Tanto en "flexibilidad física" como en "flexibilidad eléctrica". - Las unidades rectificadoras son muy superiores a los motores generadores. La simplicidad de la instalación y la facilidad de transferencia agilizan los cambios físicos en el diseño de la planta. - Eléctricamente, las unidades rectificadoras pueden trabajarse con_

facilidad en paralelo para aumentar la capacidad de corriente o en serie para aumentar el voltaje. Se dispone de unidades de salida doble, tanto en la forma de unidades rectificadoras, como en la de motores generadores, pero las unidades rectificadoras pueden -- conseguirse también con tres, cuatro o más salidas múltiples.

Del análisis anterior, observamos que es ampliamente recomendable utilizar unidades rectificadoras en los procesos de electrodeposición.

Existen tres puntos importantes para la selección de la unidad rectificadora:

- a).- Tipo de elemento rectificador.- Selenio ó Silicio
- b).- Tipo de control.- regulado (automático) ó sin regular (manual)
- c).- Tipo de ventilación.- Enfriado por agua o enfriado por aire.

Tipo de elemento rectificador.

Selenio

Los rectificadores de selenio consisten de apilamientos de este material, obteniendo bajos costos de rectificación, en instalaciones cuyo voltaje sea menor de 15 volts.

Es un semiconductor del tipo de placa metálica electricamente resistente, soportando sobrecargas momentáneas y altos voltajes transitorios, siendo la eficiencia de poder de conversión del selenio, igual al silicio en cargas de 6 a 12 volts.

En general, los rectificadores de selenio tienen más aceptación en unidades que tengan transformador en derivación, ya que se oponen a los shocks voltáicos que ocurren cuando se cambia de una derivación a la otra, sin el uso de capacitores o sin abrir el circuito.

Silice:

Los diodos de silice son un elemento de cristal rectificador herméticamente sellado. A 15 volts ó más, la eficiencia de los rectificadores

de silicio, es aproximadamente 5% mayor que los de selenio. Los diodos son muy compactos, lo cual significa densidades de corriente extremadamente altas, en la pequeña área donde se produce la rectificación. Cualquier sobrecarga, aún de tipo transitorio, se traduce en una casi instantánea elevación de temperatura en el área de rectificación, y debido a que este exceso de calor no puede ser disipado con la suficiente rapidez, se presenta una falla casi instantánea. Los diodos de silicio pueden fallar en periodos de tiempo medidos en milésima de segundo, y los dispositivos protectores normales, tales como interruptor de circuito, fusibles ordinarios y relevadores térmicos de sobrecarga son excesivamente lentos para ser útiles. El único dispositivo práctico para proteger al rectificador contra sobrecargas de corriente es el fusible limitador de corriente de alta velocidad.

Los diodos de silicio deben ser protegidos también contra los altos voltajes transitorios, que se presentan por cualquier causa dentro de la unidad o fuera de ella, por ejemplo, desconexiones transitorias de las líneas de suministro de energía en corriente alterna, ya que, aunque estas perturbaciones son del tipo de energía baja y no tienen efecto sobre los elementos de selenio, pueden destruir los diodos de silicio. En las unidades de silicio diseñadas correctamente, tales perturbaciones transitorias, son absorbidas por condensadores o redes de condensadores-resistencias.

Actualmente, para 25 volts de corriente continua o menos, el selenio es la elección óptima para unidades rectificadoras de corriente elevada en el acabado de los metales. A unos 100 volts o más, siempre que la corriente no exceda los 1000 amperes, el silicio es la selección adecuada.

Tipos de control.-

a).- Con regulación (automáticos). Los controles automáticos son autoajustables, por lo que para mantener una corriente de salida fluctuante, no se necesita un ajuste manual. El voltaje puede ser estabilizado por sistemas de control automáticos. Algunas aplicaciones requieren abastecimiento de corriente sin fluctuaciones. Se puede disponer de contro-

les automáticos de corriente constante los cuales ajustan automáticamente el voltaje para mantener estable una condición de corriente preestablecida.

La eliminación de ajustes manuales reduce rechazos por un depósito pobre, reduce desperdicios por depósitos excedidos y reduce la mano de obra.

b).- Sin regular [manuales]: Este tipo de control provee un ajuste del voltaje de salida a un nivel deseado, por lo tanto, el voltaje permanece a ese nivel solamente si la salida de corriente del rectificador no cambia. La selección se puede hacer por medio de un autotransformador continuo variable o por derivaciones.

Los rectificadores con taps o con autotransformadores, normalmente tienen 22 ó 44 niveles de voltaje a seleccionar desde aproximadamente 20% del rango del voltaje. Para un rectificador de 12 volts, los pasos son - cada 1/2 volt ó 1/4 de volt.

Tipos de ventilación.-

La atmósfera del área de trabajo, a menos que esté bien ventilada, daña aceleradamente muchas partes del rectificador. Para una larga vida de operación y un mínimo de gastos de mantenimiento, debe tenerse cuidado en la selección del medio de enfriamiento a utilizar.

Enfriamiento por aire: Los rectificadores con enfriamiento por aire, son los más comúnmente empleados, debido a su bajo costo. El aire es el medio de enfriamiento más abundante y predecible. Debe ser suministrado aire limpio y libre de gases corrosivos, ya sea por medio de un ducto de aire o colocando la unidad rectificadora en un cuarto fuera del área del trabajo.

Enfriamiento por agua: Los rectificadores enfriados por agua son totalmente sellados y tienen un intercambiador de calor de aire-agua para enfriarlo. El aire es recirculado a través del intercambiador de calor por medio de ventiladores o sopladores. Los rectificadores de este tipo

se pueden localizar en atmósferas altamente corrosivas, sin que sufran daño sus partes eléctricas.

Para nuestra planta, es conveniente que utilicemos rectificadores de selenio, automáticos, con enfriamiento por aire. Para conocer el número de rectificadores necesarios para satisfacer nuestros requerimientos, calcularemos la densidad de corriente demandada por los diferentes baños electroлитicos considerando que el área efectiva a electrorecubrir de cada pieza, es de 20 dm² por 12 piezas y tomando en cuenta la tabla No. V.4, que nos muestran las diferentes capacidades de los rectificadores comerciales.

Capacidad en Amperes a 6 ó 9 volts *	Area aproximada del banco ó del piso	Altura aproximada	Peso neto aproximado
(Amps)	(m ²)	(m)	(Kg.)
100	0.209	0.711	84
300	0.209	0.940	136
500	0.278	1.066	181
1500	0.278	1.778	454
2000	0.395	1.778	687
3000	0.557	2.057	908
4000	0.557	2.057	1135
5000	0.697	2.057	1362
6000	0.697	2.057	1634

TABLA V.4

* Las unidades de 12 volts. en el gabinete del mismo tamaño o en el del tamaño próximo mayor.

	Voltaje de Operación Volts.	Densidad de Corriente Amp/dm ²	Area Efectiva dm ²	Densidad de corriente requerida Amp	Capacidad Rectificador a instalarse Amp	Intensidad de Corriente a la salida del Rectifi- cador N=80%
Desengrase electrolítico	12	3.5	283.2	991.2	1,500	1,200
Cobre Alcalino	6	4.3	283.2	1217.7	3,000	2,400
Cobre Acido	6	3.86	283.2	1093.1		
Níquel Mate (3 Tinis)	12	5.38	283.2x3	4510.8	6,000	4,800
Níquel Brillante (2 Tinis)	12	5.38	283.2x2	3047.2	4,000	3,200
Cromo	12	15.0	283.2	4248.0	6,000	4,800
Descromado	12	15.0	283.2	4248.0	6,000	4,800

+ Se utilizará el mismo rectificador que para el cromo por operar en condiciones extraordinarias.

TABLA V.5.

La conexión de un rectificador se puede hacer, ya sea en paralelo o en serie. Siendo el más empleado el montaje en paralelo, en el cual -- todos los ánodos se hallan directamente conectados al polo positivo del rectificador y todos los cátodos al negativo.

En este sistema, cada baño es independiente y la corriente que pasa por cada tina estará en función de su resistencia mientras que en el montaje en serie, los ánodos de una tina se conectan a los cátodos del baño siguiente y así sucesivamente. Por lo tanto, la totalidad de la corriente pasa por la suma de las resistencias de las mismas. (Ver figura V.5. - adjunta).

Para el cálculo de las barras conductoras, y considerando que son - barras de cobre, se tiene que la máxima densidad de corriente susceptible de conducirse es de 1000 amperes/pulg.² y tomando en cuenta que la caída máxima de tensión que se permite en la línea es de 3%. Por lo tanto el - tamaño de las barras de cobre conductoras para una densidad de corriente - requerida, depende de la longitud total de recorrido desde el rectificador hasta la tina correspondiente y de la caída de voltaje permisible en la barra conductora. Se tiene que para barras de cobre se aplica la fórmula siguiente:

$$A = 9.03 \times 10^{-6} \frac{LI}{E}$$

Donde:

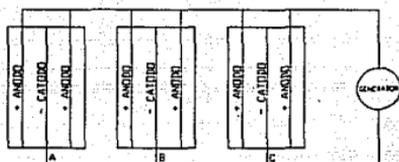
A= Área transversal de la barra conductora, en pulg.²

I= Intensidad de corriente en amperes

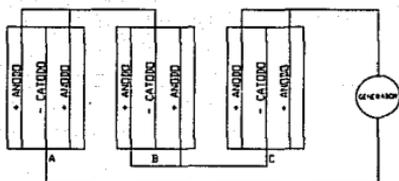
L= Longitud total de la barra en pies

E= Caída de tensión permisible en volts.

Caso 1.- Desengrase electrolítico.- En Este proceso el rectificador seleccionado es de una salida de 1500 amperes y 12 volts. La densidad de corriente para Este baño es de 991.2 amperes efectivos; La distancia entre el rectificador y la tina es de 11.0 metros, por lo tanto:



MONTAJE EN SERIE DE CUBAS DE ELECTROLISIS



MONTAJE EN PARALELO DE CUBAS DE ELECTROLISIS

FIGURA V.5

$$A = 9.03 \times 10^{-6} \times \frac{36 \text{ pies} \times 991.2 \text{ amperes}}{0.36 \text{ Volts}} = 0.89 \text{ pulg.}^2$$

Para lograr la sección transversal calculada, seleccionamos una solera de cobre de 0.25 x 4 pulgadas cada una para su alimentación.

Caso 2.- Cobre alcalino.- Para este proceso el baño estará conectado a un rectificador de 3000 amperes de capacidad. El baño de cobre alcalino estará ubicado a una distancia de 5.5 metros del rectificador, por lo tanto:

$$A = 9.03 \times 10^{-6} \times \frac{18 \text{ pies} \times 1217.7 \text{ amperes}}{0.18 \text{ Volts}} = 1.09 \text{ pulg.}^2$$

Se determina instalar dos soleras de cobre de 0.25 x 3 pulgadas cada una en su alimentación.

Caso 3.- Níquel brillante.- Un solo rectificador de 4000 amperes - alimentará el baño, se tiene una distancia aproximada de 3.75 metros entre el rectificador y las tinas.

$$A = 0.03 \times 10^{-6} \times \frac{12.3 \text{ pies} \times 1523.6 \text{ amp.}}{0.36 \text{ Volts}} = 0.47 \text{ pulg.}^2$$

Tomando en cuenta la misma observación anterior respecto a la máxima corriente susceptible de conducirse en barras de cobre por lo tanto se instalarán 2 barras de solera de cobre de 0.25 x 3 pulgadas de sección transversal.

Caso 4.- Cromo y Descromado.- Un sólo rectificador alimentará ambos baños pero no al mismo tiempo, ya que el descromado se efectúa en joradas no normales. Considerando que el baño de descromado es el que se ubica más alejado del rectificador, a una distancia de 17 m., se tiene:

$$A = 9.03 \times 10^{-6} \times \frac{55.7 \text{ pies} \times 4248 \text{ amperes}}{0.36 \text{ Volts}} = 5.93 \text{ pulg.}^2$$

Para este proceso instalaremos 6 soleras de cobre de 0.25 x 4 pulgadas de sección transversal.

Ya calculadas las soleras de cobre alimentadoras de cada tina, es conveniente enunciar los cuidados que se requieren en la fase de instalación de las mismas.

- 1.- Se deberá dejar un espaciamiento entre barras conductoras igual al espesor de las mismas, para facilitar el enfriamiento de las barras.
- 2.- Las uniones de las barras de cobre deberán tener una superficie de contacto de cuando menos el ancho de la barra.
- 3.- Las superficies de contacto se deberán limpiar y limar para eliminar la suciedad, las rebabas y rugosidades y finalmente se las acaba con papel abrasivo. Normalmente, tales superficies no serán lo suficientemente tersas para efectuar un contacto eléctrico perfecto, para corregir esta situación se colocarán láminas de plomo (0.008 a 0.010 pulgadas de espesor) entre cada par de superficies de contacto. Esto funciona como un cojín de metal y proporciona resistencias de contacto muy bajas cuando se aprietan las bridas.
- 4.- Los bordes en las uniones deberán ser recubiertos con pintura resistente a los ácidos.
- 5.- Las uniones de las barras deben ser atornilladas o con bridas, son más prácticas las bridas cuando se tienen que unir un gran número de barras. (Ver figura V.6)
- 6.- Deberán colocarse juntas de expansión en secciones de barra de gran longitud, de 17 a 25 m.
- 7.- Las barras que trabajen como ánodo, deberán ser de sección rectangular y se colocarán de manera que los electrodos cuelguen libremente sin hacer contacto con las paredes del tanque (especialmente en tanques sin revestimiento) o serpentines calefactores.
- 8.- Todos los contactos entre las barras conductoras y las barras ánodo y cátodo deben ser efectivos y de superficie suficiente para evitar sobre-calentamientos por contactos falsos, para lo cual se deberán usar contactos del tipo de silla, como se muestran en las figuras adjuntas. (Ver figuras V.7 y V.8)

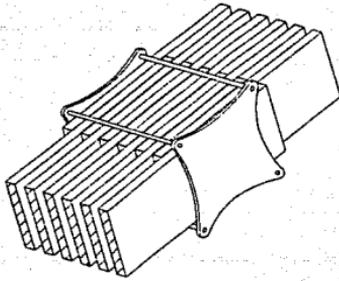


FIGURA V.6

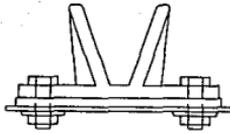


FIGURA V.7

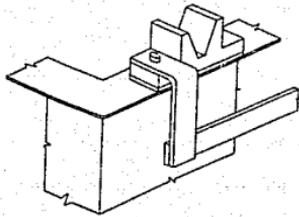


FIGURA V.8

V.5.2 REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA DE CORRIENTE ALTERNA.

El presente es un caso típico de instalación eléctrica tipo industrial, en el cual se trabaja con corriente alterna, trifásica 60 ciclos por segundo y que puede operar a 440/254 Volts ó 220/127 Volts.

Debido a que las cargas eléctricas y dimensiones de nuestro terreno no son muy grandes, hemos decidido que la tensión de utilización en nuestra red eléctrica sea de 220/127 Volts.

Para conocer nuestras necesidades de energía eléctrica, primeramente debemos determinar nuestra carga eléctrica instalada en la planta:

A.- RECTIFICADORES

Cantidad	Capacidad amp.	Voltaje de operación	Potencia KW
3	1500	12	54.0
1	3500	16	18.0
1	5000	6	<u>30.0</u>
			102.0 KW

B.- MOTORES

Descripción	Cantidad	Potencia Nominal	Total
Pulidoras	7	H.P. 5	H.P. 35
Bombas Filtrado	2	0.5	1
Soplador	4	3	12
Caldera y bombas	1	5	5
Compresoras	1	3	3
Extractores	10	1	10
Bombas de agua y combustible	2	1	<u>2</u>
			H.P. 68.0

Convirtiéndolos a KW mediante la siguiente fórmula

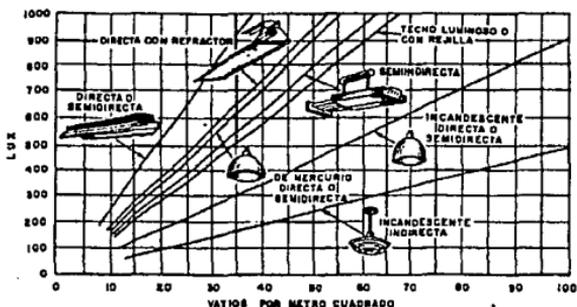
$$KW = \frac{H.P. \times 746}{\% \text{ e.f.} \times 1000}$$

$$KW = \frac{68 \times 746}{0.8 \times 1000} = 63.410 \text{ KW}$$

Alumbrado

Para establecer las cargas generales por el alumbrado en nuestra planta, consideramos los diferentes niveles de iluminación mínimos requeridos en las diversas áreas.

La siguiente gráfica V.4 nos muestra una indicación de la carga que se ha de preveer para un determinado nivel de iluminación.



GRAFICA V.4

Area	Nivel de iluminación (luxes)	Superficie m^2	Tipo de haz	Energía requerida Watt/m ²	Energía total KW
Nave industrial	300	1250	Fluorescente directa uso industrial	18	22.50
Oficinas	900	16	Fluorescente semidirecta	30	0.48
Zona de Inspección y laboratorio	500	32	Fluorescente directa	30	0.96
Áreas generales: baños, bodega, etc.	300	200	Fluorescente directa	18	3.60
				TOTAL	27.54 KW

Resumen de cargas

Zona	Energía consumida KW:
Rectificadores	102.000
Motores	63.410
Alumbrado	27.540
Varios	20.000
	<hr/>
	212.950 KW.

Va determinada la carga eléctrica a instalar en nuestra fábrica, - redondeando 215.0 KW, es importante seleccionar el tipo de servicio que - vamos a solicitar a la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica.

El servicio de energía eléctrica se nos puede proporcionar en Baja Tensión, 220/127 Volts, el cual se cobra mediante la denominada Tarifa 3. Con este tipo de servicio no se requiere invertir en una subestación propia pero tiene las siguientes desventajas:

- a) Deficiente regulación en el voltaje de suministro, debido a las sobre demandas transitorias en las líneas eléctricas, de transmisión.
- b) Interrupciones más frecuentes en el suministro de energía eléctrica.
- c) Restricciones técnicas por parte de la Cia. Suministradora de energía eléctrica, en caso de que se solicite un aumento de carga eléctrica.
- d) Mayor precio por la energía eléctrica consumida.

Para que se nos suministre el servicio de energía eléctrica en Alta Tensión, nuestra empresa deberá proveerse de una subestación eléctrica -- propia propia y transformar el voltaje de suministro el cual es en el Distrito Federal, Estado de México y zonas geográficas que aún pertenecen a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. de 23 000 Volts, por medio - de un transformador propio de la capacidad y relación de transformación - adecuados.

La adquisición de una subestación eléctrica tipo compacta interior, con transformador de 250 KVA, significa una inversión económica, con precios vigentes a esta fecha, de aproximadamente \$ 50'000,000.00.

Para justificar esta inversión monetaria, hagamos un análisis económico del precio del consumo de la energía eléctrica tanto en Tarifa 3 de baja tensión, como en Tarifa 8 de Alta Tensión para determinar el tiempo de amortización de la inversión monetaria.

Anteriormente calculamos nuestra carga eléctrica instalada, en -- 215.0 KW.

Considerando un factor de utilización del 80%, obtendremos nuestra demanda por contratar ante la Compañía Suministradora de energía eléctrica.

Demanda por contratar = Carga eléctrica instalada x Factor de utilización.

Demanda por contratar = Demanda Máxima = 215.0 x 0.8 = 172.0 KW.

Nuestra fábrica trabajará 3 turnos diarios, cada turno durante 24 días al mes.

Consumo mensual en KWH = KW x 24 horas x 24 días = 172.0 x 24 x 24 =
= 99072

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., calcula el precio del consumo mensual de energía eléctrica con las siguientes fórmulas:

TARIFA 3.- BAJA TENSION

T3 = \$ 33513.99 x Demanda Máxima + \$ 166.65 x Consumo

T3 = \$ 33513.99 x 172 KW + 166.65 x 99072 KWH.

T3 = \$ 22'274,755 + IVA

TARIFA 8.- ALTA TENSION

T8 = \$ 22413.48 x Demanda Máxima + \$ 112.11 x Consumo

T8 = \$ 22413.48 x 172 KW + 112.11 x 99072 KWH

T8 = \$ 14'962,080 X IVA

De los cálculos anteriores, obtenemos que si nuestra empresa adquiere una subestación eléctrica propia y se contrata en alta tensión el suministro de energía eléctrica con la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., se tendrá un ahorro mensual de \$ 7'312,675.

El precio de la subestación eléctrica se amortizará en:

$\frac{\$50'000,000.00}{7'312,675.00} = 6.84$ meses.

Financieramente es muy atractivo el tiempo de amortización de la subestación eléctrica y por consiguiente se decide la adquisición de la misma.

Para calcular la capacidad del transformador de nuestra subestación eléctrica, calculamos los KW reales de nuestra fábrica con la fórmula siguiente:

$$KW \text{ reales} = \frac{KW \text{ teóricos} \times \text{factor de demanda}}{\text{Factor de diversidad}}$$

Considerando un factor de diversidad de 1.1; un factor de demanda del 80% y los KW teóricos ya calculados de 212.950, obtenemos:

$$KW \text{ reales} = \frac{212.950 \times 0.8}{1.1} = 154.873$$

Para calcular los KVA requeridos en el transformador de nuestra subestación, consideraremos que el mínimo factor de potencia permisible es de 85%.

$$KVA = \frac{KW}{EP.} = \frac{154.873}{0.85} = 182.203$$

KVA = 182.203 = Capacidad de nuestro transformador.

Comercialmente los transformadores se fabrican en 200 KVA y 225 KVA, seleccionaremos un transformador de 225 KVA para estar preparados para futuras ampliaciones eléctricas que se requieran en nuestra planta.

Las características de la subestación eléctrica que adquiramos, serán las siguientes:

Subestación compacta alta tensión, para servicio interior, voltaje de operación 23 KV, fabricada con lámina de acero, rodada en frío, con pintura anticorrosiva y acabado esmalte, formada por las siguientes celdas:

- 1 Celda de medición; con espacio adecuado para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y para la colocación de una muña -- tripolar, con placas desmontables en un lado.
- 1 Cuchillas de paso; conteniendo una cuchilla trifásica, de operación en grupo sin carga y accionamiento manual.
- 1 Celda de seccionador; conteniendo un seccionador tripolar de carga, para interrumpir la corriente de servicio con 3 fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva, con disparo rápido contra corrientes de cortocircuito y contra operación monofásica o bifásica después de fundirse un fusible. En esta celda además deberán ir montados 3 apartarrazos conectados a un sistema con neutro a tierra.
- 1 Transformador de distribución trifásico, autoenfriado en aceite (OA), - de 225 KVA, 60 Hz, voltaje en el primario 23 KV conexión delta, con 4 derivaciones de 2.5 % cada una, 2 arriba y 2 abajo del voltaje nominal de alta tensión, voltaje en el secundario 220/127, conexión estrella, - sobreelevación de temperatura media 65°C/40°C, provisto con gargantas en alta y baja tensión.
- 1 Tablero de distribución de baja tensión construido con lámina de acero rolada en frío, ejecución interior, alimentación por un costado y salida por abajo con interruptores derivados trifásicos, kilowattmetro y transformadores de corriente.

Y a su vez se seguirán las siguientes normas para la instalación -- del sistema eléctrico.

1).- Las acometidas subterráneas en alta tensión serán recibidas en 4 ductos conduit de asbesto-cemento, de 76 mm. de diámetro en el parámetro de la banqueta y rematados en el interior de la planta, en un registro de concreto armado, localizado en el lugar donde se instalará la subestación, debajo del gabinete de medición.

2).- En el proyecto de baja tensión todas las tuberías que se empleen

en las instalaciones serán metálicas, rígidas de pared gruesa, galvanizadas, tipo roscado, excepto en instalaciones ocultas (alumbrado oficinas), que serán pared delgada esmaltada.

3).- Los conductores serán tipo THW, en alimentaciones y llevarán claramente impreso sobre el aislamiento la marca de fábrica y su calibre. Se usarán conductores con forro de diversos colores para facilitar su -- identificación al hacerse las conexiones.

4).- Se verificará el balanceo de cargas conectadas del alumbrado - o sistemas monofásicos a cada fase, en caso de desbalanceo, se debe alterar la conexión de circuitos cambiando las conexiones hasta lograr balancear las fases de modo que no exceda de un 5%.

5).- Las tuberías tendrán una sección adecuada para alojar los conductores en un máximo del 40% de su sección y de acuerdo a la siguiente - tabla: (Ver tabla V.6)

Las tuberías deberán ir separadas y protegidas de otras instalaciones tales como tuberías de agua, de vapor, líquidos inflamables, etc., para evitar posibles daños ocasionados por falla de alguna de estas líneas.

6).- Los radios interiores de las curvas de la tubería deberán de - estar de acuerdo con el diámetro de la misma, según la siguiente tabla: V.7

Diámetro del tubo	Radio interior de la curva
13 mm (1/2")	95 mm
19 mm (3/4")	126 mm
25 mm (1")	160 mm
32 mm (1-1/4")	210 mm
38 mm (1-1/2")	245 mm
51 mm (2")	315 mm
64 mm (2-1/2")	376 mm

TABLA V.7

FORRO DE PLASTILAC-Nº. DE CONDUCTORES POR TUBO CON LUIT-FACTOR DE RELLENO - 40%.						RESISTEN CIA POR KM A 25º OHMS.	PESO EN KG./KM.		CALIBRE NUM. AWG.	DIAM. EN N.M.	A R E A		
1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"		DESNUDO	FORRO DOBLE DE PLAS- TILAC DE ALGO- DON.			N.M.	N.M. ²	CIRCULAR MILS.
						0.0680	2256.0	2600	2520	500MCM	17.961	253.500	500000
						0.1140	1368.0	1600	1620	300MCM	13.912	152.100	300000
						0.1359	1125.0	1410	1380	250MCM	12.700	126.750	250000
						0.1608	955.0	1160	1100	0000	11.684	107.200	211600
						0.1698	893.0	1080	1010	200MCM	11.359	101.400	200000
						0.2028	757.0	890	850	000	10.405	85.030	167800
					3	0.2557	599.0	710	690	00	9.266	67.430	133100
						0.3221	477.0	575	555	0	8.254	53.480	105500
					3	0.4066	376.0	460	440	1	7.348	42.410	83690
					5	0.5127	298.0	358	360	2	6.544	33.630	66370
			3	5		0.6165	237.0	290	290	3	5.827	26.670	52630
			5	7		0.8152	188.0	232	235	4	5.189	21.150	41740
						1.0280	149.0		225	5	4.621	16.770	33100
						1.2960	118.0	156	145	6	4.115	13.300	26250
						1.6340	94.0			7	3.665	10.550	20018
		5	9	12	20	2.0610	74.4	96	92	8	3.264	8.366	16510
	5	9	15	27	37	2.6990	59.0	58	63	9	2.906	6.634	13093
					61	2.2770	46.8			10	2.588	5.261	10383
						4.1320	37.1			11	2.305	4.172	8234
						5.2110	29.5	39	44	12	2.053	3.309	6530
						6.5710	23.4			13	1.828	2.624	5176
						8.2850	18.5	26	29	14	1.628	2.081	4107
						10.4500	14.7			15	1.450	1.650	3257
						13.1700	11.7	17		16	1.291	1.309	2583
						16.6100	9.2			17	1.150	1.038	2048
						20.9500	7.3	11	16	18	1.024	0.823	1624

[TABLA V.6]

7).- La tubería de cualquier línea deberá ser continua y solamente registrable en cajas de conexiones, la distancia máxima entre éstas será de 20 m. en los tramos rectos y de 3 m. por cada curva de 90° que existe. El número de curvas por tramo será limitado por la suma de sus ángulos, - que en ningún caso podrá ser superior a 180°.

8).- Todos los conductores deberán ser continuos de caja a caja, - sin empalmes o conexiones dentro de la tubería.

9).- Todas las conexiones para conductores hasta calibre No. 8 irán soldadas y encintadas con cinta de hule, para conductores No. 6 ó mayores se usarán conectores.

10).- Se harán pruebas de resistencia de aislamiento, de acuerdo - con los valores mínimos dados a continuación:

CALIBRE DEL CONDUCTOR	RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO EN MEGOHMS (CONDUCTORES CON AISLAMIENTO PARA 600 V.)
Nº12 AWG o menores	1.0000
Nº10 AWG a Nº8 AWG	0.250
Nº6 AWG a Nº2 AWG	0.200
Nº1/0 AWG a 4/0 AWG	0.050
Nº250 MCM a 750 MC	0.025

TABLA V.8

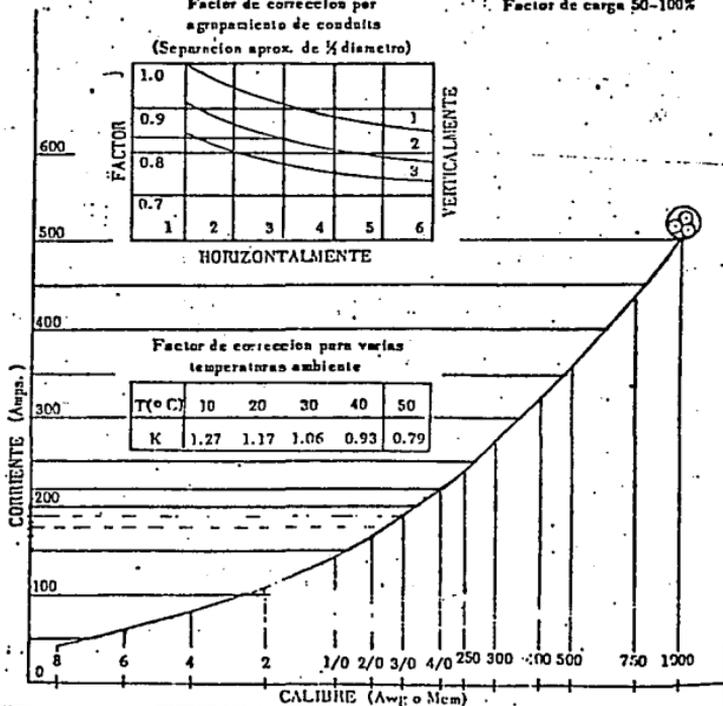
11).- La carga máxima permisible que a la que podrá someterse el - conductor se ajustará a la siguiente gráfica: V.6.

CORRIENTE ADMISIBLE EN CONDUIT METALICO

Temp. Aire Ambiente 35°C

Factor de correccion por agrupamiento de conductos
(Separacion aprox. de 1/4 diametro)

Factor de carga 50-100%



GRAFICA -V.6.

12).- La caída de voltaje desde la entrada de servicio hasta el último punto de la canalización, no deberá ser mayor de 4% para cargas de aparatos y motores y 3% para cargas de alumbrado.

13).- La protección de sobrecarga para los motores se hará mediante elementos térmicos en los arrancadores, los cuales a su vez serán del tipo magnético, voltaje pleno no reversible y protegiendo los circuitos de fuerza de sobrecargas y cortocircuitos por medio de interruptores moldeados o interruptores fusibles con capacidades de acuerdo a la siguiente -- tabla: V.9: ☉

Tabla para Seleccionar Fusibles, Interruptores de Fusibles, Interruptores en el Aire Automáticos y Conductores para Circuitos Alimentadores de Motores.

Corriente a plena carga del motor	Selección Adecuada de Fusibles, Interruptores de Fusibles e Interruptores en Aire Automáticos.							
	Motores monofásicos y trifásicos jaula de ardilla o síncronos, arranque a tensión plena o por reactor o por resistor.				Motores trifásicos jaula de ardilla o síncronos de arranque a tensión reducida mediante autotransformador.			
	Capacidad máxima permisible de fusibles para circuitos alimentadores.	Interruptor de fusibles.	Interruptor en aire automático.	Interruptor en aire automático.	Capacidad máxima permisible de fusibles para circuitos alimentadores.	Interruptor de fusibles.	Interruptor en aire automático.	Interruptor en aire automático.
AMPS.	AMPS.	AMPS.	AMPS.	AMPS.	AMPS.	AMPS.	AMPS.	Calibre mínimo AWG o MCM para conductores tipo R, RW, T y TW
1	11	20	13	15	20	12	14	
2	12	20	13	15	20	12	14	
3	13	20	13	15	20	12	14	
4	15	20	13	15	20	12	14	
5	17	20	13	15	20	12	14	
6	20	20	13	15	20	12	14	
7	23	20	13	15	20	12	14	
8	25	20	13	15	20	12	14	
9	30	20	13	15	20	12	14	
10	30	20	13	15	20	12	14	
11	35	20	13	15	20	12	14	
12	40	20	13	15	20	12	14	
13	40	20	13	15	20	12	14	
14	45	20	13	15	20	12	14	
15	45	20	13	15	20	12	14	
16	50	20	13	15	20	12	14	
17	60	20	13	15	20	12	14	
18	60	20	13	15	20	12	14	
19	60	20	13	15	20	12	14	
20	60	20	13	15	20	12	14	
22	70	20	13	15	20	12	14	
24	80	20	13	15	20	12	14	
26	90	20	13	15	20	12	14	
28	100	20	13	15	20	12	14	
30	100	20	13	15	20	12	14	
32	100	20	13	15	20	12	14	
34	110	20	13	15	20	12	14	
36	110	20	13	15	20	12	14	
38	120	20	13	15	20	12	14	
40	120	20	13	15	20	12	14	
42	130	20	13	15	20	12	14	
44	130	20	13	15	20	12	14	
46	130	20	13	15	20	12	14	
48	130	20	13	15	20	12	14	
50	130	20	13	15	20	12	14	
52	130	20	13	15	20	12	14	
54	130	20	13	15	20	12	14	
56	130	20	13	15	20	12	14	
58	130	20	13	15	20	12	14	
60	130	20	13	15	20	12	14	

TABLA V.9.

V.6 EQUIPOS Y PROCESOS AUXILIARES.

V.6.1 FILTRACION:

La filtración continua, se aplica comunmente a los baños durante el recubrimiento para eliminar los sólidos en suspensión los cuales tienden a causar depósitos rugosos y defectos relacionados.

La filtración consiste en bombear la solución del tanque a través de un filtro y regresarla al mismo. Un buen volumen promedio de recirculación de solución sería el necesario para filtrar todo el contenido del baño en una hora. Habiendo determinado el flujo deseado en galones por hora, puede seleccionarse el tamaño del filtro. Utilizaremos el promedio de volumen de flujo dado en la tabla No. V. 10

Tipo de solución	Volumen promedio (gal/pie/hr.)
Niquelado de watts, brillante o del tipo de alto cloruro.	35
Sulfato de cobre ácido, fluoroborato de cobre o de níquel, cinc ácido o ácido crómico.	35-50
Estaño ácido, cianuro de plata	25-35
Cianuro de cobre	25-40
latón	25
Estaño alcalino	15-25
Cianuro de cinc o de cadmio	15

TABLA V.10

El carbon activado, es el principal absorbente utilizado, tanto en tamaño granular número 10, como el número 100, siendo este último el más común. El carbono se añade de ordinario al baño, como un paso en el tratamiento de purificación química, para remover la contaminación, en especial, los productos de la descomposición de los abrillantadores.

Los filtros que usaremos, serán "filtros de hojas" verticales, Este es un filtro de tipo de presión, esto es, separa los líquidos de los sólidos, bajo presión mayor que la atmosférica. (Ver figura V.9)

La solución entra al fondo de la cámara en (1), pasa a través de las hojas de filtro y es descargada a través de la salida en (3). La ventila para el aire en (2) permite expulsar el aire del filtro cuando se pone en funcionamiento al principio, la torta se acumula sobre el exterior de las hojas de filtro, las cuales consisten de un marco de soporte cubierto con paño de filtro de material adecuado.

DATOS SOBRE AUXILIARES DE FILTRADO

Tipo auxiliar de filtrado	Prerrequisito carga del área del filtro	Prerrequisito espesor de la torta	Costo Relativo*
Tierra distomacea	1.5 2	1/10 3/32	1.0
Fibra de asbesto	0.5	1/16	1.5
Mezcla de asbesto mas distomita	0.75-2	1/8	1-0.75
Alfa-celulosa o papel filtro	1	3/32	1.25
Cariseno activado	0.05 0.5	1/64 1/8	0.75

TABLA V.11

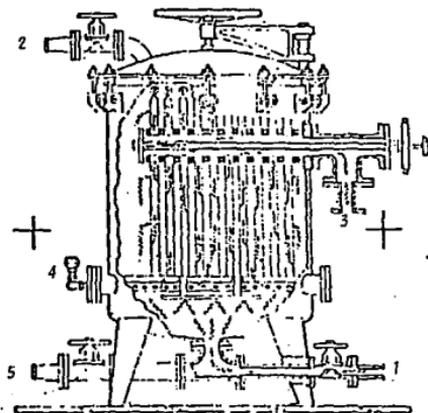


FIGURA V.9

Una característica de este tipo de filtro es el hecho de que sólo es necesario abrir el filtro para reparar o reemplazar los paños de filtro. Puede limpiarse sin quitar la cubierta deteniendo la bomba, cerrando la válvula (1) y (3), abriendo la ventila del aire (2), y admitiendo aire comprimido en (4) hasta que se desplace la torta de filtro de las hojas. Entonces puede descargarse el lodo hacia el drenaje a través de la válvula (5) con aire a presión, después de cerrar la ventila de aire (2).

A continuación pondremos la tabla V.12 que nos da tamaños típicos y capacidades de los filtros verticales de hoja, y a presión.

DATOS PARA EL FILTRO VERTICAL
DE HOJAS A PRESION
TAMANOS Y CAPACIDADES TIPICAS.

AREA DEL FILTRO (PIES ²)	ESPACIO DE LA TORTA (PIES ³)	VOLUMEN DE FILTRACION " (GAL/Hr)
3.5	0.075	123
7	0.15	245
10	0.21	350
18	0.56	360
21	0.76	840
38	1.19	1330
60	1.87	2100
95	4.0	3330
130	5.4	4550
170	7.1	6000
230	9.6	8000
304	12.7	10800
425	17.7	14900

¹ Para acero revestido de hule

² Basado en un volumen de 35 gal/pie²/Hr.

Los paños filtrantes pueden ser de diferentes materiales los más -
comunmente utilizados son los siguientes: (Ver Tabla V.13).

Instalación del filtro:

Nuestra instalación incluye: un filtro, una bomba, tuberías y válvulas, un pequeño tanque para la mezcla acuosa y un tanque de electrorecubrimiento. Ocasionalmente se conecta una bomba medidora de tipo de desplazamiento positivo, entre la bomba el filtro y el filtro para la alimentación continua de una mezcla auxiliar de filtrado. La mezcla debe ser agitada para mantenerla en suspensión. (Ver figura V.10)

Así pues, que el objeto principal del filtrado, es evitar contaminaciones en los baños. Agentes coloidales procedentes de los productos empleados para el pulimento y de los aprestos de las telas, empleadas para fundas de los ánodos etc., así como aceites que puedan quedar en emulsión, no son eliminados por el filtrado.

Es por eso que pueden eliminarse por medio de carbón activado principalmente para los baños de níquel.

Cabe añadirle al baño, carbón activado y después de un tiempo suficiente, filtrar. Nuestro filtro deberá, por lo tanto, estar cargado obviamente de carbón activado.

V.6.2 EQUIPO AUXILIAR:

Medidores de amperios-hora. Son instrumentos contadores totalizados que proporcionan directamente lecturas en amperios hora.. Al igual -- que los amperímetros, se les conecta a través de una derivación o "shunt" exterior por medio de conductores calibrados. Estos serán diseñados para que proporcionen una señal después de que han pasado cierto número de amperios hora. Nos serán útiles para controlar la cantidad de metal depositada, o para indicar la necesidad de añadir sustancias químicas al baño.

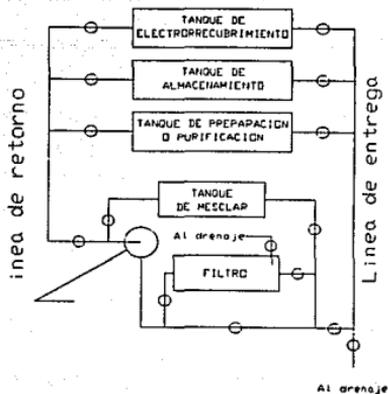


FIGURA V.10

MATERIALES	APLICACIONES
ALGODON	SOLUCIONES ACIDAS Y MEDIANA- MENTE ALCALINAS
NYLON	SOLUCIONES ACIDAS Y MEDIANA- MENTE ALCALINAS
VINYLON-N	SOLUCIONES ACIDAS INCLUYENDO FLUOBORATOS
ORLON	SOLUCIONES ACIDAS INCLUYENDO FLUOBORATOS
DACRON	SOLUCIONES ACIDAS INCLUYENDO FLUOBORATOS
VIDRIO	SOLUCIONES ACIDAS EXCLUYENDO FLUOBORATOS

TABLA V-13

Registadores electrónicos de amperios-hora. Serán conectados a un controlador registrador remoto, dispuesto para proporcionar una señal a intervalos especificados de amperios/hora, pudiendo controlar también, solenoides o válvulas accionadas por motor para hacer adiciones predeterminadas de sustancias químicas a la solución.

Una forma de controlar sencillamente los tiempos de proceso manual, es el empleo de reguladores de tiempo transmisores de señales.

Relojes con segundos largos, para la medición de las operaciones manuales de corta duración, o bien relojes de alarma.

V.6.3 BOMBAS, TUBERIAS Y ACCESORIOS.

Las bombas, tuberías, conexiones y mangueras, se seleccionan sobre la base de las características de operación y resistencia a la corrosión, requeridas, como en cualquier instalación química. Cuando se manejan soluciones de electrorrecubrimiento, se impone un requerimiento adicional, esto es, que el material de construcción no debe contaminar la solución.

El empaque de la bomba, en especial, debe ser cuidadosamente seleccionado, siendo buena práctica especificar una bomba que tenga un anillo de cierre hidráulico en el prensa-estopas, el cual mantiene bajo presión el agua. Este sirve para lubricar el empaque y minimizar al goteo de la solución; de manera más importante para prevenir la succión de aire dentro del cuerpo de la bomba; tal aire atrapado, batido en la solución por la acción de la bomba, pueda ser fuente de serias dificultades de picaduras.

Se selecciona una válvula de tipo de diafragma, debido a que el diafragma puede ser de un material que no contamine. Las mangueras se emplean en general, para las conexiones del filtro. Las mangueras de succión, deberán ser de tipo reforzado, para prevenir que se aplaste durante el uso.

Válvulas de retención son recomendadas en la descarga de los filtros, para prevenir que una retropresión desaloje la tonta cuando se detiene la operación del filtro.

V.6.4 DIVERSOS

Básculas de romano, para el pesado de las adiciones de sustancias químicas, y son útiles para tomar el inventario de los ánodos; básculas de distribución de poca capacidad para pesar pequeñas cantidades de agentes de adición, etc.

Un imán potente para tanque, es sujetado con un mango largo para la recuperación de artículos magnéticos que caigan dentro de los tanques.

Existe una amplia gama de auxiliares en la galvanoplastia que son útiles como medio de prevención, operación y mantenimiento. Un dispositivo de alarma para señalar la falta de corriente continua, puede evitarles rechazos. Tal falla puede pasar desapercibida, hasta que empiece a recibirse material rechazado.

Cada tanque electricado, puede estar provisto con esta alarma, -- consistente en un interruptor de un polo, un tiro, normalmente cerrado -- con una bobina de corriente continua, del mismo voltaje del servicio, que el tanque, para que la falla en la fuente de corriente continua, cierre el contacto del sistema de alarma.

Para prevención de la caldera, podrá instalarse un sistema de alarma para detectar contaminación en el condensado del vapor en la descarga de los serpentines, ya que este condensado se regresa a la caldera y puede ocasionar graves daños a la misma.

Consiste en una celda de conductividad, colocada en la línea principal de retorno de condensado, conectada a un relevador y alarma sensible apropiados. Cuando la conductividad del condensado que regresa, excede algún valor determinado [$15 \text{ micro ohms/cm}^2$], la alarma es accionada.

Así podríamos continuar detallando sistemas en este tema; que es de gran extensión e interés.

CONCLUSIONES

1.- Será conveniente en la implantación del proceso propuesto, se tenga una visión más amplia y completa respecto al proceso electrolítico del recubrimiento, ya que solamente así, se conocerá las ventajas y posibilidades de aplicación ante la necesidad de calidad y competitividad crecientemente a las que se enfrentarán las industrias mexicanas, es conveniente aún revisar frecuentemente los avances tecnológicos para la industria cromadora, ya que así se cubrirá los requerimientos de calidad que el mercado impone y realizar ajustes tanto en ensayos como en sistemas de control de calidad.

2.- Se recomienda para la seguridad e integridad de personas y equipo, las implantaciones necesarias para mejorar el ambiente que consiste en una buena ventilación con extractores adecuados. Así también, se obliga al operario a usar el equipo necesario para su protección, que en este caso consiste en: mascarillas, guantes, lentes protectores, botas de hule y petos.

3.- Es necesario mejorar el proceso mediante sistemas de agitación adecuada, filtración y realizar nuevos baños de un determinado tiempo, dependiendo de la producción.

4.- La funcionalidad del proceso consiste en mantenerse dentro de los parámetros establecidos teóricamente y complementando en experiencia, tales como: densidad de corriente, PH y temperatura. El salirse de estos parámetros ocasionaría mal funcionamiento del proceso. El cual redundaría en mala y baja calidad del producto.

5.- Como parte fundamental del proceso, el enjuague se debe establecer en cada cambio de baño, y así evitar la contaminación de las soluciones que provocaría el mal recubrimiento de las piezas. La filtración es otro de los sistemas que ayuda al recubrimiento metálico, ya que con este sistema se logra retener los sólidos en suspensión, logrando con esto que

las tinas estén libres de contaminación, manteniendo sus condiciones de -
operación adecuada.

6.- Por supuesto que será necesario encontrar un justo medio entre -
calidad-precio de nuestro producto, para ello debemos ser muy cuidadosos -
en lo que se refiere a los costos directos del mismo: Ahorrar energía eléc
trica, eficientar lo más posible la relación tiempos-movimientos, utilizar
las herramientas adecuadas, los equipos auxiliares deberán ser económicos_
y efectivos. Todo esto será posible con la ejecución de un buen proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- 1) "RECUBRIMIENTOS PROTECTORES DE LOS METALES"
R.M. Buras and W.W. Bradley
Ed. Interseiences. 1964
- 2) "RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS"
Samuel Field
Ed. Gustavo G. L. 1955
- 3) A. KENNETH GRAHAM
Manual de Ingenieria de los Recubrimientos Electroliticos
Ed. Continental
- 4) RECUBRIMIENTO ELECTROLITICOS
L. Arbellot
Ed. Hispano Europea
- 5) MANUAL HELVEX PARA INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS, GAS, AIRE -
COMPRIMIDO, VAPOR
Ing. Sergio Zepeda C.
- 6) MANUAL DE MANTENIMIENTO ELECTRICO INDUSTRIAL
Pedro Camarena
Ed. EME
- 7) MANUAL DE LUMINOTECNIA
Westinghouse Company
Prensa Universitaria Argentina
- 8) METALS AND PLASTICS PUBLICATIONS, INC.
Metal finishing guidebook directony 1965
- 9) ACUMULADORES, ELEMENTOS GALVANICOS, GALVANOTECNIA
Alfred Holet
Ed. Labor

- 10) MANUAL DE RECUBRIMIENTOS GALVANO PLASTICOS
HARSHAW JUAREZ S.A. DE C.V.
- 11) NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS. PARTE I
Instalaciones para el uso de energia electrica.
- 12) GALVANOTECNICA Y GALVANOPLASTIA
*William Blum y George B. Hogaboom Cia.
Ed. Continental, S.A.*
- 13) NFPA HAND BOOK OF THE NATIONAL ELECTRICAL CODE
Frank Stetha
- 14) HASOW JUAREZ
Manuales Cromo Niquel Cohe