

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Construcción de un Banco Experimental didáctico para prácticas de
Laboratorio en Protección de Metales”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Juan Carlos Troya Fuertes

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A mi familia.

DEDICATORIA

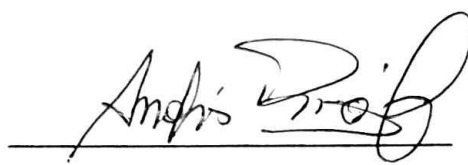
A DIOS

A MIS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Julian Peña E.
DELEGADO POR EL
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Andres Rigail C.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Jorge Duque R.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Juan Carlos Troya Fuertes

INTRODUCCIÓN

El principio básico de los procesos de recubrimientos electrolíticos consiste en la conversión del metal del ánodo en iones metálicos que se distribuyen en la solución, formando una capa metálica en su superficie. El recubrimiento electrolítico de las piezas se produce casi exclusivamente por inmersión en un baño. Para ello se introducen las piezas en las cubas donde se encuentra el electrolito, se les aplica la corriente como cátodo, se recubren y se secan. Al extraer las piezas del baño arrastran una cantidad del electrolito sobre la superficie de las piezas. Esa película superficial arrastrada se elimina en un proceso de lavado posterior para que no interfiera en las siguientes operaciones o presente las condiciones de acabado exigidas.

En base a este procedimiento se ha establecido la construcción del Banco Experimental Didáctico para Prácticas de Laboratorio en Protección de Metales, cuyo fin es tener un equipo pedagógico en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP), para reforzar los conocimientos teóricos a los estudiantes mediante vivencias que se dan en el diario vivir del sector industrial, en donde existen muchas variedades de aplicaciones, como son tuberías, perfilería, tanques, etc., los cuales son preferentemente ferrosos, y

están expuestos a diferentes tipos de atmósferas, o diversos medios ambientales corrosivos.

Además, el estudiante adquirirá la habilidad de analizar efectos que se den al realizar cambios en los parámetros establecidos, permitiéndole con esto adquirir un criterio técnico de el porque se requiere ciertas proporciones de voltaje, amperaje y demás parámetros a considerar según el tipo de baño experimental que se vaya a ejecutar, y de operar los diferentes tipos de recubrimientos, buscando siempre una mejora en el procedimiento y optimización de materiales, con base fundamentadas a través del material expuesto en la guía de Laboratorio que forma parte de esta tesis.

RESUMEN

A través de esta tesis, se ha desarrollado la construcción de un Banco Experimental para electro deposición de metales, el cual ha sido ubicado en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP), que permitirá a los estudiantes hacer prácticas en la que se desarrollen experiencias para alcanzar un mejor conocimiento de estas técnicas, en la cual se podrá analizar los diferentes tipos de recubrimientos.

Para la realización y construcción se tomaron varias consideraciones, entre ellas, la principal fue el esquema del proceso a seguir para saber de cuantas fases iba a constar el banco, y con ello poder establecer su dimensionamiento, respetando el tamaño disponible en el laboratorio. Se seleccionó acero inoxidable en su estructura, un transformador rectificador con un amperaje máximo de operación de 3 amperios, cubas o reservorios de plásticos, se estableció un lugar de almacenamiento para los reactivos, y para un buen funcionamiento se usaron varillas de cobre y un agitador eléctrico.

Por lo tanto, para verificar las cualidades y falencias operativas del banco, se escogió por disponibilidad, ser un proceso muy común y comercial en el mercado, el recubrimiento de zincado, cuyos resultados fueron favorables. Demostró cambios aceptables, al momento de establecer ciertos parámetros

constantes y obteniendo probetas con diferente calidad de acabado según las condiciones establecidas, los cuales fueron perfeccionándose según las experiencias realizadas para poder aprovechar la capacidad operativa del equipo, cuyos resultados son expuestos en el contenido de este estudio.

Con esto, se puede concluir que se cumplió con un objetivo principal, el cual era de obtener un banco experimental que permita operar con diferentes tipos de recubrimientos, optimizando procedimientos y materiales, y además que sea una gran herramienta para la formación y aprendizaje con ayuda de las guías de práctica para laboratorios de metales.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1.	
1. LA ELECTRODEPOSICION COMO TECNICA DE PROTECCION ANTICORROSIVA.....	3
1.1 La Electrodeposición y sus aplicaciones.....	3
1.2 Influencia de Variables en los procesos electrolíticos.....	26
1.3 Descripción del Problema.....	31
1.4 Formato para la Guía de Laboratorio.....	33
CAPITULO 2.	
2. CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA EXPERIMETAL.....	34

2.1 Diseño del Banco Experimental.	34
2.2 Guías de Práctica para varios Electro depósitos.....	37
2.2.1 Práctica #1: Cobreado.....	37
2.2.2 Práctica #2: Niquelado.....	48
2.2.3 Práctica #3: Cromado.....	60
2.2.4 Práctica #4: Zincado.....	72
2.2.5 Práctica #5: Cadmiado.....	85
2.2.6 Práctica #6: Estañado.....	94
2.2.7 Práctica #7: Plateado.....	109
2.2.8 Práctica #8: Latonado.....	117
2.2.9 Práctica #9: Dorado.....	125

CAPITULO 3.

3. DEMOSTRACIÓN OPERATIVA DEL EQUIPO CONSTRUIDO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	135
3.1 Desarrollo de la Práctica #4: Zincado.....	135
3.2 Control de Calidad del Proceso.....	149
3.3 Discusión de Resultados.....	151

CAPITULO 4.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

PIB	Producto Interno Bruto
%	Porcentaje
(CN)₂Zn	Cianuro de Zinc
Ag	Plata
Ag.(CN)₂	Cianuro de plata y potasio
Amáx o Dmáx	Densidad de corriente máxima
Amp/dm²	Amperio/Decímetro cuadrado
As₂O₃	Trióxido de Arsénico
Au	Oro
B	Borio
BO₃H₃	Acido bórico
C	Carbono
CNAg	Cianuro de plata
CNK	Cianuro potásico
Cd	Cadmio
Cl₂Ni 6H₂O	Cloruro de Níquel
CNCu	Cianuro cuproso
CNNa	Cianuro Sódico
Co	Cobalto
Cr	Cromo
Cu	Cobre
Fe	Hierro
G	Resistencia a la tracción (N/mm ²)
g/cm³	Gramo- centímetros cubicos
g/l	Gramo/litro
H⁺	Ion de Hidrogeno
H₂O	Agua
K	Potasio

mm	Milímetro
MoO₃	Trióxido de Molibdeno
MoO₄	Molibdato
Na OH	Hidróxido de Sodio
Ni	Níquel
°C	Grados centígrados
OH⁻	Ion de Hidroxido
Pb	Plomo
pH	Potencial de Hidrógeno
Rh	Rodio
S₂C	Sulfuro de carbono
S₂O₂ Na.5H₂O	Tiosulfato Sódico
Se O₃Na₂	Selenito Sódico
Sn	Estaño
SO₄ H₂	Ácido Sulfurico
SO₄Cu 5H₂O	Sulfato de cobre cristalino
SO₄H₂	Ácido sulfúrico
SO₄Ni Cu	Sulfato de Níquel
Zn	Zinc

SIMBOLOGÍA

A	Área de la superficie total de la pieza
β	Naftol
D	Densidad amperimétrica dada en Amp/dm ²
d	Peso específico del depósito
ε	Variable de espesor
E_q	Equivalente electroquímico
η	Rendimiento de corriente.
i	Intensidad de Corriente
I	Cantidad de corriente
M₁	Masa inicial
M₂	Masa final
mt	Mate
$\frac{mt}{q}$	Coulomb
R	Resistencia que representa el baño
ρ	Densidad
$\bar{S}$	Espesor de recubrimiento promedio
T	Tiempo
V	Diferencia de voltajes
V¹	Fuerza contra electromotriz de polarización
W	Masa o peso de metal depositado

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Constantes químicas y electroquímicas de los metales.. 10
Tabla 2	Serie Electroquímica o Electromotriz..... 13
Tabla 3	Componentes para el baño Alcalino-Saturado..... 39
Tabla 4	Espesores según Recubrimientos..... 42
Tabla 5	Índice de servicios para Recubrimientos..... 42
Tabla 6	Modelo de Tabla de Datos..... 47
Tabla 7	Modelo de Tabla de Resultados..... 47
Tabla 8	Baños con Abrillantadores Orgánicos..... 51
Tabla 9	Espesor mínimo de Níquel requeridos según normas A.S.T.M..... 54
Tabla 10	Baño de Cromo Decorativo y Duro..... 70
Tabla 11	Composición del electrolito utilizado en Baños Cianurados de Zinc..... 74
Tabla 12	Espesor del Recubrimiento según el Ambiente de Exposición..... 76
Tabla 13	Espesor de los depósitos de Zinc mediante un Baño Cianurado (Rendimiento del 70%)..... 77
Tabla 14	Composición básica de Baños Cianurados..... 88
Tabla 15	Solución con Abrillantador..... 90
Tabla 16	Composición de Baños ácidos de Sulfato para el Estañado. (TIPO 1)..... 98
Tabla 17	Composición de Baños ácidos de Sulfato para el Estañado. (TIPO 2)..... 98
Tabla 18	Espesor de Recubrimiento de Estaño sobre Acero..... 100
Tabla 19	Índices de servicio para recubrimientos de Estaño sobre Acero..... 101
Tabla 20	Índice de corrosión mínimo para recubrimientos de Estaño sobre acero..... 103
Tabla 21	Composición de Base de Solución Electrolito..... 112
Tabla 22	Solución Cianurada de Latón..... 121

Tabla 23	Soluciones Electrolitas Empleadas.....	127
Tabla 24	Primer Tipo de Electrolito.....	129
Tabla 25	Segundo Tipo de Electrolito.....	129
Tabla 26	Tabla de Datos del zincado.....	137
Tabla 27	Tabla de Resultados del zincado.....	138
Tabla 28	Cuadro comparativo de los Diferente Tipos de Recubrimientos: Ventajas y Desventajas frente al Zinc.....	148
Tabla 29	Cuadro de Valoración.....	149
Tabla 30	Cuadro Cualitativo de Control de Calidad del Proceso...	150

CAPITULO 1

1. LA ELECTRODEPOSICION COMO TECNICA DE PROTECCION ANTICORROSIVA

1.1 La Electrodeposición y sus aplicaciones.

La técnica de electrodeposición se la utiliza principalmente para la protección anticorrosiva de aceros. Adicionalmente esta técnica es usada para disminuir los coeficientes de fricción entre dos partes mecánicas, mejorar la adherencia de los cauchos al metal, mejorar el sellado en los elementos que manejan fluido hidráulico, mejorar la reflectividad de lámparas, etc.

El principio básico de los procesos de recubrimientos electrolíticos consiste en la conversión del metal del ánodo en iones metálicos que se distribuyen en una solución ácida o alcalina cianurada.

Estos iones se depositan en el cátodo (pieza que será recubierta) formando una capa metálica en su superficie. (4,8)

La técnica que se utiliza para recubrir superficies metálicas o metalizadas se denomina Galvanotecnia, la cual se divide en dos partes: (11)

1. – Galvanostegia

2. – Galvanoplastia

La Galvanostegia estudia los recubrimientos metálicos obtenidos por vía electrolítica sobre objetos metálicos; la capa metálica que se obtiene es muy delgada, pero de gran adherencia, capaz de prestar eficaz protección al metal base.

La Galvanoplastia se encarga de la fabricación o reproducción de objetos no metálicos por medio de la precipitación metálica electrolítica sobre una superficie previamente metalizada, obteniéndose un revestimiento de mayor espesor que en el caso anterior.

En ambos procesos de recubrimientos la capa depositada forma cristales metálicos. En función del tipo de estructura cristalina se derivan las diferentes propiedades del recubrimiento y así los campos de aplicación más adecuados (4, 8, 11).

El recubrimiento electrolítico de las piezas se produce casi exclusivamente por inmersión en un baño. Para ello se introducen las piezas en cubas donde se encuentra el electrolito, luego se aplica la corriente como cátodo, posteriormente se recubren y al final se secan. Al extraer las piezas del baño arrastran una cantidad del electrolito sobre la superficie de las piezas. En esta película superficial sobre el recubrimiento electrolítico elimina en un proceso de lavado posterior para que no interfiera en las siguientes operaciones o presente las condiciones de acabado exigidas.

En la Figura 1.1 se puede ver el esquema de la deposición electrolítica, tomando como ejemplo el caso del zinc, que se disuelve del ánodo y se deposita sobre la pieza con ayuda de corriente eléctrica.

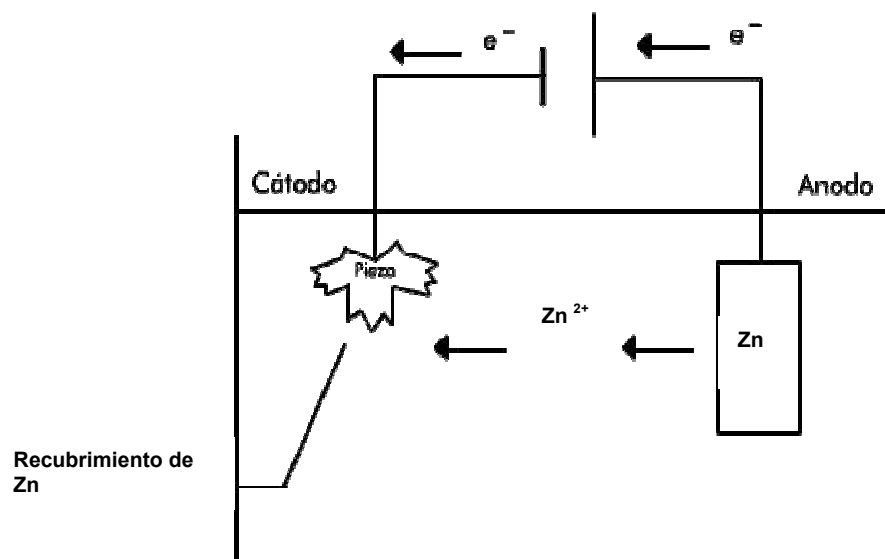


FIGURA 1.1. ESQUEMA DE LA ELECTRODEPOSICION ELECTROLITICA (10, 11).

Es importante tener muy claro el conocimiento de los siguientes términos, los cuales serán utilizados en el desarrollo de esta tesis, y que tengo a continuación:

La separación de los átomos de una solución que se da a través de este proceso, por medio de la electricidad, se lo denomina *Disociación*, en donde el electrolito, es la solución que se va a someter a la disociación electrolítica.

Una gran cantidad de sustancias son solubles en H_2O , sin embargo, se sabe que sólo aquellas soluciones que contienen

disueltas en ellas, ácidos, bases, o sales, que conducen la corriente eléctrica, estas se denominan electrolitos, los cuales se descomponen al paso de la corriente eléctrica, este fenómeno se denomina *Electrólisis*.

Las sustancias disueltas, que se disocian en mayor o menor amplitud como partículas cargadas eléctricamente, las cuales se denominan iones.

Los iones son átomos con una carga eléctrica positiva o negativa, equivalente a su valencia.

Estos átomos o grupo de átomos, pasan al estado de iones cargados negativamente (aniones), si gana uno o más electrones, pero se considera que un átomo pasa al estado de ion cargado positivamente (cationes), si este pierde uno o más electrones.

El equilibrio del electrolito depende del grado de disociación, es decir del número de moléculas disociadas en iones y el número de moléculas que existiría en la solución si no hubiese disociación.

El grado de disociación varia desde 0 para las soluciones no electrolíticas y 1 para las soluciones electrolíticas fuertes.

Según la ley fundamental de la electrólisis, los metales y el hidrógeno se desplazan en sentido de la corriente, es decir, se desprenden del ánodo, que es el elemento que lleva carga positiva.

Al estudiar la electrólisis podemos observar que existen tres géneros de sustancias; ácidos, básicos, y sales. Los ácidos y las bases producen sales. Acido y básico son dos extremos, la posición media es neutra. El agua es neutra también y esto se debe a que la misma se compone de una parte de hidrógeno ácido y una parte de hidróxido básico.



El H^+ y el OH^- , anulan recíprocamente sus propiedades. Por razones electrostáticas ambos se adhieren fuertemente y experimentan atracción mutua.

Se puede medir la acidez o alcalinidad de una solución por medio de su pH el cual es la medida de iones H^+ u oxidrilos OH^- . Si el pH de una solución es 7 quiere decir que la solución es Neutra, si el pH es 0 la solución es 100% ácida y si el pH es 14 la solución es 100% alcalina o básica.

Leyes Faraday

Para realizar los procesos de recubrimientos metálicos por vía electroquímica es necesario conocer los conceptos Básicos de Electricidad que nos dan las leyes de Faraday. Las Leyes de Faraday se expresan mediante los siguientes enunciados:

La cantidad de cualquier elemento metálico liberado, ya sea en el cátodo o en el ánodo, durante la electrólisis, es proporcional a la intensidad y a la duración de la corriente eléctrica. Los elementos liberados por la misma cantidad de electricidad son proporcionales a sus equivalentes químicos. La intensidad de corriente se mide en amperios / hora.

Equivalente químico es la relación entre el peso atómico de un elemento y su valencia, (En la tabla I se observa los equivalentes químicos y otra información de los metales)

TABLA 1
CONSTANTES QUÍMICAS Y ELECTROQUÍMICAS DE LOS
METALES (1)

Nombre	Símbolo	Peso Atómico	Densidad	Valencia	Equivalente Químico
Cobre (Cianuro)	Cu	63.6	8.93	1	63.6
Oro (Cianuro)	Au	197.2	19.3	1	197.2
Plata	Ag	107.9	10.5	1	107.9
Cadmio	Cd	112.4	8.65	2	56.2
Cobalto	Co	58.9	8.9	2	29.5
Cobre Sulfato	Cu	63.6	8.93	2	31.8
Hierro Sulfato	Fe	55.8	7.9	2	27.9
Plomo	Pb	207.2	11.35	2	103.6
Niquel	Ni	58.7	8.9	2	29.3
Estaño Cloruro	Sn	118.7	7.3	2	59.4
Estaño Sulfato	Sn	118.7	7.3	2	59.4
Zinc Cloruro	Zn	65.4	7.14	2	32.7
Zinc Sulfato	Zn	65.4	7.14	2	32.7
Oro Cloruro	Au	197.2	19.3	3	65.7
Hierro Cloruro	Fe	55.8	7.9	3	18.6
Rodio	Rh	102.9	12.4	3	34.3
Estaño Estannato	Sn	118.7	7.3	4	29.7
Cromo	Cr	52.0	7.1	6	8.7

La ley de Faraday se expresa matemáticamente con la siguiente relación:

$$\vec{q} = i * t \quad \text{ec. 1.2}$$

Como la corriente eléctrica es de densidad constante entonces tenemos que:

$$W = E_q * i * t \quad \text{ec. 1.3}$$

Donde:

W: Masa o peso de metal depositado.

E_q: Equivalente electroquímico y representa la cantidad determinada que se deposita al paso de un coulombio.

Los equivalentes electroquímicos son directamente proporcionales a los pesos atómicos, e inversamente proporcionales a la valencia de los átomos.

De esta manera se puede interpretar la ecuación 1.2, como: el peso de metal depositado, es igual al producto de la cantidad de metal que deposita un coulombio, multiplicado por el número de coulombios utilizados en el proceso.

Con esta primera definición, la relación 1.3 se lo podría definir de la siguiente manera: El peso del metal depositado es igual a la cantidad de metal que deposita un coulombio, por los amperios consumidos y por el tiempo empleado expresado en segundos.

Para nuestro trabajo otro parámetro que debemos tener en cuenta es la diferencia de Potencial, porque debe ser lo suficientemente grande para vencer la resistencia del baño y la fuerza contra-electromotriz de polarización.

Es de mencionar que, cuando se sumerge un metal en una solución que contiene sales de este mismo metal, se establece una diferencia de potencial conocida como “Potencial Sencillo”, o “Potencial de Solución” de ese metal, el mismo que al ser medido con respecto al Potencial de Hidrógeno (Potencial de Referencia), nos da un valor de 0. Los diferentes potenciales de los metales utilizados en los recubrimientos fueron tomados de la Tabla 2 de potenciales normales o estándar, comúnmente denominado Serie Electroquímica o Electromotriz.

TABLA 2
ESTÁNDAR DE POTENCIAL FUERZA-ELECTROMOTRIZ
(POTENCIALES DE REDUCCIÓN) (13)

REACCIÓN	POTENCIAL E ₀ (VOLTIOS/SHE)
Au ⁺³ + 3e ⁻ = Au	+ 1.498
Cl ⁺² + 2e ⁻ = 2Cl ⁻	+ 1.358
O ₂ + 4H ⁺ + 4e ⁻ = 2H ₂ O (pH 0)	+1.229
Pt ⁺³ + 3e ⁻ = Pt	+1.200
O ₂ + 2H ₂ O + 4e ⁻ = 4OH ⁻ (pH 7)	+ .8200
Ag ⁺ + e ⁻ = Ag	+0.799
Hg ₂ ⁺² + 2e ⁻ = 2Hg	+0.788
Fe ⁺³ + e ⁻ = Fe ⁺²	+0.771
O ₂ + 2H ₂ O + 4e ⁻ = 4OH ⁻ (pH 14)	+0.401
Cu ⁺² + 2e ⁻ = Cu	+0.337
Sn ⁺⁴ + 2e ⁻ = Sn ⁺²	+0.150
2H ⁺ + 2e ⁻ = H ₂	0.000 referencia
Pb ⁺² + 2e ⁻ = Pb	-0.126
Sn ⁺² + 2e ⁻ = Sn	-0.136
Ni ⁺² + 2e ⁻ = Ni	-0.250
Co ⁺² + 2e ⁻ = Co	-0.277
Cd ⁺² + 2e ⁻ = Cd	-0.403
Fe ⁺² + 2e ⁻ = Fe	-0.440
Cr ⁺³ + 3e ⁻ = Cr	-0.744
Zn ⁺² + 2e ⁻ = Zn	-0.763
2H ₂ O + 2e ⁻ = H ₂ + 2OH ⁻	-0.828
Al ⁺³ + 3e ⁻ = Al	-1.662
Mg ⁺² + 2e ⁻ = Mg	-2.363
Na ⁺ + e ⁻ = Na	-2.714
K ⁺ + e ⁻ = K	-2.925

Se ha podido comprobar que, el potencial de los electrodos varía a medida que avanza la electrólisis, ya que el potencial del ánodo se vuelve más positivo, y el del cátodo se vuelve más negativo. Estos cambios se deben a la polarización de los electrodos, es decir, en el ánodo se disuelven iones metálicos, haciendo a la solución más concentrada en sus proximidades. Por el contrario, en el cátodo los iones se depositan en el baño electrolítico, provocando que la solución pierda concentración.

Este fenómeno produce un aumento en la diferencia de potencial aplicada a los electrodos con el generador de corriente. Dicho aumento en la diferencia de potencial se denomina Fuerza Electromotriz de Polarización.

La corriente que circula en el baño electrolítico, la se expresa con la siguiente relación:

$$i = \frac{V - V^1}{R} \quad \text{ec. 1.4}$$

Donde:

i: Corriente

V: Diferencia de potencial aplicada a los electrodos

V^1 : Fuerza contra electromotriz de polarización

R: Resistencia que presenta el baño.

Para realizar los cálculos es de gran importancia la densidad ampérica, la cual podemos obtener con la fórmula:

$$D = i / A \quad \text{ec. 1.5}$$

Donde:

A: Área de la superficie total de la pieza

D: Densidad amperimétrica dada en Amp/dm²

Cálculo del peso del metal Depositado

Como las soluciones que se usan para los baños son de composición variada, porque contiene sales conductoras y ácidos libres, estas son de gran ayuda para conducir la corriente eléctrica, pero no producen fijación de metal, por el contrario, fijan hidrógeno en forma de burbujas.

Se puede dar cuenta que los baños no son 100% eficientes, porque entregan una cantidad de metal menor de la que

teóricamente deberían. El rendimiento del baño es la relación entre la cantidad real depositada y la teórica (se expresa en porcentaje).

$$\eta = \frac{W}{E_q * i * t} \quad \text{ec. 1.6}$$

Donde:

W: Cantidad del metal depositado en gramos

E_q: Equivalente electroquímico

i: Intensidad de corriente aplicada en amperios

t: Tiempo requerido de la operación en horas.

η: Rendimiento de corriente.

Para la Superficie Catódica (A), se determinará la cantidad de metal depositada por dm² mediante la expresión:

$$W = \frac{E_q * i * t * \eta}{A} \quad \text{ec. 1.7}$$

Cálculo del Tiempo de Electrólisis

Para calcular el tiempo de electrólisis se debe proceder de dos maneras:

La primera, se basa en la variable espesor (ε), respetando los valores dados por las normas, para esto tengo:

$$t = \frac{\varepsilon * d * 10}{E_q * D * \eta} \quad \text{ec.1.8}$$

Donde:

d: Es el peso específico del depósito

D: Es la densidad de corriente en Amp/dm²

Otra manera de conocer el tiempo de la electrólisis en horas, es sabiendo cuántos gramos de metal hay que depositar por dm².

$$t = \frac{W}{E_q * D * \eta} \quad \text{ec. 1.9}$$

El cálculo del tiempo en horas, para depositar una cantidad W en gramos, se obtiene:

$$t = \frac{W}{E_q * i * \eta} \quad \text{ec. 1.10}$$

Cálculo de espesores.-

El espesor del recubrimiento sobre una superficie catódica (ε) es un parámetro que está dado en milímetros, para calcularlo se parte de la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{E_q * t * i * \eta}{d * A * 10} \quad \text{ec. 1.11}$$

De esta manera, para 1 dm² de superficie hay:

$$\varepsilon = \frac{E_q * t * D * \eta}{d * 10} \quad \text{ec. 1.12}$$

En caso de que el peso del depósito sea la variable:

$$\varepsilon = \frac{G}{d * A * 10} \quad \text{ec. 1.13}$$

Cálculo de la Intensidad de Corriente

La intensidad de corriente (i) está dada en amperios y es un factor importante para poder obtener los espesores deseados, para lograr los valores de corriente óptimos, en el proceso se utiliza:

$$i = \frac{\varepsilon * d * A * 10}{E_q * t * \eta} \quad \text{ec. 1.14}$$

La densidad de corriente viene dada como:

$$i = \frac{\varepsilon * d * 10}{E_q * t * \eta} \quad \text{ec. 1.15}$$

Tipos de Recubrimientos

Para dar una mejor explicación de los tipos de recubrimientos hay que estar conscientes de la manera en que estos pueden afectar al metal que va hacer recubierto. Al recubrir un Sustrato metálico con una capa de otro metal se puede obtener dos tipos de recubrimientos, los que deben ser **Anódicos o Catódicos**.

Los metales están clasificados según sus potenciales en la Serie Fuerza Electromotriz, Tabla 2, que mide el potencial de cada metal con respecto al electrodo de hidrógeno que se usa como una referencia.

A medida que el potencial aumenta los metales son cada vez más nobles.

También se puede clasificar a los metales y sus aleaciones, según su resistencia a la corrosión, la cual la se observan en las Series Galvánicas, (Figura 1.2) y que se obtiene exponiendo las probetas de los diferentes materiales a un medio tan corrosivo como el agua de Mar y luego tomar la mediciones del potencial.

Los recubrimientos **Anódicos** son aquellos en que el elemento que está recubriendo tiene un Potencial menor al del metal base, por esta razón entre estos existe una diferencia de Potencial lo que ocasiona una migración de electrones del material con potencial más negativo al potencial con menos negativo.

El flujo de electrones entre estos dos metales se debe a que el metal menos noble libera electrones que se dirigen al sustrato, por

esta razón también libera iones metálicos, los cuales interactuarán con el medio ambiente. De esta manera, el material que se deteriora es el recubrimiento y no el Sustrato. Se denominan Anódicos porque estos protegen al metal de la misma manera que lo hacen los Anodos de sacrificio.

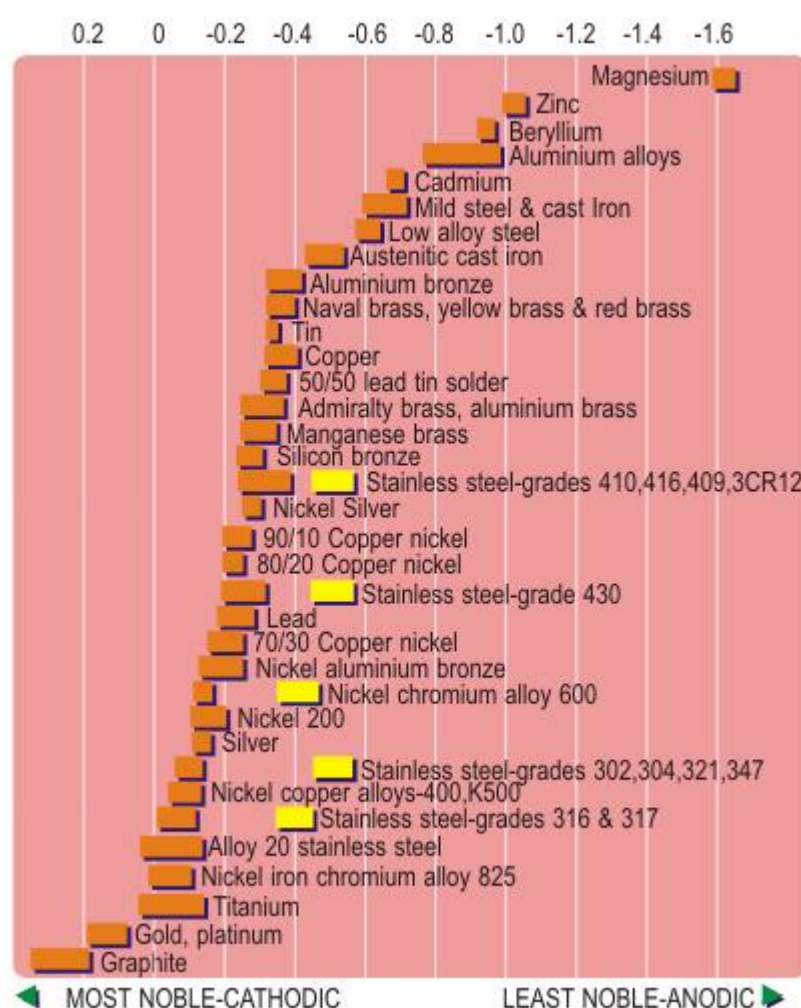


FIGURA 1.2: SERIE GALVÁNICA

Los recubrimientos Catódicos son todo lo contrario a los primeros, ya que el material que recubre al sustrato es mucho más noble y en este caso el segundo es el que cede electrones. Para evitar la corrosión del sustrato en este tipo de recubrimiento se debe asegurar que la capa de metal noble sea lo suficientemente gruesa y esté libre de poros. De esta manera se asegura que el medio ambiente no esté en contacto con el sustrato eliminando uno de los elementos fundamentales para la corrosión (Electrolito). Un ejemplo de estos recubrimientos son los aros cromados para los vehículos. Si el cromado llega a fallar, por ese preciso lugar, comenzará al ataque corrosivo; y como se puede ver, el cromado no es afectado hasta que la corrosión está muy avanzada, entonces se comienzan a formar costras las cuales se revientan y caen adheridas al óxido del metal base.

Aplicaciones

La galvanización tiene como principal objetivo paliar las consecuencias negativas que puede tener el aire sobre el acero, la corrosión. Esta actividad representa el 48% del consumo de zinc en el mundo. Aparte de la protección contra la corrosión, el procedimiento de galvanización tiene también como ventaja el

permitir una reducción considerable de los costos. Por ejemplo, para un país como Francia, la corrosión del acero y la subsiguiente sustitución acarrearía un costo suplementario equivalente entre 2,5 y 4% de su PNB.

El uso que ofrece esta técnica cubre tres ámbitos, los cuales se aprecian en la Figura 1.3. Los productos que se galvanizan con mayor frecuencia son el acero en láminas y en flejes, los tubos, los hilos y los cables metálicos.

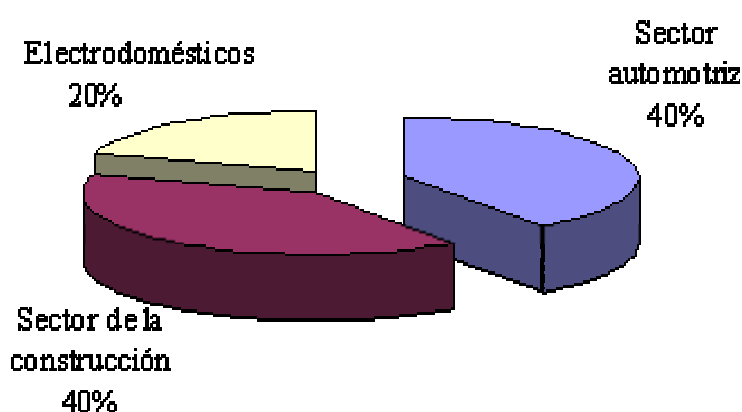


FIGURA 1.3: APLICACIONES DE LA GALVANIZACION.

- La construcción

Las piezas fabricadas en zinc y, en particular las chapas onduladas galvanizadas son utilizadas en arquitectura para

la construcción de estructuras o fachadas. Este material tiene una duración de más de cincuenta años. El zinc también se utiliza para la fabricación de clavijas, que representan elementos importantes de la estructura. Estas piezas cilíndricas, cuyos extremos están aterrajadas permiten unir dos elementos de techo entre ellos.

- La industria automotriz

Este sector representa alrededor del 40% del mercado de piezas galvanizadas. En la actualidad, aproximadamente nueve de cada diez coches en circulación en el continente norteamericano contienen una o varias piezas galvanizadas, lo que representa, en promedio, 15 kilos de zinc por vehículo.

Debido a sus características intrínsecas, las baterías de zinc, son más eficaces que los otros sistemas actuales. Esto podría influir principalmente en el sector de coches eléctricos.

- Electrodomésticos

El zinc interviene en este sector, principalmente por su presencia en electrodomésticos, tales como las

refrigeradoras o los lavaplatos. Sin embargo, la principal innovación se encuentra en el sector de la informática.

En la industria de la informática el zinc se emplea fundamentalmente en los nuevos tipos de pilas que han reemplazado progresivamente las pilas de mercurio: las baterías "zinc-aire" que, además de mejorar las capacidades de autonomía de los aparatos en los que son integradas, son más respetuosas del medio ambiente que sus predecesoras. Las pilas a base de zinc tienen como principal ventaja la posibilidad de ser recicladas sin límite, sin perder ni sus cualidades químicas, ni sus cualidades físicas. El zinc representa una fuente de energía limpia y duradera para el futuro. Sin embargo, el impacto que podría tener el zinc sobre el medio ambiente no se conoce todavía, por lo que se están desarrollando algunos estudios sobre este tema en la actualidad. Los resultados tendrán probablemente consecuencias en el sector de aceros galvanizados destinados a la construcción y que representan actualmente casi la mitad del mercado para el zinc.

Se estima que aproximadamente un tercio del zinc consumido, se produce a partir del reciclado del zinc usado.

(10, 11)

1.2 Influencia de Variables en los procesos electrolíticos.

La práctica de los procesos de electrodeposición requiere del conocimiento y estudio de los diferentes parámetros que gobiernan a los mismos, ya que la buena calidad de un recubrimiento de cierto metal base depende de los parámetros que intervienen, entre los cuales hay:

1. Densidad de corriente
2. Temperatura
3. Agitación
4. Concentración de las soluciones
5. Disposición de las piezas en las cubas

Densidad de corriente.

Para obtener depósitos uniformes, es necesario que la densidad de corriente utilizada sea constante. Al aumentar la densidad de corriente hasta cierto límite se aumenta la velocidad de electrodeposición, sin embargo cuando la densidad de corriente

excede el valor límite de trabajo, esto es la densidad crítica se presenta una marcada tendencia de depósitos rugosos, frágiles y mal adheridos.

Un incremento posterior en la densidad de corriente proporcionará inclusive depósitos esponjosos o quemados, como consecuencia de una generación excesiva de hidrógeno que se fija sobre la superficie a recubrir, dificultándose la adherencia de la película del recubrimiento. Además no se produce en el ánodo el desprendimiento del metal con la celeridad necesaria o se vuelve pasivo (no desprende metal), lo que origina una disminución en la concentración del baño. Si se produce lo contrario, es decir una densidad de corriente excesivamente débil, se retarda el proceso de recubrimiento y lo hace en forma irregular, perdiendo uniformidad y brillo.

Temperatura.

Un incremento en la temperatura ocasiona un aumento en el tamaño de los cristales. Es así como en los depósitos del Recubrimiento se dan cambios estructurales en los cristales ocasionando una disminución en la resistencia a la tensión, debido que el depósito es más blando.

Cuando el aumento de temperatura no va acompañado de un aumento en la densidad de corriente, el efecto de esta se traduce en un aumento del tamaño de los cristales como consecuencia de la disminución de la polarización, es decir la densidad de corriente elevada contrarresta el efecto de la temperatura.

La elevada temperatura aumenta la movilidad de los iones metálicos y disminuye la viscosidad de la solución, así que la película catódica se reaprovisiona más rápidamente, lo cual reduce la tendencia a la formación de estructuras absorbentes e incrementa también la densidad de corriente obtenida a partir de un voltaje dado.

Agitación.

La agitación de la solución produce un suministro fresco de sales o iones metálicos al cátodo, barre las burbujas gaseosas que pueden ocasionar cráteres, además mezcla la solución e impide la estratificación de soluciones más pesadas que van al fondo de la cuba.

El resultado neto de la agitación es la que permite utilizar una densidad de corriente más elevada con el propósito de producir un depósito con una estructura excelente, sin perturbaciones mayores, contribuye a una mejor difusión de los iones metálicos.

Cuando se tiene agitación rápida se presenta el problema del desprendimiento de partículas del ánodo, al mismo tiempo que se agita las partes sedimentadas del fondo de la cuba, ocasionando depósitos porosos y rugosos.

Concentración de las Soluciones

Debido a que los metales pueden depositarse a partir de soluciones que tienen disuelto compuesto de esos metales, se hace necesario tener concentraciones más altas posible de cada sal dada. Al emplear soluciones fuertes obtengo las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Una conductividad mayor
- Una densidad de corriente más elevada
- Una mayor eficiencia del baño

Desventajas:

- Costo más alto para la preparación de los baños
- La tendencia de cristalización sobre las paredes del tanque y de los electrodos.
- Probable descenso de la eficiencia catódica

En general, la composición más conveniente de una solución-electrólito será aquella que tenga pocos iones a depositar y muchas moléculas no disociadas dispuestas a disociarse rápidamente, liberando de esta manera iones metálicos que sustituirán a los que desaparecen de la película líquida catódica durante la electrólisis.

Cuanto más pequeña sea la concentración de iones metálicos dentro de ciertos límites, tanto más fino será el grano del depósito ya que aumentará la polarización catódica, y además será más uniforme ya que aumentará la difusión y se mejora la potencia del depósito.

Disposición de las piezas en las cubas.

Con el fin de tener un recubrimiento uniformemente distribuido, se debe tener cuidado al colocar las piezas en el baño, buscando la forma más adecuada para tal efecto.

Se ubican las piezas de tal manera que queden dentro del flujo electrogalvánico de los electrodos, bien cubierta por el electrolito y equidistante de los electrodos.

La ubicación de las piezas huecas debe ser tal que en ningún caso puedan retener burbujas de aire o gas en el electrolito.

1.3 Descripción del Problema

Los Laboratorios en Protección de Metales deben ofrecer diversidad de experiencias, con la finalidad de que los estudiantes puedan adquirir conocimientos básicos y complementarios, de utilidad en su formación académica y profesional, con el fin de tener un personal dotado y capaz de desenvolverse en cualquier ámbito dentro de la Industria Metalúrgica.

El Laboratorio de Materiales de la carrera de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) no cuenta con un banco experimental para electrodeposición de metales en sus instalaciones, lo cual permitiría a los estudiantes que puedan hacer

prácticas en la que se desarrollen experiencias que permita un mejor conocimiento de estas técnicas.

La construcción de este Banco Experimental para realizar recubrimientos de Metales mediante la Electrodeposición de Galvanizado es una contribución muy importante para este tipo de Laboratorios, debido a que estos procesos se utilizan frecuentemente y se convertirá en una importante herramienta didáctica.

Por lo que se expone a continuación un análisis e inventario de los equipos y demás implementos que posee el Laboratorio, para con ello definir aquellos reactivos y recursos necesarios que el Laboratorio deberá implementar, y así, llevar a cabo la instalación de este nuevo equipo una vez que ya este en funcionamiento, para tener todas las áreas cubiertas y pueda operar sin problema alguno y, con todas las facilidades del caso de recubrimiento que se vaya a analizar según la guía práctica que se tendrá a la disponibilidad tanto, del profesorado como de los estudiantes.

1.4 Formato para la Guía de Laboratorio

Las partes de las cuales esta formada la Guía de Laboratorio son:

- Encabezado y Pie de página.
- Número de Práctica.
- Tema.
- Objetivos.
- Fundamentos teóricos
- Material y Equipo utilizado.
- Procedimiento.
- Tabla de Datos y Resultados.
- Preguntas Evaluativas.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Bibliografía

CAPITULO 2

2. CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA EXPERIMENTAL.

2.1 Diseño del Banco Experimental.

Para la elaboración del banco experimental se ha considerado el siguiente esquema mostrado en la Figura 2.1, en la cual se presenta los diferentes procesos a seguir para obtener el recubrimiento deseado. Se debe acotar que este esquema puede variar según sea el caso, de acuerdo al recubrimiento que se desee aplicar o consideraciones de materiales existentes en Laboratorio para ejecutar la práctica o elaboración de esta experiencia dirigida por el Profesor o persona encargada.

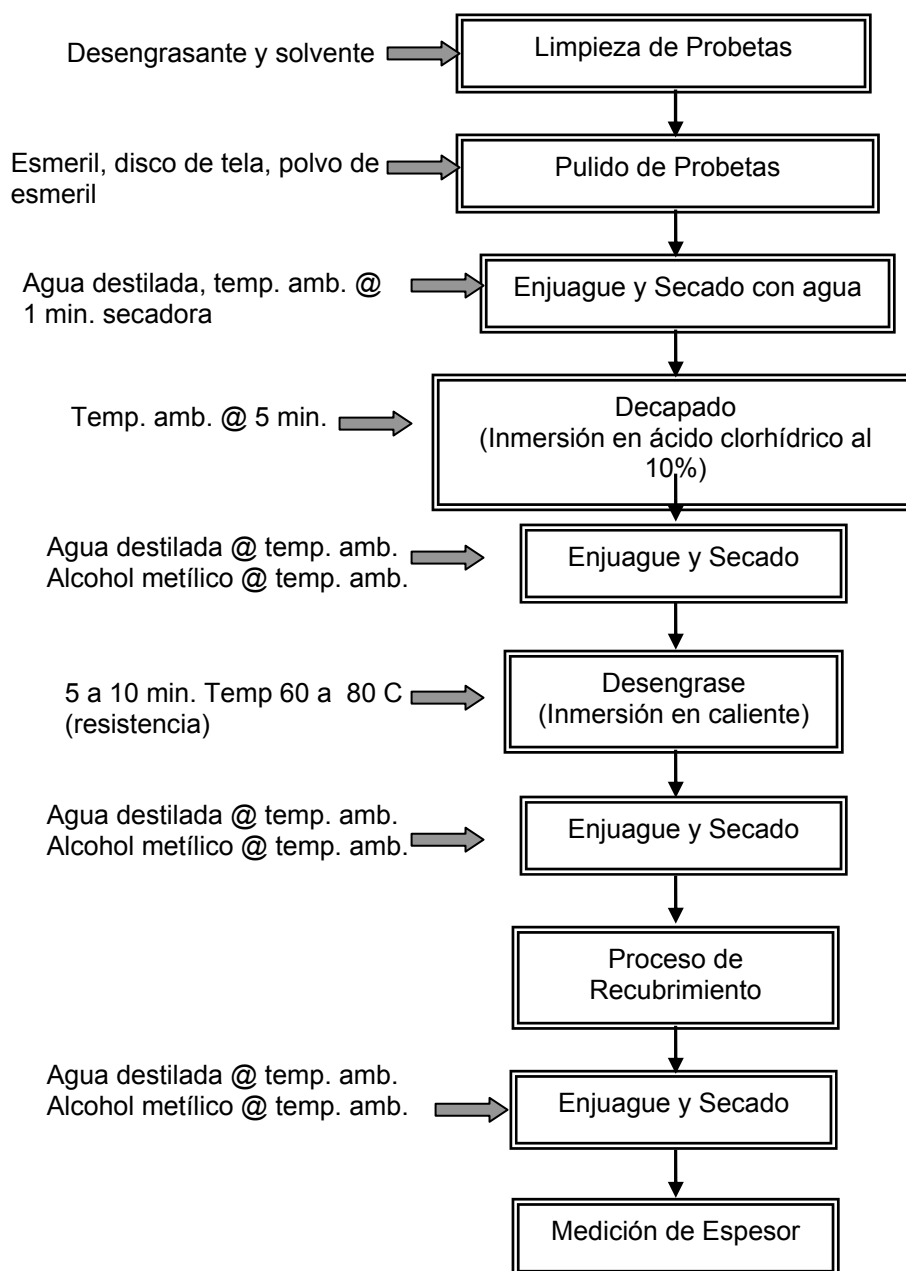


FIGURA 2.1. ESQUEMA DEL PROCESO DEL BANCO EXPERIMENTAL

A continuación se expone en la Figura 2.2 el proceso de construcción del Banco Experimental:



FIGURA 2.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL BANCO EXPERIMENTAL

Este Banco Experimental se construyó durante un mes, la cual consta de:

- Estructura de Acero inoxidable.

- Transformador Rectificador con un amperaje máximo de operación de 3 Amperios.
- Cubas o reservorios para realizar los baños respectivos y demás etapas del proceso de recubrimiento.
- Área de almacenamiento para los diferentes reactivos.
- Varillas de Cobre compuesto de conectores, cables sólidos, para que tenga buena conductividad y buena agilidad en su desplazamiento.
- Un agitador eléctrico, lo cual ayuda a mejorar la adherencia al recubrimiento en la etapa de inmersión o baño del metal base.

2.2 Guías de Práctica de Laboratorio de Metalurgia para varios tipos de Recubrimientos.

2.2.1 Práctica #1: Cobreado.

OBJETIVOS (Apéndice A):

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.
- Aumentar la protección a la Corrosión.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Cualquiera que sea el tipo de solución de electrolito utilizada, además de una estricta conservación de la pureza del electrolito, se debe mantener un adecuado pH en los baños ácidos y una relación Cu/cianuro en los baños alcalino cianurados.

La temperatura en los baños ácidos suelen oscilar entre 25 - 50°C y para los baños alcalino – cianurados entre 55 y 85°C.

La densidad de corriente empleada varía entre 2 – 8 amperios/dm².

El baño Alcalino - Cianurado posee cualidades superiores a los del resto de los electrolitos utilizados para la deposición del cobre. Su adherencia y poder de recubrir sobre el metal – base (constituido generalmente por hierro) son muy superiores a las del baño ácido al sulfato, debido en parte a la acción disolvente de óxidos, desengrasantes y pasivantes, que ejercen los cianuros alcalinos sobre el metal – base.

La solución-electrolito más comúnmente empleada como base para la deposición de cobre brillante posee la composición siguiente:

TABLA 3
COMPONENTES PARA EL BAÑO ALCALINO-
SATURADO

COMPONENTES	(gr/l)
Cianuro cuproso(CNCu)	120
Cianuro Sódico(CNNa)	135
Hidróxido Sódico(NaOH)	30
Abrillantante	0.1-10

La mayoría de estos baños operan a una temperatura de 75-85°C con una densidad de corriente de 3-6 Amp/dm² y una tensión de 2,5-4 voltios.

Las impurezas más corrientes los constituyen los iones, zinc, hierro, cadmio, níquel, cromo, plomo, mercurio.

Los abrillantadores que citaré y que han sido utilizados son: Trióxido de Arsénico (As_2O_3) disuelto en cianuro de Sodio y en cantidad de 0.5 – 1 (gr/l), Sales solubles de Plomo en cantidades de 0.003-0.015 (gr/l) de Pb, Tiosulfato Sódico ($\text{S}_2\text{O}_2 \text{Na} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (la cantidad de 0.1 - 0.3 gr/l) además del Sulfato y Bisulfato sódico (SO_3Na_2 y SO_3HNa) en cantidad de 3-5 (gr/l).

Se han usado también sustancias abrillantadoras que poseen una acción de brillo mayor que las sustancias inorgánicas descritas, de estos pueden citarse algunos derivados del acetileno (como el alcohol propargílico) y algunos derivados de la betanía.

Como bien se conoce los depósitos de cobre producidos con baños alcalinos se realizan sobre piezas de zamac o aleaciones de zinc, para posteriormente darles un baño de cobre ácido o níquel, sobre piezas de hierro para aumentar la protección a la corrosión.

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

El espesor de un depósito dependerá de los fines a que se destine el objeto tratado o de su recubrimiento posterior (niquelado o niquelado-cromado).

Cuando se utiliza el cobre como elemento protector contra la corrosión del aire húmedo, se aconseja un espesor mínimo de 0.020-0.050 mm y si bien es mejor, en general sobrepasar este límite dos o tres veces, debido a la irregularidad de la superficie a tratar.

Requisitos de la placa:

- El área de la superficie del artículo recubierto debe estar libre de defectos visibles, como ampolladuras, picaduras, rugosidades, rajaduras o discontinuidades en el recubrimiento.
- La pieza debe estar limpia y sin daños.

TABLA 4
ESPESORES SEGÚN RECUBRIMIENTOS

RECUBRIMIENTO	ESPESOR MÍNIMO (MILLS)	INDICE DE SERVICIO
Fe/Cu Cu ₅	5	1
Fe/Cu Cu ₁₅	15	2
Fe/Cu Cu ₂₀	20	3
Fe/Cu Cu ₅₀	50	4

Siendo el índice de servicio una referencia de acuerdo al tipo de recubrimientos.

TABLA 5
ÍNDICES DE SERVICIO PARA RECUBRIMIENTOS.

INDICE DE SERVICIO	CONDICIONES
1	Suaves incluyendo aplicaciones para los cuales la soldabilidad es el principal requisito (contactos eléctricos).
2	Maderados (ambiente interior)
3	Severas (ambiente a la intemperie)

4	Extremadamente severas, o donde el recubrimiento entre en contactos con los sedimentos y agua.
---	--

Tiempo requerido para el electro depósito.

Cualquier espesor de recubrimiento puede producirse en forma constante, solamente si la densidad de corriente y el tiempo de electrodeposición son estrictamente controlados. La regulación de voltaje no presenta ventaja alguna, a menos que signifique variaciones de la densidad de corriente para determinada instalación. El espesor promedio del electro depósito que se requiere para garantizar un espesor mínimo local, depende de la forma del artículo, la forma y el espesor de los ánodos, así como del poder de penetración de la solución.

Para formas complicadas, se requerirán períodos más largos. Cuando se someten a electro depósitos grandes cantidades de piezas pequeñas (ej: tratamientos en tambor), el tiempo del electro depósito debe incrementarse para asegurar el espesor normalizado en aquellos

artículos que reciben menos que la densidad de corriente promedio.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36)
- Ánodo de Cobre
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCL (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y Temperatura.

- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).
- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo:

- Cianuro de Sodio 80 gr/ltr.
- Cianuro de Cobre 51 gr/ltr.
- Carbonato de Sodio 15 gr/ltr.
- Hidróxido de Sodio 5 gr/ltr.
- Aditivo BO 6 8-12 cc/ltr.
- Temperatura 45-50 C
- Densidad de Corriente 0.1- 4 Amp./dm².
- Agitación mecánica.
- Tiempo de electrólisis 8 minutos.
- Intensidad de corriente total de 2 Amperios.

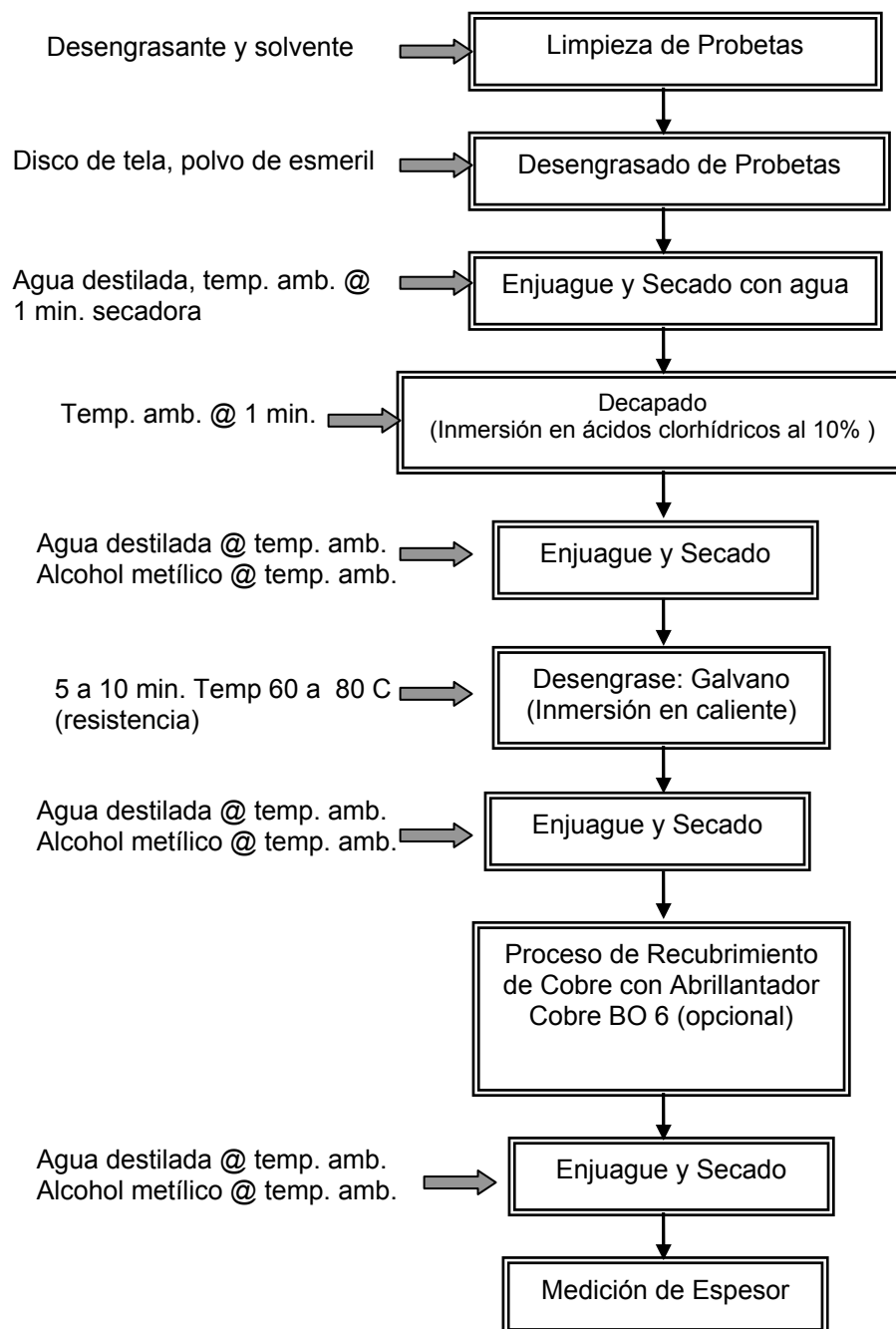
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.3: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE COBREADO.

[illegible]

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**BIBLIOGRAFIA****2.2.2 Práctica #2: Niquelado.****OBJETIVOS (Apéndice A):**

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.

- Satisfacer la obtención de depósitos de níquel más brillantes y de alta nivelación, sin afectar la dureza del recubrimiento.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

La deposición del níquel se realiza preferentemente sobre hierro o acero, directamente, ó después de depositar una capa de cobre.

Los baños brillantes, actualmente en su mayoría, se los realiza mediante baños con abrillantadores orgánicos. Los baños de níquel brillantes trabajan generalmente a temperaturas más altas, oscilando esta temperatura entre 45 – 75°C, según sus características. Las densidades de corriente utilizadas son, así mismo, mucho más elevadas, variando entre 2 – 8 Amp/dm², exigiendo además estos baños una continua agitación y un estado permanente de pureza.

La relación ánodo/cátodo deseable para estos baños es 1:3.

BAÑOS CON ABRILLANTADORES ORGÁNICOS

La mayor parte de los baños níquelado abrillantadores orgánicos usados actualmente, aparte de los productos de adición de efectos abrillantadores presentan la composición clásica de un baño de tipo Watts.

En el galvanizado con níquel se pueden utilizar baños de sulfamatos o baños Watts con sulfatos de níquel. El baño con sulfamatos generalmente está compuesto de sulfamato de níquel, ácido bórico, bromuro de níquel, ánodos de níquel y aditivos que influyen sobre las propiedades. El sulfamato de níquel ($Ni(SO_3NH_2)_2$) es la fuente principal de iones de níquel en este tipo de baño. En un baño Watts de níquel modificado, las sales utilizadas con más frecuencia son el sulfato de níquel ($NiSO_4$), como la principal fuente de iones, y el cloruro de níquel por su efecto despasivizante (que hace activa la superficie de depósito) de los iones de cloro sobre los ánodos de níquel.

La concentración de cada uno de estos constituyentes en el baño es la siguiente:

TABLA 8
BAÑOS CON ABRILLANTADORES ORGÁNICOS

COMPONENTES	gr/l
Sulfato de Níquel($\text{SO}_4\text{Ni Cu}$)	250-350
Cloruro de Níquel($\text{Cl}_2\text{Ni } 6\text{H}_2\text{O}$)	35-50
Ácido bórico(BO_3H_3)	35-45

El pH del baño se acostumbra a mantener entre 2.8 y 4.5 siendo la temperatura de trabajo de 46-65°C, y la densidad de corriente de 2-6Amp/dm².

Las impurezas más frecuentes de estos baños las constituyen el zinc, hierro, cobre, plomo, aluminio, y cromo hexavalente, siendo necesaria su eliminación cuando se hallen presentes en cantidades superiores a 0.01-0.05 gr/l.

Es así mismo imprescindible la agitación de la solución electrolito, ya sea por insuflación de aire a presión o mediante un movimiento de vaivén de la barra catódica.

Respecto a los agentes de adición utilizados en estos baños, los agentes estabilizantes en muchos casos denominados “abrillantadores primarios, ejercen dos funciones:

- ✓ Contribuir a dar depósitos relativamente brillantes sobre el metal-base.
- ✓ Aumentar la solubilidad del segundo agente brillo.

De los compuestos descritos se citan los siguientes: ácidos $\alpha - \beta$ -naftalen-monosulfórico y sus sales, ácido naftalentrissulfórico y sus sales, ácido o benzoico-sulfimida y su sal sódica, benceno-sulfonamida- sal de ácido benceno-sulfo-hidroxámico, paratolun-sulfonamida o toleunsulfonamida.

Parece ser que los derivados de la sacarina y las sulfonamidas son las que presentan mejor cualidades como agentes estabilizantes.

La cantidad de agente estabilizante a añadir al electrolito viene limitada por su solubilidad en él, la cantidad presente en el baño está comprendida entre 1 y 3 gr/l.

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO Y ELIMINACIÓN DEL MISMO.

El espesor de los recubrimientos de níquel varía según sus aplicaciones y el metal-base a recubrir.

Cuando el niquelado se realiza únicamente con fines decorativos el espesor de la capa es de solo 0.0025-0.035mm, proporcionando poca protección contra el ataque de la corrosión. Para que esta protección sea eficaz el espesor de la capa debe ser mucho mayor, entre 0.03-0.05mm, e incluso debe ser hasta 0.3mm cuando el niquelado se emplea para fines especiales.

TABLA 9
ESPESOR MÍNIMO DE NÍQUEL REQUERIDOS SEGÚN
NORMAS A.S.T.M.

Metal Base	Recubrimientos	Espesor de recubrimiento en mm			
		DS	FS	KS	QS
Hierro o acero	Cobre + níquel	0.051	0.030	0.019	0.010
	Níquel final	0.025	0.015	0.010	0.0051
	Níquel directamente	0.051	0.030	0.019	0.010
Cobre, Latona y Bronce			FC	KC	QC
	Níquel		0.013	0.0076	0.0025
Zinc y aleaciones		PZ	KZ	QZ	OZ
	Cobre+níquel	0.030	0.019	0.013	0.051
	Níquel final	0.013	0.0076	0.0076	0.025

Los ánodos preferidos son los obtenidos por vía electrolítica, debido a su mayor pureza, buena solubilidad, se emplean en baños calientes y con alto contenidos de cloruros. Sin embargo este tipo de ánodo es más caro que el obtenido por fusión, desgastándose además de modo mucho más irregular.

Recubrimientos Electrolíticos de Níquel

- **Cumplimiento de requisitos**

a) Llevar un control periódico regular de todas las soluciones y hacer inspecciones regulares de todos los equipos, poniendo atención especial en los contactos eléctricos y en la exactitud de los instrumentos.

b) Tener un departamento de ensayo y laboratorio para la ejecución de baños normalizados, y para determinación inmediata de posibles irregularidades. Para plantas en las cuales el trabajo es continuo por períodos largos, la calidad de los recubrimientos de níquel deberá comprobarse por lo menos dos veces por cada turno de 8 horas que todas las dificultades iniciales hayan desaparecido.

c) Mantener los requisitos internos de fabricación, entre un 5% a 10% sobre los normalizados aquí.

- **Tiempo requerido para el electro depósito**

Cualquier espesor de recubrimiento puede ser producido en forma constante, solamente si la densidad de corriente y el tiempo de electrodeposición son estrictamente controladas. La regulación del voltaje

no presenta ventaja alguna, a menos que signifique variaciones de la densidad de corriente para determinada instalación. El espesor promedio de electro depósito que se requiere para garantizar un espesor mínimo local, depende de la forma del artículo, la forma y de la posición de los ánodos, así como del poder de penetración de la solución. Para formas complicadas, se requerirán períodos más largos. Cuando se somete a electro depósito grandes cantidades de piezas requeridas (por Ej.: tratamiento del tambor) el tiempo de electro depósito debe incrementarse para asegurar el espesor normalizado en aquellos artículos que reciben menos que la densidad de corriente promedio.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36)
- Ánodo de Níquel.
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.

- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCl (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).
- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo (Tipo Watts):

- Sulfato de Níquel 300 gr/ltr.
- Cloruro de Níquel 60 gr/ltr.
- Ácido Bórico 45 gr/ltr.
- Ph 4.2-4.6.
- Níquel Galva 5000 4 ml/ltr.
- Níquel Make Up 20 ml/ltr.
- Glanzer Antipit 230 2 ml/ltr., o Glanzer Antipit A-33 2 ml/ltr.
- Temperatura 50-55 C
- Agitación mecánica.
- Tiempo de electrólisis 20-25 minutos.
- Intensidad de corriente total 2-3 Amperios.
- Voltaje de 6-9 Voltios.

RENDIMIENTO:

Níquel Galva 5000	1 litro por cada 7000 amp/h
Níquel Make Up	1 litro por cada 6500 amp/h
Níquel Glanzer Antipit 230	1 litro por cada 25000 amp/h

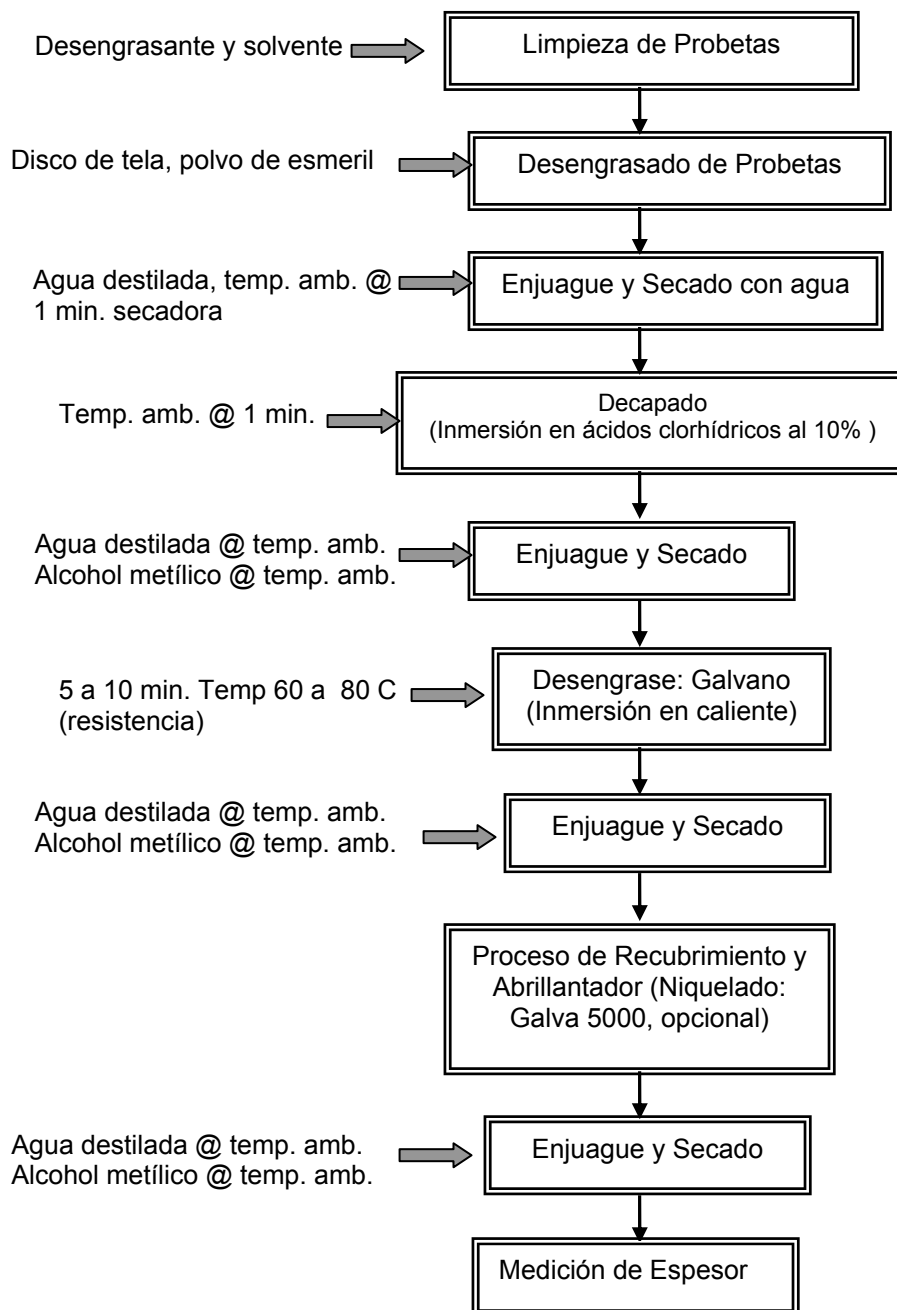
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.4: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO NIQUELADO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formato de Tablas 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**2.2.3 Práctica #3: Cromado.****OBJETIVOS (Apéndice A):**

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.

- Producir una capa fina de espuma y evitar exceso de desprendimiento.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

La aplicación principal de este tipo de recubrimiento reside en el hecho de constituir un magnífico depósito intermedio para el niquelado y posterior cromado de muchos metales; los tipos de baños son ácidos y alcalinos cianurados.

Los insumos químicos utilizados para el proceso del cromado son:

Hidróxido de sodio (en escamas): NaOH

Carbonato de sodio: Na_2CO_3

Meta silicato de sodio

Tripolifosfato de sodio

Cianuro de sodio: NaCN

Cianuro de cobre: CuCN

Bisulfito de sodio

Sulfato de Níquel: $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Cloruro de Níquel: NiCl_2

Ácido Bórico: H_3BO_3

Peróxidos de hidrógeno: H_2O_2

Nitrato de plata AgNO_3

Oxido crómico (en escamas): CrO_3

Ácido sulfúrico: H_2SO_4

Los ánodos (láminas o planchas):

-Aceros o hierro

-Níquel

-Plomo-estaño (7% Sn)

-Cobre

TRATAMIENTO PREVIO ANTES DEL CROMADO

Por su naturaleza fuertemente oxidante, la solución de ácido crómico es capaz de efectuar recubrimientos de superficies metálicas ligeramente engrasadas y no tan escrupulosamente libres de materias extrañas como se requiere al efectuar el recubrimiento con soluciones de otros metales. La considerable cantidad de gas que se libera durante la operación sirve también para eliminar cualquier ligera película que pudiera quedar. En general, los depósitos de níquel pueden ser cromados

directamente después de pulimentarlos, sin ningún tratamiento previo de limpieza, con tal que no transcurra un tiempo excesivo entre el acabado y el recubrimiento electrolítico.

La limpieza electrolítica, seguida de una inmersión en ácido sulfúrico diluido antes del cromado, no es muy utilizada, pero puede ser práctica en ciertos casos excepto para aplicarla a la producción en gran escala. Tal sistema de limpieza puede hacer mucho para reducir al mínimo el perjuicio ocasionado por los defectos de cromado debidos a la contaminación de la superficie por grasa o por la composición de pulir, o consecuentes a la ligera oxidación de la superficie.

Si se utiliza este sistema, son necesarios dispositivos muy eficientes para el enjuague, a causa de la extrema sensibilidad de la solución al radical sulfato; en aquellos casos en que los objetos a recubrir están contruidos de tal manera que resulta difícil, por no decir imposible, la eliminación de las trazas de ácido, es mejor evitar los procedimientos de limpieza húmeda de este tipo. En realidad, el problema de la eliminación del ácido suele ser

uno de los más difíciles de resolver, incluso con un buen lavado.

MATERIA PRIMA

Las materias primas o materiales a tratar que generalmente representan para darle el tratamiento de cromado brillante pueden ser: muebles (silla, mesas, etc.), instrumentos de música.

Por otra parte, las materias primas o materiales a recubrir con cromo duro pueden ser: todo tipo de matrices, ejes hidráulicos, asientos de rodamientos, asientos de rodajes, gusanos extrusores, guía hilos, rodillos, cigüeñales, vástagos (de trenes de aterrizaje), pistones, árboles de levas, camisetas de motores, soportes de aparato de óptica, malla de ladrilleros (minería), etc. todos con fines de darles mejor dureza.

PROPIEDADES DEL CROMO DEPOSITADO ELECTROLÍTICAMENTE

El cromado depositado electrolíticamente es un metal muy duro y tiene un mate azulado característico, así como una resistencia muy elevada a deslustrarse. En la práctica

corriente de los acabados metálicos, se aplica generalmente en forma de depósitos sumamente delgados (aproximadamente de 0.000025 a 0.000125 cm de espesor) para comunicar resistencia al deslustre a un depósito electrolítico subyacente (generalmente de níquel), que sirve de principal protección al metal de base al que se aplica. Los depósitos de cromo brillante tienen una dureza que oscila entre 400 y 1.200 unidades Brinell según las condiciones en que se ha efectuado el depósito. La dureza de todos los tipos de cromo depositado electrolíticamente es mucho mayor que la del metal fundido. (10, 11)

Para la electrólisis del cromo es conveniente emplear corriente continua filtrada. No es conveniente emplear corriente rectificada de media onda sin filtrar ya que en los momentos en que la tensión es nula el ácido crómico ataca al cromo pasivándolo. Al pasivarse aumenta la resistencia eléctrica del cromo y se disminuye la adherencia de las capas subsiguientes. De igual manera no se deben dejar las piezas a cromar inmersas en el electrolito sin corriente y cuando se sumerjan por primera vez deberá llevar la corriente conectada.

El voltaje esta determinado por la configuración de la cuba y los electrodos. Lo que hay que controlar es la intensidad de corriente. De cualquier manera el voltaje suele estar por debajo de los 7 voltios. El cromo duro y el cromo brillante son exactamente iguales, lo único que ocurre es que la capa de cromo duro suele ser mucho más gruesa y se aplican mayores intensidades para que este mayor espesor se consiga antes.

DIFERENTES TIPOS DE BAÑOS (DECORATIVOS Y DUROS)

Una formulación típica para el cromado decorativo a temperatura ambiente es la de J. Hyner, la cual puede ser aplicada sobre diferentes metales de base. Este baño consta fundamentalmente de anhídrido crómico, fluorosílico de sodio y sulfato de sodio. El tiempo de electrodeposición es de 6 a 10 minutos. Para el cromado decorativo, es suficiente aplicar un espesor de 0,25 μm .

Baños de cromo microfisurado: En los baños de cromo, con el tiempo, se comprobó que resultaba más efectivo obtener una capa porosa o fisurada ("microcracked") de cromo, para que el proceso de corrosión fuera controlado.

Partiendo de este concepto, se ha formulado diversos electrolitos a tal fin.

La norma ASTM B-456-67, exige 40 μm de níquel si se deposita cromo común sobre él, o 30 μm , si se deposita cromo microfisurado. Queda a la vista el mayor poder protector que esta combinación le otorga al material de base.

Los fundamentos teóricos que explican este comportamiento, se basan en los potenciales electroquímicos del cromo y del níquel. Al existir alguna fisura o poro, la corrosión tiende a disolver el níquel, que actúa como ánodo, frente al cromo, que actúa como cátodo. Al generarse esto en un punto determinado de la película depositada, la disolución es muy veloz, dejando rápidamente al desnudo al metal base. Esto ocurre porque la densidad de corriente galvánica que generan los dos metales es muy alta, por ser pequeña la superficie de corrosión.

Si se aplica el mismo razonamiento a una superficie porosa, se generara más puntos de corrosión, pero disminuyendo la densidad de corriente galvánica, ya que

la superficie que interviene es un gran porcentaje de la pieza. De esta forma, la velocidad de disolución del níquel por efecto de la corrosión es mucho menor.

Existen varias formas de conseguir una película de cromo microfisurado, pero la de uso más común en la actualidad, es la de depositar un baño de níquel semibrillante de base, dar luego un "flash" de níquel con muy alto "stress" superficial, y luego el cromo. Al quedar los tres metales depositados, se generará una gran tensión interna entre la segunda capa (baño de níquel) y la tercera (baño de cromo).

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36)
- Ánodo de Cromo.
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.

- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCL (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y Temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).
- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo:

TABLA 10
BAÑO DE CROMO DECORATIVO Y DURO

BAÑO DE CROMO DECORATIVO		
Temperatura (°C)	18°-25°	32°-40°
Ácido Crómico	255 gr/ltr.	
Densidad de corriente	3 a 20 amp./dm ²	
Aditivo CRA	8 ml/ltr.	15 ml/ltr.
Aditivo CRB	30 ml/ltr.	5 ml/ltr.
BAÑO DE CROMO DURO		
Ácido Crómico	250 gr/ltr.	
Temperatura	50 a 55 ° C	
Densidad de corriente	15 a 40 Amp./dm ²	
Aditivo CRA	15 ml/ltr	
Aditivo CRB	5 ml/ltr.	

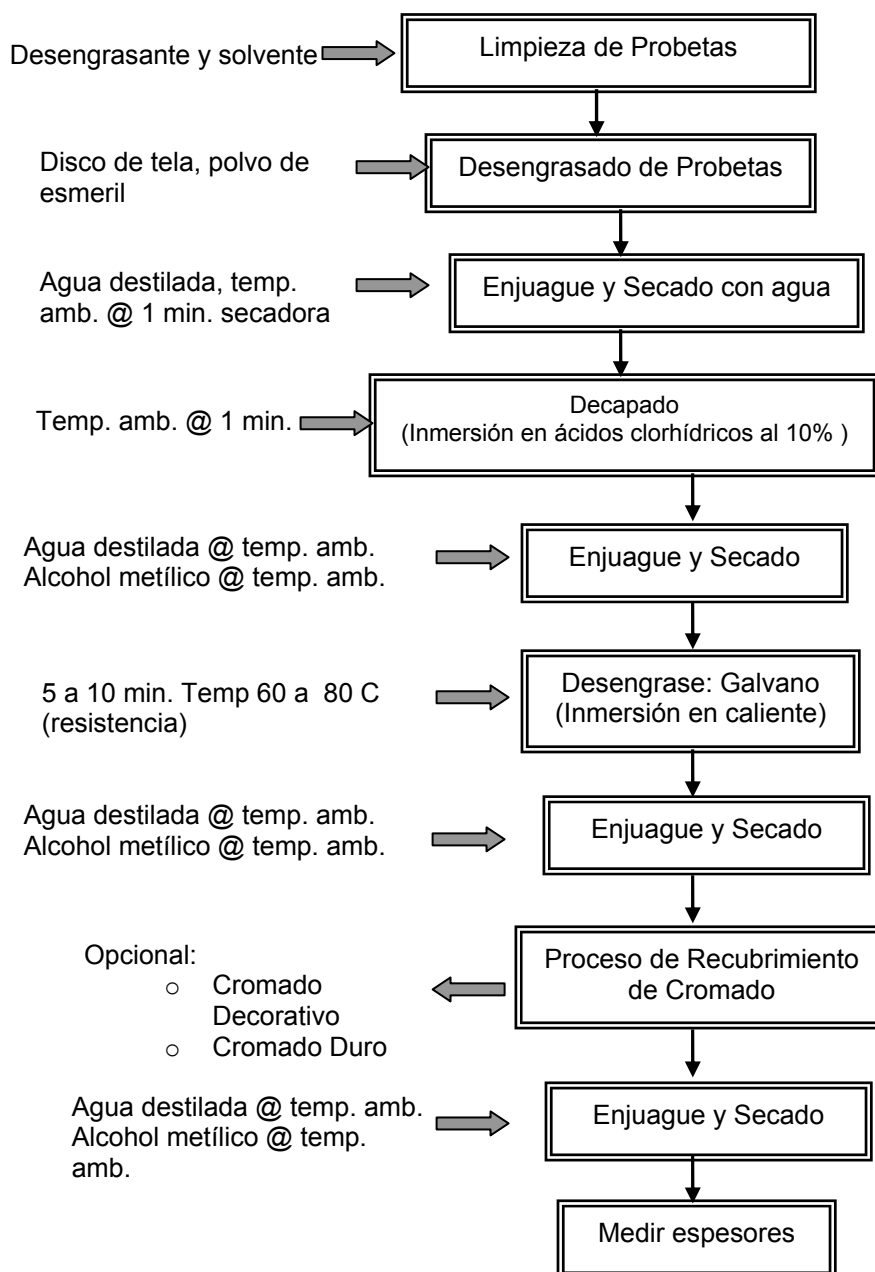
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.5: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CROMADO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formatos de Tabla 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**2.2.4 Práctica #4: Zincado.****OBJETIVOS (Apéndice A):**

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.

- Obtener un acabado de buena calidad y excelente brillo.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Se han utilizado sobre todo depósitos de zinc para proteger el hierro y el acero de los ataques de las atmósferas industriales, siempre que no sean fuertemente ácidas ni muy húmedas.

PODER DE PROTECCIÓN

Se debe a la formación sobre su superficie de una fina película de óxido, hidróxido o carbonato, la cual impide que el ataque del agente corrosivo continúe, produciendo su pasivación química.

De este modo, al recubrir el hierro o acero con una capa de zinc por proveer este último elemento un potencial más electronegativo, será el primero en ser atacado, disolviéndose en el agente corrosivo, mientras que el hierro permanecerá inalterado, siempre que exista una mínima cantidad de zinc.

SOLUCIONES-ELECTROLITO EMPLEADAS:

La mayoría de los baños de zinc brillantes utilizan como electrolito una solución alcalina cianurada, aunque también se han realizado baños ácidos:

BAÑOS ALCALINOS CIANURADOS

La composición del electrolito utilizado para esta deposición varía entre límites amplios:

TABLA 11
COMPOSICIÓN DEL ELECTROLITO UTILIZADO EN
BAÑOS CIANURADOS DE ZINC

COMPONENTES	GR/L	$M = \frac{CNNa \text{ Total}}{Zn \text{ Total}}$
Cianuro de Zinc $[(CN)_2Zn]$	30-82	
Cianuro Sódico $[CNNa]$	18-64	
Hidróxido de Sodio (Na OH)	75-112	

La temperatura generalmente utilizada oscila entre 25-45 °C y con una diversidad de corriente entre 1-5 A/dm², sin embargo en un intervalo algo mayor (1.5-5.5 A/dm²) y algunos casos hasta 10 A/dm², utilizando la mayoría una Temperatura media de 30°C. El valor de M en baños

brillantes oscila entre 2.5-2.75 A/dm² con una temperatura entre 20-30°C, y 3-3.5 Voltios su Tensión.

Entre los abrillantadores de tipo orgánico utilizados en estos baños debe agregarse a la solución electrolito independientes o acompañados (por su capacidades de eliminar los iones extraños de la solución electrolito), entre las sustancias inorgánicas están los cationes de Molibdeno, Níquel, Wolframio, Uranio, Renio, Magnesio, Selenio, etc., y algunos aniones, sulfuros y tiosulfato. Los más utilizados son las sales de molibdeno (Trióxido de Molibdeno [MoO₃], Molibdato [MoO₄]), y las sales sódicas o potásicas de sulfuro y tiosulfato.

En general puede decirse que su acción se manifiesta desde los 0.005 gr/l hasta los 40 gr/l siendo las concentraciones más frecuentemente empleadas de 0.5-12 gr/l según los tipos de electrolito.

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

Para recubrimientos de tipo GS, capaces de soportar atmósferas industriales corrosivas y ambientes marinos, el

espesor más conveniente es de 0.025 mm; para recubrimientos de tipo LS, de uso de exteriores con atmósferas no corrosivas, es suficiente un espesor de 0.0125 mm; y para recubrimientos de tipo RS, de uso en interiores con ambientes no corrosivos, basta un espesor de 0.00375 mm.

TABLA 12
ESPESOR DE RECUBRIMIENTOS SEGÚN EL
AMBIENTE DE EXPOSICIÓN

TIPO	CLASE	ESPESOR (MM)
I	GS	0.025
I	LS	0.013
I	RS	0.005
II	GSC	0.025
II	LSC	0.013
II	RSC	0.005

Tipo I: Se incluyen aquellos recubrimientos que no han sufrido al tratamiento posterior de abrillantado y pasivado en solución de cromato.

Tipo II: Se incluyen aquellos recubrimientos que han sido sometidos a dicho tratamiento.

TABLA 13
ESPESOR DE LOS DEPOSITOS DE ZINC MEDIANTE
UN BAÑO CIANURADO (CON RENDIMIENTO DEL 70%)

Espesor (mm)	g/dm ²	Tiempo de Electrólisis (min.) de distintas densidades de corriente					
		1 A/dm ²	1.5 A/dm ²	2 A/dm ²	2.5 A/dm ²	3 A/dm ²	4 A/dm ²
0.00203	0.146	10.2	6.8	5.1	3.97	3.4	2.55
0.00254	0.183	12.76	8.49	6.35	5.08	4.23	3.17
0.00508	0.367	26.5	16.94	12.7	10.27	8.38	6.35
0.0102	0.734	51.0	34.0	25.5	20.4	17.0	12.7
0.0152	1.100	76.3	51.0	38.2	30.6	25.5	19.1
0.0203	1.47	102	68.0	51.0	39.7	34.0	25.5
0.0254	1.83	127	84.9	63.6	50.8	42.2	31.8
0.0508	3.68	254	169.8	127.2	101.6	84.4	63.6

Se deben considerar los parámetros siguientes:

- ✓ El área máxima a recubrir en dm².
- ✓ La densidad de corriente máxima D_{máx} (A/dm²) de forma que la densidad de corriente está proporcionada por $I = A_{máx} \text{ o } D_{máx}$

- ✓ La función del transformador será de reducir la tensión de alimentación a la requerida.

PARÁMETROS OPERATIVOS DEL SISTEMA BAJOS DE CIANURO DE ZINC.

El control de la temperatura es crítica donde la temperatura óptima en la mayoría de los baños está entre los 29°C con rangos permisibles más restringidos que en los baños estándares de cianuro, las instalaciones adecuadas de enfriamiento son por lo tanto las más críticas con el contenido bajo de cianuro que con el sistema estándar.

DENSIDAD DE CORRIENTE DEL CÁTODO

Las densidades promedios de corriente del cátodo usado en la mayoría de los baños bajos en cianuro son de 1 a 3 Amp./dm², sin embargo algunos baños propicios no tienen la capacidad de alta corriente de los baños de cianuro y altas áreas de contenido de corriente, puede ser un problema más que con los baños convencionales.

Agitación

A diferencia de los baños estándares de cianuro en donde la agitación es realmente inexistente, la agitación área o mecánica de los baños con bajo contenido de cianuro son comunes y generalmente útiles para obtener una densidad de corrientes altas en el baño.

Filtración

La mayoría de los baños de bajo cianuro parecen ser más limpios operando cuando son comparados con el baño estándar o baño medio de cianuro. El baño es un limpiador pobre y suele ser removidos y cristalizados de baños de alto contenido de cianuro no pueden ser realidad afectada por el bajo contenido de cianuro.

Eficiencia

La eficiencia del baño de bajo cianuro en el envejecimiento es en gran manera comparado con el baño estándar desprendiendo del agente en particular, habiendo una diferencia sustancial en varios sistemas propicios, en un buen baño en bajo cianuro la eficiencia de la corriente es

más alta que en el baño estándar que en el baño promedio, sin embargo a medida que el baño envejece la eficiencia de corriente tiende a caer posiblemente por la formación de productos que causan averías y la eficiencia del baño de 2 o 3 meses la operación puede ser tanto como 30% menos del sistema de cianuro especialmente en densidades de corriente más altas como baño de cianuro estándar incrementan el hidróxido de sodio y el contenido de Zinc metálico incrementando la temperatura de la operación generando aspectos negativos o perjudiciales en el rango de brillo y usualmente elimina el beneficio de la eficiencia del rango incrementado como los efectos de baño y temperatura en la característica del enchapado de brillo con bajo contenido de Zinc.

EL PODER DEL ABRILLANTAMIENTO Y EL PODER DEL RECUBRIMIENTO.

El poder del recubrimiento de un baño de bajo cianuro operado a bajas densidades de corriente es intrínsecamente no tan buena o como el de baño estándar o de baño medio. En la mayoría de las operaciones, el

grado de diferencia, es pequeño y solamente en extremadamente profundas en partes huecas es un factor significativo. “Solamente esas partes donde hay muchos agujeros es un problema”

La mayoría de partes donde puede ser adecuadamente cubiertas en un baño estándar de cianuro similarmente debe ser enchapados en un baño de bajo cianuro de Zinc sin ningún problema de solución, tales como exceso de arrugas o donde se corre el producto, o un exceso de brillo.

Incrementar el abrillantador y contenido de cianuro con límites mejora el brillo, mejora la deposición de la densidad de corriente a un grado visible. Donde el poder de abrillantamiento es un problema el que se puede solucionar en la práctica incrementando el contenido de cianuro aproximadamente 15GR/L está en efecto, retorna el sistema en rango bajo o el baño de cianuro medio.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36).
- Ánodo de Zinc.
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCl (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y Temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).
- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.

- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo:

Baños con Cianuro de Zinc

Cianuro de Zinc 33.5 gr/ltr.

Cianuro de Sodio 44.5 gr/ltr.

Hidróxido de Sodio 80 gr/ltr.

R-Cianuro de Sodio/Zinc Metal 2.3-2.4

Brillo BZN-03 3-5 ml/ltr.

Baño con Óxido de Zinc

Óxido de Zinc 32 gr/ltr.

Cianuro de Sodio 56 gr/ltr.

Hidróxido de Sodio 80 gr/ltr.

R-Cianuro de Sodio/Zinc metal 2-2.1

Brillo BZN-03 3-5 ml/ltr.

- Tiempo de electrólisis 2 minutos.
- Intensidad de corriente total 3 amperios.
- Temperatura 20-45 °C.
- El rendimiento del Brillo de Zinc BZN-03 es de aproximadamente 1.7-2.5 litros por cada 10.000 Amp./hora.

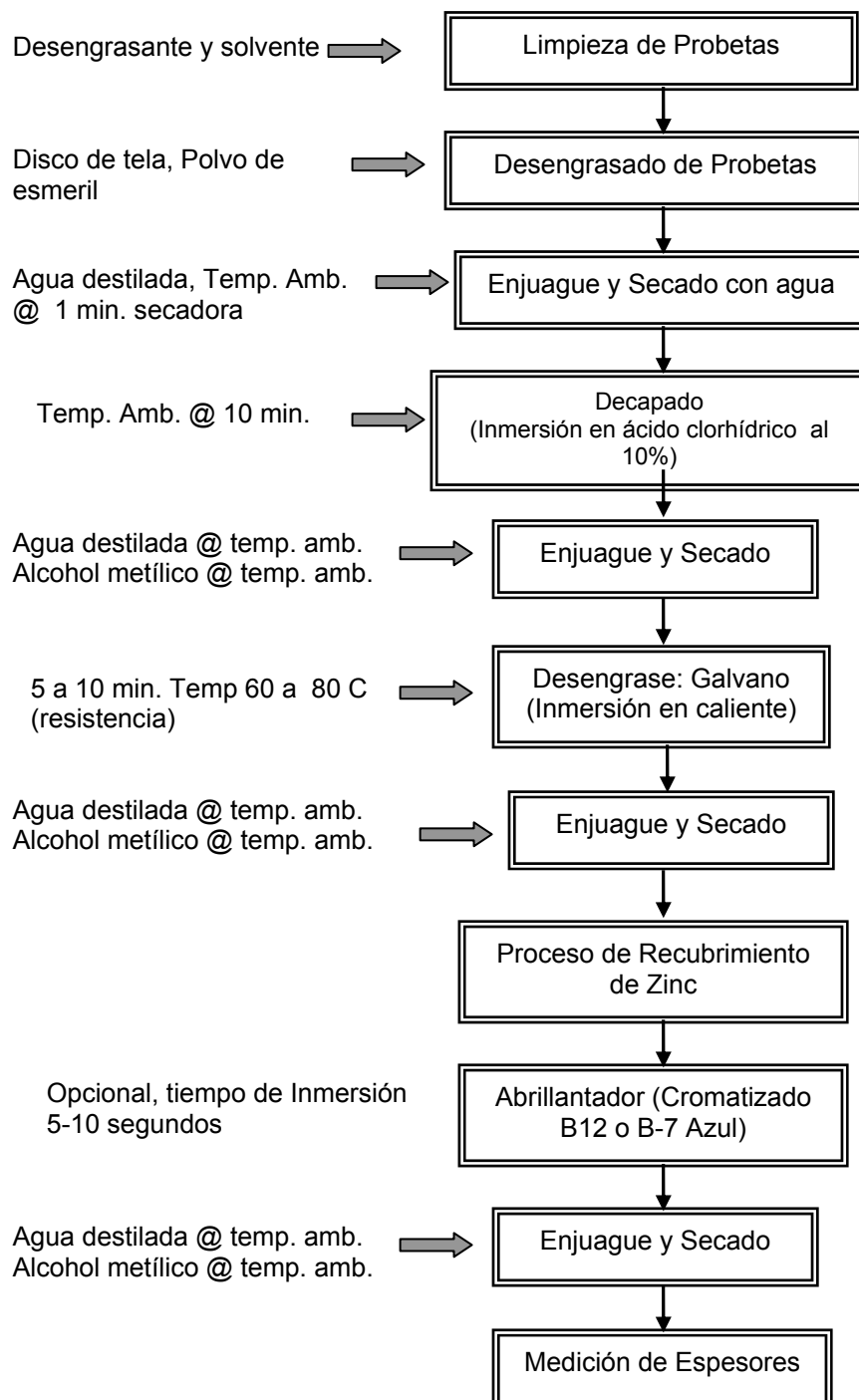
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.6: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE ZINCADO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formatos de Tabla 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**2.2.5 Práctica #5: Cadmiado.****OBJETIVOS (Apéndice A):**

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.

- Obtener una alta resistencia a la corrosión, especialmente cuando están sometidos a la presencia de agentes atmosféricos.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

El interés principal de estos recubrimientos, radica en su extraordinaria resistencia a la corrosión, los que los hace especialmente aptos para la protección del hierro y acero, sobre todo cuando estos materiales están sometidos a la presencia de agentes atmosféricos.

Los recubrimientos de cadmio pueden ser usados además de su buena capacidad protectora, dado que la aplicación del recubrimiento es sacrificada para proteger la parte del metal base que se encuentra bajo de él, también por su buena conductividad y fácil soldadura, natural lubricación, excelente conductividad eléctrica (1).

Los recubrimientos de cadmio obtenidos con los baños normales suelen tener ya un aspecto brillante con un color parecido al de la plata; ahora con los modernos baños brillantes, este brillo se aumenta

considerablemente, al mismo tiempo que su poder de protección. El cadmio es posible pulirlo y es suficientemente suave para ser decapado.

El rendimiento de esta propiedad protectora hace que el metal sea particularmente apropiado para la protección de materiales que realizan procesos de bateado o lavado de máquinas, esto es ideal para todo tipo de partes conformadas de hierro y acero, debido a que es altamente resistente a los poderes de lavado, como jabones, lejías, etc (3).

Actualmente el recubrimiento de metales con Cadmio ha disminuido en su mayoría por presentar principios cancerígenos.

BAÑOS ALCALINO-CIANURADOS

La composición base para estos baños, según se utilice para su preparación el óxido o cianuro de cadmio, varían según los límites que a continuación detallo:

TABLA 14
COMPOSICIÓN BÁSICA DE BAÑOS CIANURADOS

COMPONETES	GR/L
ÓXIDO DE CADMIO	30-45
CIANURO SÓDICO	80-120
CIANURO DE CADMIO	40-85
HIDRÓXIDO SÓDICO	20-40

La densidad de corriente oscila entre 1-3 amp/dm² según la composición y el abrillantador utilizado, siendo la temperatura de funcionamiento de 18-30°C. Se han propuesto numerosos agentes de adición para producir o incrementar el brillo de los depósitos de cadmio. Entre los abrillantadores de tipo inorgánico utilizados en estos baños se pueden incluir las sales de níquel, de cobalto, uranio, molibdeno, selenio, mercurio y aluminio (4).

Las más usadas de todas ellas son las de níquel y cobalto, especialmente las de níquel en la concentración de 0.05-0.4 gr/l. Muchos de los baños de zinc pueden ser usados también en los de cadmio,

solos o acompañados de sales inorgánicas, preferentemente de níquel (5).

Cuando los baños a utilizar son pocos concentrados y emplean densidades de corriente bajas, se acostumbra a adicionar abrillantadores únicamente de tipo orgánico. Cuando se emplean electrolitos concentrados que utilizan altas densidades de corriente, es preferible utilizar un abrillantador orgánico junto con algunas de las sales citadas preferentemente cianuro o sulfato de níquel en cantidades de 0.5-2 gr/l (6).

De los primeros abrillantadores orgánicos utilizados en estos baños cabe destacar una serie de proteínas naturales extraídas de la lana, además de leche y cafeína, a los que han seguido productos tales como dextrina, almidón, melaza, gelatina, glicerina, extracto de regaliz, goma laca, goma arábiga y aceites sulfonados en el que destaca el aceite rojo de Turquía.

Entre los electrolitos citados para producir depósitos brillantes de Cadmio, se destacan los siguientes:

TABLA 15
SOLUCIÓN CON ABRILLANTADOR

COMPONENTES	GR/L
ÓXIDO DE CADMIO	25
CIANURO SÓDICO	110
SULFATO SÓDICO	10-50
EXTRACTO DE REGALIZ	1.5

El pH de este baño oscila entre 12-13, siendo su temperatura de trabajo de 20-25°C, y su densidad de corriente de 1-3 Amp/dm².

En todos los casos la relación entre el cianuro de sodio total y el cadmio debe ser de 5:1 para mantener elevada eficiencia catódica del electrolito y reducir a un mínimo la formación de carbonato de sodio. Es aconsejable controlar diariamente el cianuro de sodio y semanalmente el cadmio metálico, agregando óxido de cadmio o hidrato si fuese necesario. Los abrillantadores son por lo general, ácido nítrico, peróxido y ácido crómico (7).

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36).
- Ánodo de Cadmio.
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCl (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y Temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).

- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo:

- Tiempo de electrólisis 2 minutos.
- Intensidad de corriente 3 Amperios.
- Temperatura 20-30°C.

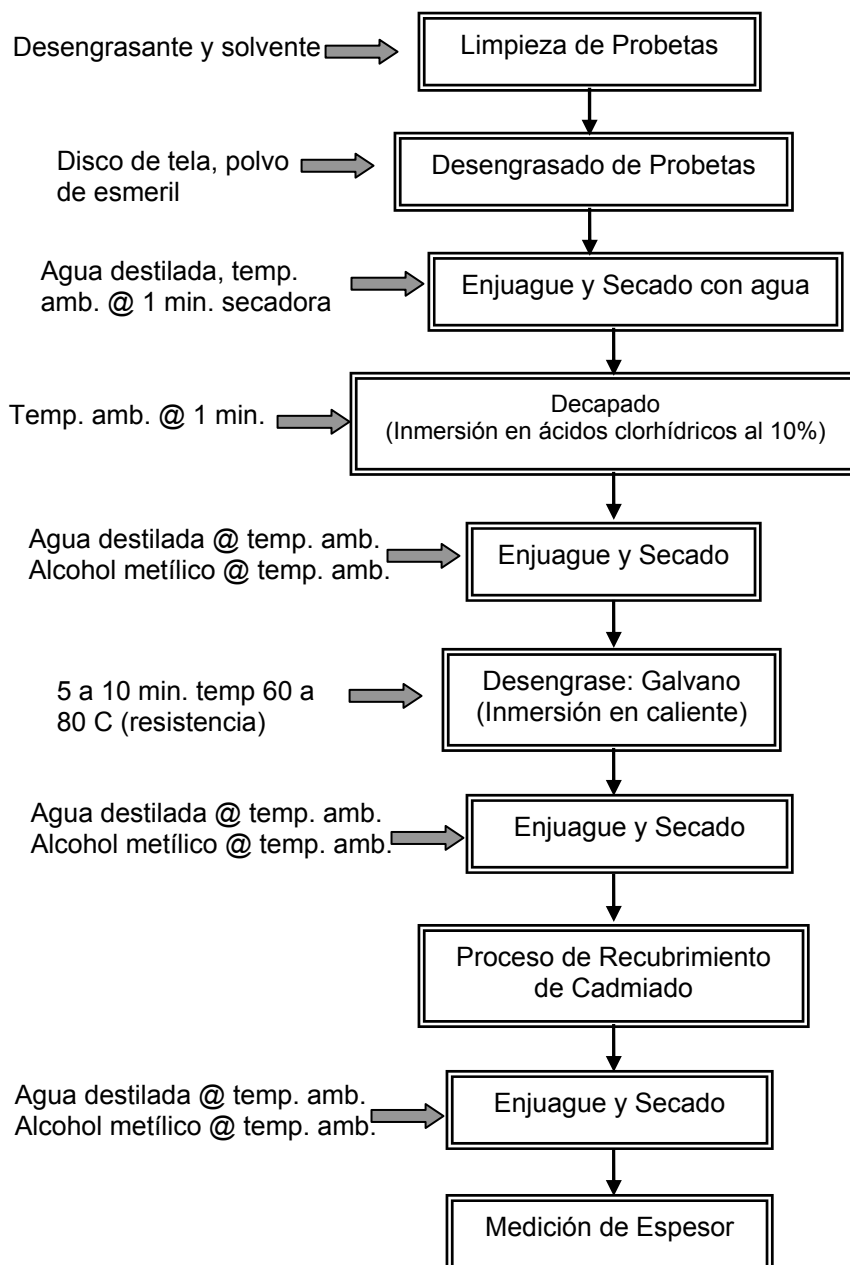
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.7: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE CADMIADO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formatos de Tabla 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**2.2.6 Práctica #6: Estañado.****OBJETIVOS:**

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.

- Dar capacidad de resistencia en los diferentes medios a los que se exponga el material.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

La gran importancia de estos recubrimientos reside en su capacidad de resistencia a los agentes atmosféricos, al agua y a diversas soluciones salinas y ligeramente ácidas. Por otra parte a su resistencia a los ácidos orgánicos (cítricos, málico, acético, láctico. etc.), en ausencia de un oxidante (como el oxígeno del aire) y el no tener carácter tóxico, hacen que sean especialmente aptos para la protección de envases en la industria de conservación de alimentos.

También se recubren, serpentinas de refrigeración, aparatos telefónicos, de radio, piezas de automóvil y aviones, industria papelera, etc.

Los baños de estaño brillante del tipo ácido no requieren temperaturas muy altas, trabajando entre -30°C , aunque en algunos casos especiales pueden llegar a alcanzar los 60°C .

Las densidades de corriente no son muy diferentes de las usadas en baños estañados de tipo mate, oscilando entre $0.6 - 5 \text{ Amp/dm}^2$, excepto en casos excepcionales en que se llegan a usar densidades de corriente en orden de los $12 - 15 \text{ Amp/dm}^2$. La relación ánodo /cátodo más comúnmente empleada para esta clase de baño es 1/1.

Estos tipos de baños requiere una correcta deposición, además de una conveniente agitación, un permanente estado de pureza.

SOLUCIONES – ELECTROLITO EMPLEADAS

Pertenecen a dos tipos distintos: soluciones ácidas y soluciones alcalinas. En el presente trabajo me referiré únicamente a las primeras, por ser las más frecuentes y de más fácil preparación y control.

Las soluciones – electrolito ácidas comprenden dos clases diferentes: las pertenecientes al tipo sulfato y las pertenecientes al tipo fluoroborato.

BAÑOS ÁCIDOS DE SULFATO

Se pueden agregar a estos baños otras sustancias, como sulfato sódico, en cantidad de 50 – 350 gr/l.

La temperatura de funcionamiento de estos baños para depósitos brillantes pueden pertenecer a diversos grupos químicos, desde productos naturales de origen vegetal o animal, como gelatina, resorcina, peptonas, cola animal, extracto de regaliz y guayacol, hasta productos de síntesis, como la fluoroglucina, piridina, β - naftol, ácidos cresol-sulfórico. Tenol-sulfórico.

Estas sustancias se acostumbran a usar una dosis que oscilan entre 0.5 – 10 gr/l. Generalmente se agregan dos o tres de ellas siendo una de las preferidas la gelatina o cola animal ablandada en agua.

La composición más corriente de esta clase de baños es la siguiente:

TABLA 16
COMPOSICIÓN DE BAÑOS ÁCIDOS DE SULFATO
PARA EL ESTAÑADO. (TIPO 1)

COMPONENTES	gr/l
Sulfato Estañoso	30 – 90
Ácido Sulfúrico	30 – 150

En el siguiente ejemplo de los diferentes baños ácidos del tipo sulfato se pueden indicar los siguientes:

Este baño opera a una temperatura de 20°C y con una densidad de corriente de 1 – 2.5 Amp/dm², siendo la tensión empleada de 0.6 – 0.9 voltios.

TABLA 17
COMPOSICIÓN DE BAÑOS ÁCIDOS DE SULFATO
PARA EL ESTAÑADO. (TIPO 2)

COMPONENTES	gr/l
Sulfato Estañoso	54
Ácido Sulfúrico Zinc	70-90
Ácido cresol – sulfúrico	100

β naftol	1
Gelatina o cola animal	2

Se puede también eliminar el depósito de estaño, por tratamiento anódico de la pieza recubierta en una solución contenida 100 – 130 gr/l de Na OH, empleando cátodo de hierro y utilizando una tensión de 6 voltios.

Apariencia.- Sobre la superficie significativa no deberán presentarse defectos visibles, como son: ampolladuras, picaduras, rugosidades, rajaduras o manchas. La magnitud de las ampolladuras y otros defectos superficiales fuera del área significativa debe ser de acuerdo en las partes interesadas. Las piezas deben estar limpias. La superficie recubierta debe ser de textura lisa y libre de nódulos o gránulos. Los recubrimientos abrillantados por fusión (How-brightemins) deberán estar libres de áreas no tratadas. El grado de brillo se determinará de acuerdo entre las partes interesadas INEN951. En caso de necesidad, el comprador proveerá al fabricante de una muestra con el acabado requerido.

Espesor.- Los espesores de recubrimiento se establecen en la tabla 18 columna 1. En la columna 2 se establece el índice de servicio Norma INEN951 aplicable a cada espesor de recubrimiento.

TABLA 18
ESPEJOR DE RECUBRIMIENTO DE ESTAÑO SOBRE
ACERO

RECUBRIMIENTO (ABREVIATURA)	ESPEJOR MÍNIMO (mills)	INDICE DE SERVICIO
Fe/u Sn4f	4	1f ^y
Fe/u Sn4	4	1
Fe/u Sn12	12	2
Fe/u Sn20	20	3
Fe/u Sn30	30	4

La aplicación de una subcapa de cobre, bronce o níquel, puede ser ventajosa y se deja a la elección del fabricante el utilizarlo o no, en todo caso, el espesor del

recubrimiento de zinc no debe ser reducido para cada índice de servicio.

Los espesores aquí normalizados son válidos para valores de rugosidad del metal base $R_a = 4\mu\text{m}$; los recubrimientos de espesor menor o igual a $12\mu\text{m}$ deberán presentar una superficie lisa.

El índice de servicio se define en la norma INEN951. Para recubrimientos de estaño sobre acero, las condiciones a que corresponde cada índice de servicio se establece en la Tabla 19.

TABLA 19
INDICES DE SERVICIO PARA RECUBRIMIENTOS DE
ESTAÑO SOBRE ACERO.

INDICE DE SERVICIO	CONDICIONES
1 y 1f	Suaves incluyendo aplicaciones para los cuales la soldabilidad es el principal requisito (contactos eléctricos).

2	Maderados (ambiente interior)
3	Severas (ambiente a la intemperie)
4	Extremadamente severas, o donde el recubrimiento entre en contactos con los sedimentos y agua.

ADHERENCIA

El recubrimiento deberá estar adherido en toda la superficie recubierta, y en especial en las superficies significativas. La adherencia se ensayará de acuerdo a la Norma INEN950 ensayo N°.6 para el caso general. En caso de discrepancia de las parte, se procederá a un segundo ensayo en otra muestra de acuerdo a la Norma INEN 950 ensayo 4.

POROSIDAD

Los recubrimientos de espesor igual ó mayor a 12µm se ensayarán de acuerdo a la Norma INEN1182 y los resultados se evaluarán según la norma INEN1176. Se rechazan las muestras que no alcancen las siguientes índices de corrosión.

TABLA 20
INDICES DE CORROSIÓN MÍNIMOS PARA
RECUBRIMIENTOS DE ESTAÑO SOBRE ACERO

RECUBRIMIENTO	INDICE DE CORROSIÓN
Fe/u Sn12	4
Fe/u Sn20	6
Fe/u Sn30	10

Para los recubrimientos Fe/u Sn12 y Fe/u Sn20 aplicadas sobre piezas con superficie significativa mayor porosidad (Norma INEN1182). El máximo permisible de cuadrados (M) de 5 mm de lado dentro de área de 50mmx50mm de mayor porosidad, no debería tener un índice de corrosión mayor del especificado en la tabla 19.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36).
- Ánodo de Estaño.

- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCL (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y Temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).
- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de trabajo:

- Tiempo de electrólisis 5 minutos.
- Intensidad de corriente 2 amperios.
- Temperatura 20-25 °C

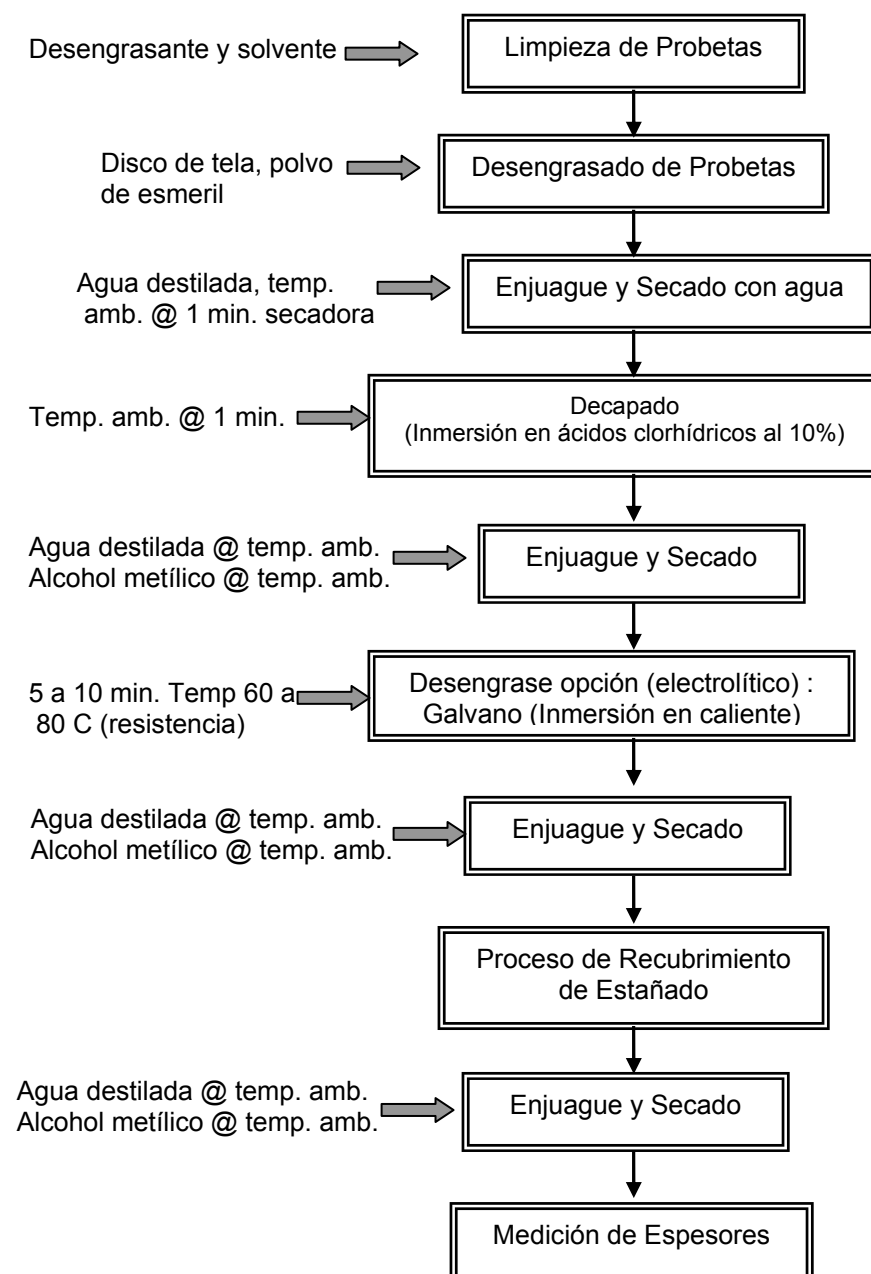
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.8: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE ESTAÑO.

El estaño es un excelente material de recubrimiento que se puede aplicar en capas extremadamente delgadas y bastante uniformes a la superficie de los metales, siendo resistente al ataque corrosivo de la atmósfera y de soluciones acuosas en ausencia de oxígeno.

Preparación del Metal base

Laminado en caliente-frío se recorta y las piezas se someten a un “decapado negro” un ácido clorhídrico al 10%.

Los espesores de chapas comerciales que oscilan entre 0.0004 y 0.0015 cm.

- En las soluciones alcalinas suelen ser más versátiles mostrando mejor poder de penetración a la vez que el entretenimiento del baño es más sencillo, la densidad de corriente no debe superar a los 5 amp/dm²
- Puede obtenerse un baño alcalino de estannato sódico satisfactorio disolviendo 90 gr. de esta sal, 7.5 gr. de

hidróxido sódico y 15 de acetato sódico en un litro de agua. El baño funciona a 60-80°C, con una densidad de corriente de 1 a 2.5 Amp/dm².

- Las soluciones ácidas, el estaño está presente en la forma de ión estañoso, Por consiguiente una cantidad determinada de electricidad depositará una cantidad de estaño dos veces mayor como máximo, que cuando se utiliza solución alcalina de estaño. Son de tipo sulfato-tenosulfurato, fluoborato y de helogenuros.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formatos de Tablas 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

2.2.7 Práctica #7: Plateado.

OBJETIVOS (Apéndice A):

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.
- Mejorar las propiedades de dureza de los materiales.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Los recubrimientos de plata realizados por medio de la corriente eléctrica son, los más antiguos, antes su aplicación fue al principio meramente decorativa, hoy su uso se ha extendido u otras ramas industriales: plateado de espejos metálicos, aparatos químicos en industrias alimenticias, contactos eléctricos para interruptores, fabricación reflectores.

DEPOSICIÓN DE LA PLATA

La ventaja de los depósitos brillantes sobre los mate, al igual que otros, que por una parte ahorran tiempo, mano de obra y metal (plata), al prescindir del pulido final y por otra parte presentan una mayor dureza y una mayor resistencia al velado.

Los baños de plata brillante requieren para su correcto trabajo temperaturas más bajas que las utilizadas en otros baños. Estas temperaturas oscilan entre 19 – 25°C, según el tipo de electrolito y densidad de corriente empleada. Las densidades de corriente son bastantes altas que las usadas en los baños de plata, estando comprendidas entre 0.5 – 3Amp/dm².

Estos tipos de baños requieren una adecuada agitación y filtración.

Es aconsejable para el buen funcionamiento de estos baños, que tengan una semejanza de los anteriores citados, la superficie anódica sea algo superior que la

catódica siendo la relación más apropiada de 1.5:1 aunque algunos pueden llegar a ser de hasta 2:1

TIPOS DE ELECTROLITOS

Para la obtención de estos recubrimientos brillantes se aplican hoy en día dos técnicas diferentes: una de ellas, la más comúnmente empleada, consiste en la adición de una serie de sustancias abrillantadoras a un baño convencional de platear. La otra más reciente, utiliza el pulido anódico, ya sea posterior al plateado, ya sea asociado a éste, haciendo uso de la inversión periódica de la corriente.

Baños con abrillantadores

Se utiliza una solución electrolito con un contenido en plata y cianuro mayor que en los baños habitualmente empleados para producir depósitos mate.

La concentración en Ag. de estos baños oscila entre 29 – 35 gr/l (pudiendo llegar a ser de hasta 40 gr/l) , la concentración en CNK libre está comprendido entre 42 – 60gr/l (pudiendo llegar a ser hasta 90 gr/l)

La composición base de la solución-electrolito corrientemente empleada es la siguiente:

TABLA 21
COMPOSICIÓN BASE DE SOLUCIÓN-ELECTROLITO

COMPONENTES	gr/l
Cianuro de plata (CNAg.)	36
Cianuro potásico (CNK)	60
Carbonato potásico	15 – 40
Plata metálica	29
Cianuro Potasico libre	42

La relación CNK/Ag. Es en este baño 1.44 pudiendo llegar a ser, hasta mucho mayor (hasta 2.2 – 2.5)

La temperatura suele ser de 20 – 27°C, siendo la densidad de corriente más adecuada de 0.6 – 1.6 Amp/dm² (pudiendo llegar a ser con agitación catódica de hasta 2 – 2.5Amp/dm²)

El abrillantador más antiguamente usado para producir depósitos brillantes de plata, ha sido el sulfuro de carbono (S_2C), ya sea solo o acompañados de otros.

Se prepara del siguiente modo: se adicionan a 1 litro de baño 10 – 20cc de sulfuro de carbono (y si se desea se adicionan además 10 – 20 gr/l de CNK) agitando fuertemente de vez en cuando, pudiendo utilizarse ya la solución sobrenadante como sustancia abrillantador. La cantidad de solución clara que se acostumbra a añadir el baño es de 0.1 – 0.5 cc/l.

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO Y ELIMINACIÓN DEL MISMO

Debido a los distintos usos a que se destinan los recubrimientos de plata es difícil dar normas respecto a los espesores más convenientes.

Cuando los recubrimientos de plata se emplean en ornamentación y uso doméstico el espesor suele ser de 0.08 – 0.1 mm en las partes de mayor roce, y de 0.03 – 0.04mm en los lugares de menos desgaste.

Los que más se utilizan son de 0.018 – 0.02mm en las partes de menor roce y de 0.03 – 0.04mm en las de mayor uso.

La eliminación del depósito de plata cuando ello fuese preciso se realiza por tratamientos de los objetos plásticos en una solución conteniendo 20 – 25 gr/l de CNNa, empleando una densidad de corriente de 1 – 2Amp/dm². También pueden eliminar los depósitos de plata sumergiéndolos en una solución caliente 60 – 70°C, conteniendo ácido sulfúrico al 10% y una pequeña cantidad de Nitrato Sódico o Potásico.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36).
- Ánodo de Plata.
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.

- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCl (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).
- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo:

- Tiempo de electrólisis 2-5 minutos.
- Intensidad de corriente total 1 amperio.
- Temperatura 18-20 °C

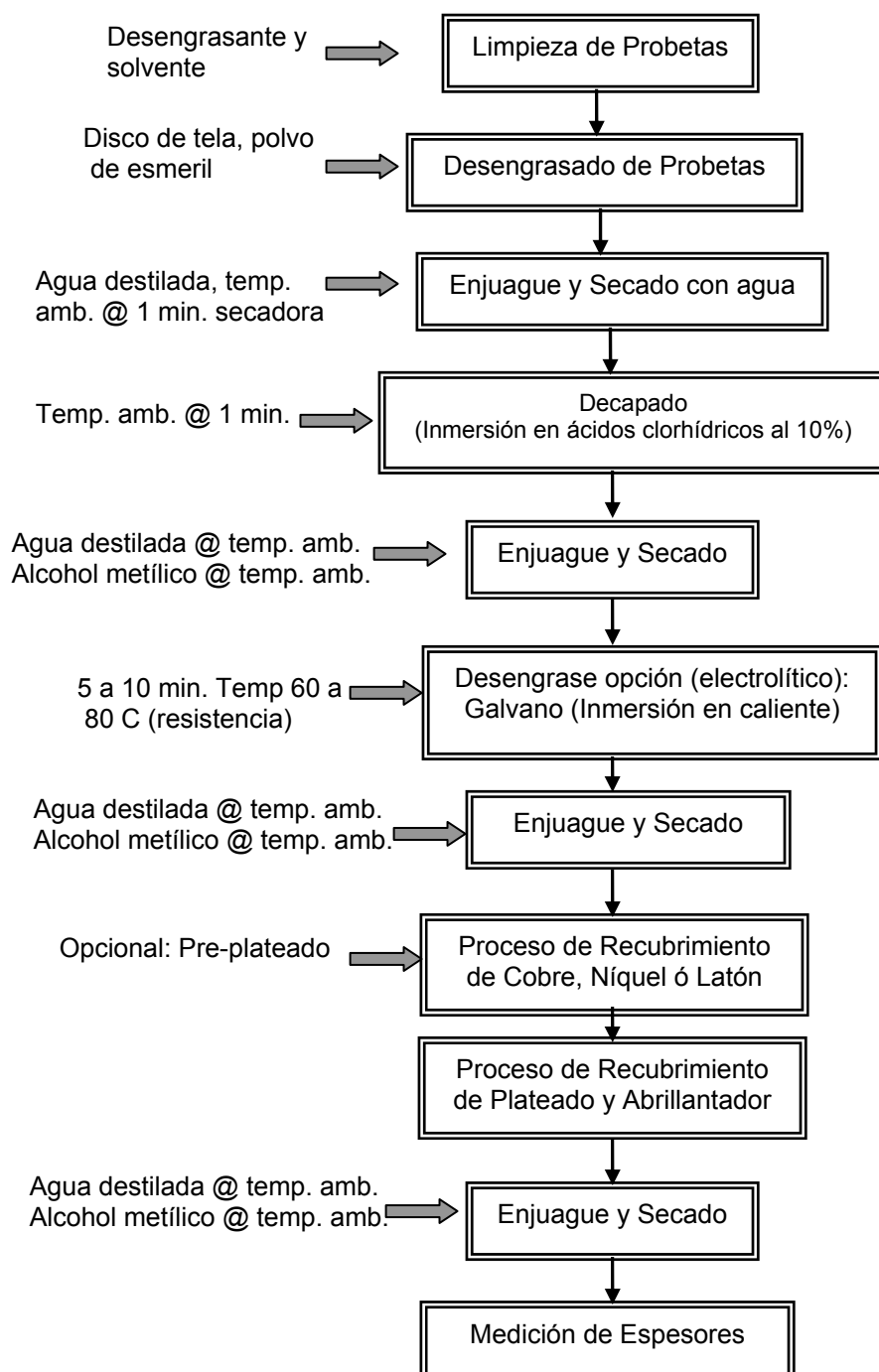
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.9: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE PLATEADO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formatos de Tabla 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**2.2.8 Práctica #8: Latonado.****OBJETIVOS (Apéndice A):**

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.

- Recubrir el material para dar un mejor acabado y poder darle un valor agregado al producto final.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

El latonado es un proceso electrolítico que consiste en la deposición de los elementos de dicha aleación sobre el electrodo negativo o cátodo, sumergido en una solución basada en sulfato o cianuro de cobre y zinc que está expuesta al paso de una corriente eléctrica continua. Al mismo tiempo que el cátodo recibe los iones para así evitar el empobrecimiento de la solución.

Al introducir en una solución de Cu y Zn dos electrodos, el primero de un material cualquiera y el otro de Latón, conectados a los polos negativo y positivo de una fuente de corriente directa respectivamente, se logra obtener una diferencia de potencial, produciendo de esta manera la circulación en la solución.

El Cu y Zn metálicos se encuentran disueltos en forma iónica en la solución, los cuales pueden ser simples, como en baño de sulfato de Cu y Zn, o pueden estar

en forma compleja como en los casos de baños alcalinos.

De esta manera, el momento en que se aplica el potencial a los electrodos, los iones cargados eléctricamente, se ponen en marcha hasta depositarse en uno de estos. Los iones cargados positivamente se dirigen al cátodo y los iones cargados negativamente se mueven hacia el ánodo.

Por efecto de la corriente en el cátodo se produce una reacción de reducción, mientras que en el ánodo se produce una reacción de oxidación. Estos dos fenómenos tienen lugar por las variaciones de valencia de los dos elementos. El número de electrones que liberan el cobre y zinc es el mismo ya que el cobre es polivalente y puede liberar uno o dos electrones y el zinc siempre libera dos electrones.

Para que se produzca la electrodeposición del metal en la superficie catódica se debe cumplir con las siguientes etapas:

Migración de los iones, en la cual los iones cargados eléctricamente migran hacia la región catódica.

Absorción de los iones sobre la superficie catódica, donde los iones se absorben en la superficie metálica, es decir se incorporan en una película superficial.

Difusión de los iones a través de la superficie anódica, la cual se produce entre la superficie metálica, llenando los espacios cargados de electrones, perdiendo las moléculas de hidratación.

Descarga de los iones, en la que los iones entregan su carga, se vuelven más neutros y se depositan formando átomos metálicos puros.

Los átomos metálicos de Cu y Zn se descargan de forma aleatoria, para después reorganizarse y formar cristales, los que dan como resultado una capa de Latón de la composición deseada.

El latón es una aleación de Cu y Zn en proporciones variables. Las aleaciones no pueden separarse bien electrolíticamente, porque las tensiones requeridas por lo general son diferentes. Si combináramos un baño ácido de Cu y un baño ácido de Zn, las tensiones que alcanzarán hasta 1.5 voltios, solo separarían a Cu, pero este último en forma pulverizada e inutilizable. Por esta razón se recomienda que los baños cianúricos ya que en ellos estos metales están ligados en forma compleja.

TABLA 22
SOLUCIÓN CIANURADA DE LATÓN (7)

CANTIDAD	ELEMENTO	FÓRMULA QUÍMICA
1 litro	Agua	H ₂ O
30 g	Cianuro potásico de Cu	Cu ₂ K ₄ (CN) ₆
30 g	Cianuro potásico de Zn	ZnK ₂ (CN) ₄
3 g	Cianuro de Potasio	CNK
5 g	Cianuro de Sodio	Na ₂ Co ₃
5 g	Sulfito de Sodio	Na ₂ Co ₃
4 g	Cloruro de Amonio	NH ₄ Cl

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36).
- Ánodo de Latón.
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCL (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).

- Balanza electrónica.
- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo:

- Tiempo de electrólisis 8 minutos.
- Intensidad de corriente 1 Amperios.
- Temperatura 20-40°C
- Sales de latón fuerte 257 gr/ltr.
- Temperatura 35-40 °C.
- Densidad de corriente 1-3 Amp/dm²

Concentración del Baño

Cianuro de Cobre 75 gr/ltr.

Cianuro de Zinc 30 gr/ltr.

Cianuro de Sodio 150 gr/ltr.

Cloruro de Amonio 2 gr/ltr.

Galbrass 1-2 ml/ltr.

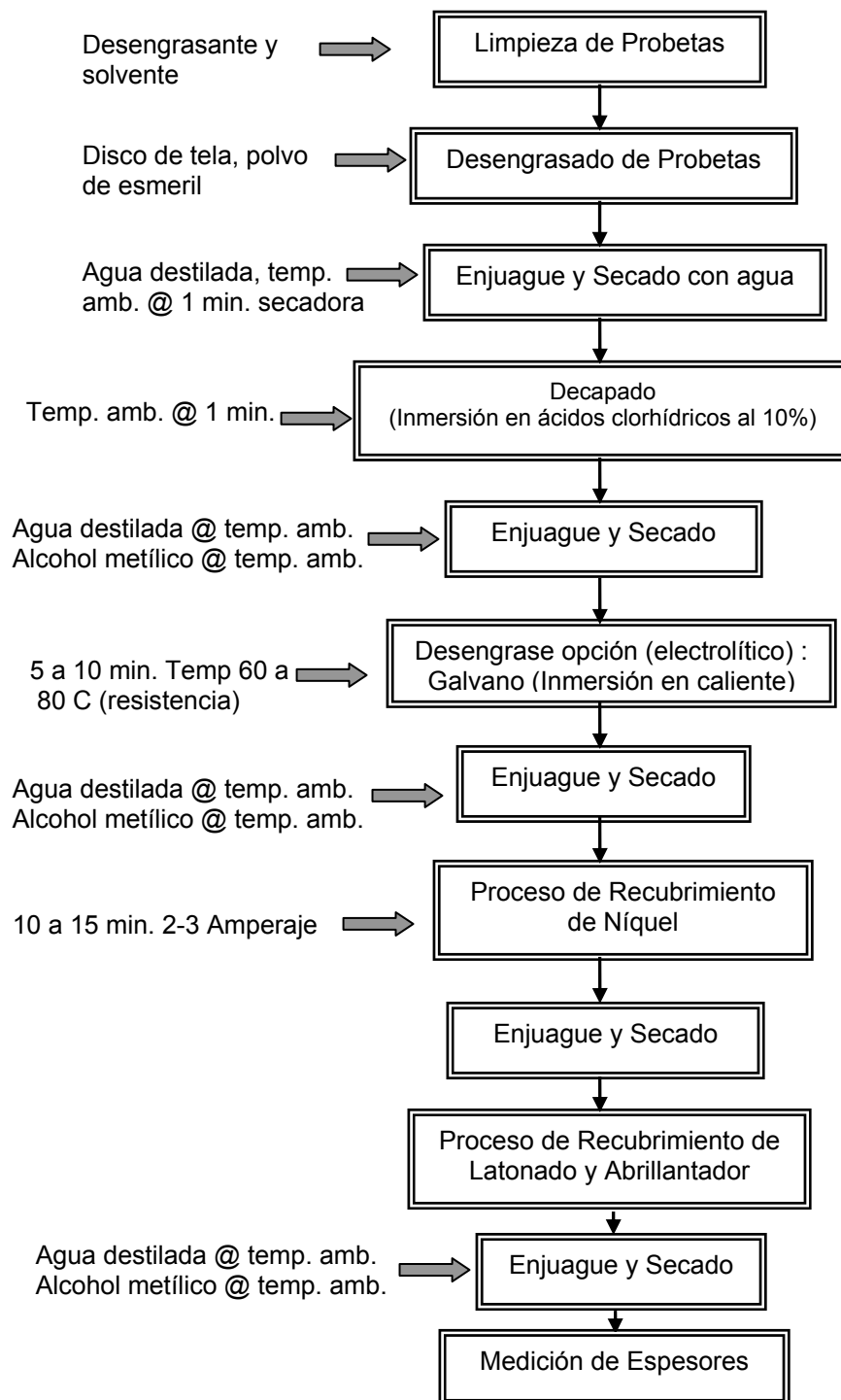
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.10: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE LATONADO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formatos de Tablas 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**2.2.9 Práctica #8: Dorado.****OBJETIVOS (Apéndice A):**

- Analizar el comportamiento de las probetas durante el baño con los parámetros establecidos.
- Establecer la cantidad de espesor que se desea obtener durante la prueba.
- Dar un aspecto decorativo al material base.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS:

Debido a su gran estabilidad y magnífico aspecto, los recubrimientos de oro han sido utilizados con preferencia en joyería, habiéndose extendido más recientemente su aplicación a otras ramas industriales, gracias a su extraordinario poder de protección contra la corrosión (fabricación de muelles, contactos eléctricos, partes de reloj, reflectores, etc.).

El oro se deposita generalmente sobre objetos de latón o latonados, directamente o prendido de un niquelado con objeto de evitar la variación que en su calor, pueda experimentar el metal precioso debido a la absorción por este del latón base.

CONDICIONES GENERALES DEPOSICIÓN DEL ORO

Los baños de dorar trabajan a temperaturas diferentes según se trate de baños de tipo cianurado o de otro tipo distinto.

Cuando el electrolito empleado es cianurado, la temperatura de trabajo está comprendido entre 25 – 60°C,

requiriendo otro tipo de electrolisis temperaturas superiores (de hasta 75 – 80°C).

Las densidades de corriente oscilen entre 0.5 – 1.5 Amp/dm².

La superficie anódica empleada en los baños de dorado brillante acostumbra a ser igual a la catódica, aunque en algunos casos es aconsejable que aquello sea superior (hasta 5 – 10 veces mayor).

TABLA 23
SOLUCIONES – ELECTROLITOS EMPLEADAS.

COMPONENTES	GR/L
Cianuro complejo de oro y potasio (67.5% Au)	4.1 – 8.2
Cianuro potásico libre	16.4 – 32.8

El electrolito está constituido por una solución conteniendo el oro como cianuro complejo soluble además de cianuro potásico libre y dos o más sustancias abrillantadoras. Un

buen electrolito – base para la deposición de oro brillante podría ser el siguiente:

En algunos casos el contenido CNK libre puede ser hasta 70 gr/l.

La temperatura de este baño cianurado está comprendida entre 25 – 60°C, y la densidad de corriente entre 0.5 – 2Amp/dm², los abrillantadores pueden pertenecer el tipo orgánico o al inorgánico.

El abrillantador de tipo orgánico uno de los cuales se usa independiente o asociado con el inorgánico, consiste en una sal soluble de un metal tal como níquel, estaño, cobalto, indio e incluso plata, ya sea esta del tipo del ácido etilendiamino – tetraacético o del ácido nitridotriacético.

La mayoría utilizan como abrillantador una mezcla de algunos compuestos orgánicos tales como glicerina (7.5 – 45 gr/l) y el aceite de ricino sulfonado (2.3 - .2 gr/l), y el compuesto soluble de antimonio, tratado de Antimonio y Potasio (0.1 – 1.2 gr/l).

Se debe citar entre los electrolitos más utilizados los siguientes:

TABLA 24
PRIMER TIPO DE ELECTROLITO

COMPONENTES	gr/l
Cianuro potásico	50
Fosfato disódico	125
Sulfato Sódico	5
Hidróxido Sódico	20

TABLA 25
SEGUNDO TIPO DE ELECTROLITO

COMPONENTES	gr/l
Cianuro potásico	70 80
Ferrocianuro potásico	33 – 40
Carbonato potásico	25 – 30

El objeto dorado actúa como ánodo, empleando como cátodo una lámina o hilo de hierro, cobre o bien carbono. La tensión a la cual trabaja el baño es de 15 – 20 Voltios.

ESPESOR DE RECUBRIMIENTO Y ELIMINACIÓN DEL MISMO

Los depósitos de oro, salvo en casos excepcionales, no suelen ser de gran espesor, siendo suficientes para esas decorativas películas de 0.0001 – 0.0005 mm, cuando los depósitos de oro se usan con fines industriales, su espesor es mucho mayor, variando entre 0.01 – 0.02 mm, siendo suficiente esta capa para una eficaz protección contra el ataque a la corrosión debido sobre todo a la carencia de poros de estos depósitos.

La eliminación de los depósitos de oro se efectúa por inmersión del objeto dorado en una solución conteniendo CNNa y H_2O_2 o bien una mezcla de ácidos: sulfúrico, nítrico y clorhídrico.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO:

Los equipos y materiales a utilizar son los siguientes:

Materiales:

- Probetas (2.5 cm X 5 cm, Acero ASTM A-36).
- Ánodo de Oro.
- Alambre de cobre conductor #10, para sostener las probetas.
- Barras conductoras de cobre.
- Papel filtro.
- Guantes de plástico.
- Lija gruesa # 200
- Lija fina # 400

Equipo:

- Ocho cubas.
- Vaso de precipitación graduados para contener:
 - ✓ Ethanol (Alcohol).
 - ✓ HCL (Ácido clorhídrico al 10%)
- Medidor de pH y temperatura.
- Cronómetro.
- Equipo suministrador de corriente.
(Transformador rectificador).
- Balanza electrónica.

- Embudo de cristal.
- Pipeta.
- Medidor de Espesores de Recubrimientos.

Condiciones de Trabajo:

- Tiempo de electrólisis 1-2 minutos
- Intensidad de corriente 1-1.5 Amperios.
- Temperatura 25-60°C

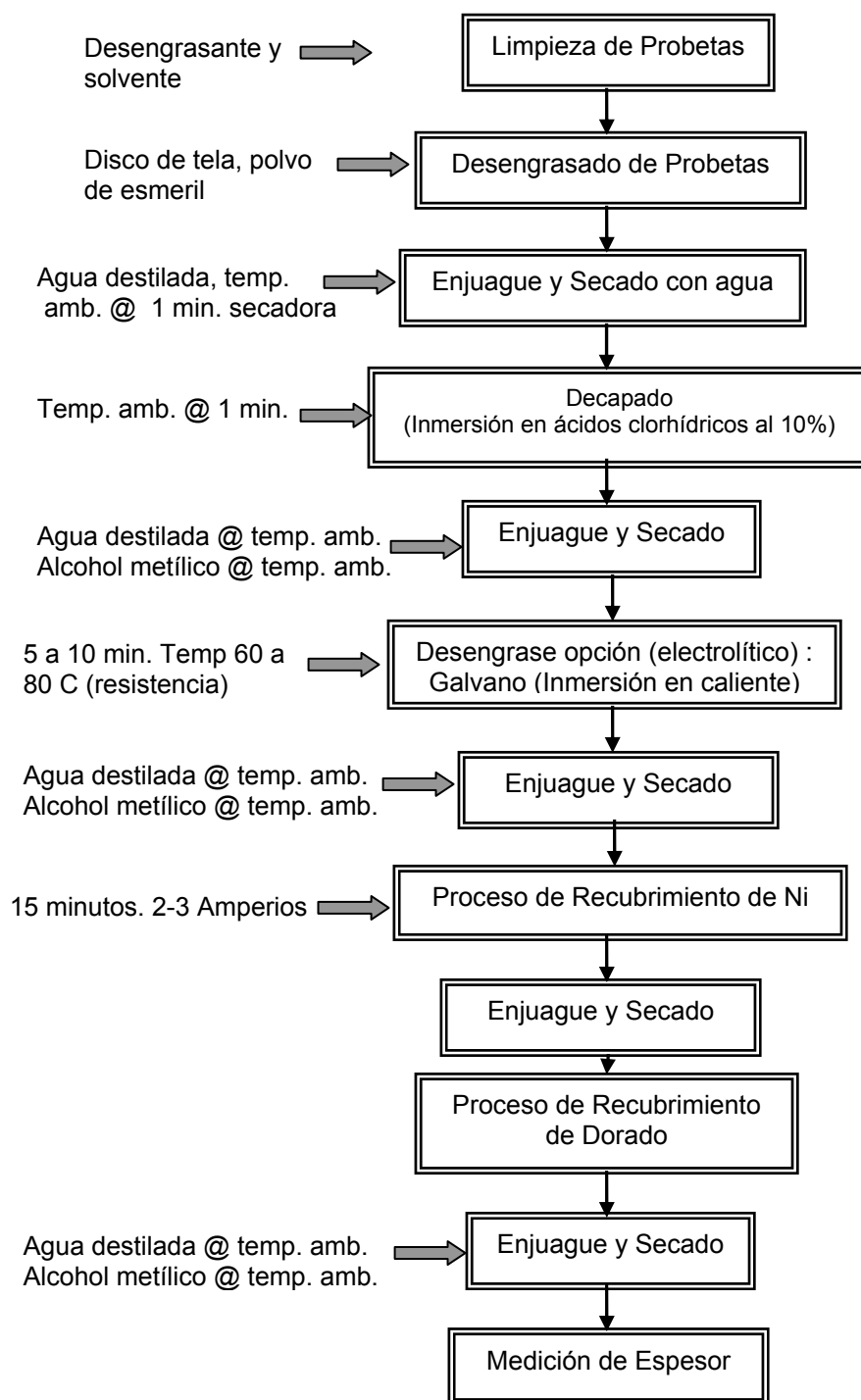
PROCEDIMIENTO:

FIGURA 2.11: PROCEDIMIENTO DEL RECUBRIMIENTO DE DORADO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

Según formatos de Tablas 6 y 7.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

- a) Amperaje vs. Espesor.
- b) Espesor vs. Tiempo.
- c) Potencia vs. Espesor.
- d) Densidad de Corriente vs. Espesor.

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**BIBLIOGRAFÍA**

CAPITULO 3

3. DEMOSTRACIÓN OPERATIVA DEL EQUIPO CONSTRUIDO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1 Desarrollo de la Práctica #4: Zincado.

Condiciones de Trabajo:

Baños con Cianuro de Zinc

Cianuro de Zinc 33.5 gr/ltr.

Cianuro de Sodio 44.5 gr/ltr.

Hidróxido de Sodio 80 gr/ltr.

R-Cianuro de Sodio/Zinc Metal 2.3-2.4

Brillo BZN-03 3-5 ml/ltr.

- Temperatura 20-45 °C.
- El rendimiento del Brillo de Zinc BZN-03 es de aproximadamente 1.7-2.5 litros por cada 10.000 Amp./hora.

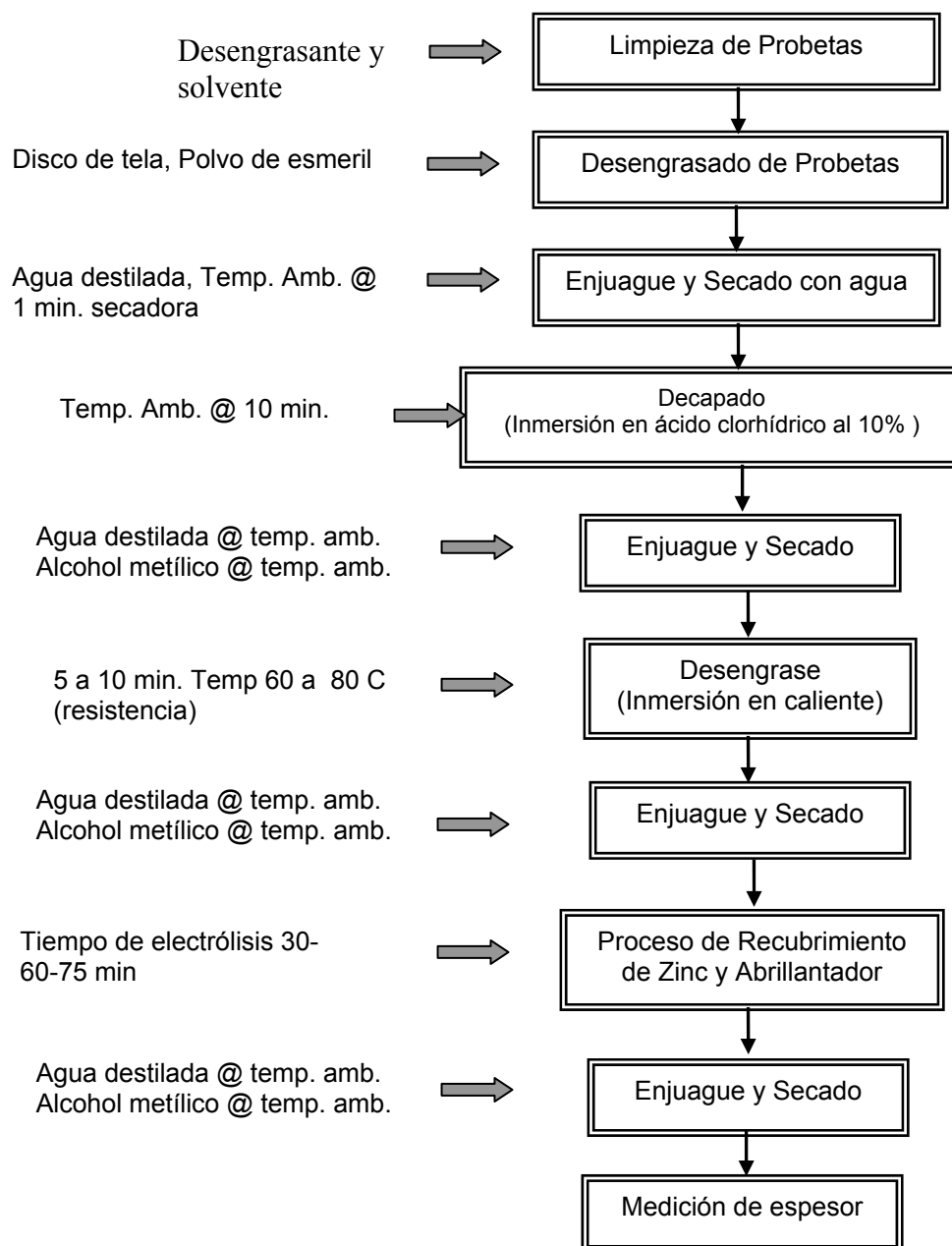
PROCEDIMIENTO:

Figura 3.1: PROCEDIMIENTO DEL PROCESO DE ZINCADO.



Figura 3.2: EXPERIENCIA EN LABORATORIO.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS:

TABLA 26
TABLA DE DATOS

Probeta #	Corriente (Amp.)	Área (dm ²)	Densidad de Corriente (Amp/dm ²)	Voltaje (Volt.)	Masa inicial (gr)
1	2	0.125	16	0.65	24.95
2	2	0.125	16	0.65	24.22
3	2	0.125	16	0.65	23.67
4	2	0.125	16	0.7	25.4
5	2.5	0.125	20	0.8	17.9
6	3	0.125	24	0.8	24.4

TABLA 27
TABLA DE RESULTADOS

Probeta #	Masa final (g)	Espesor (mils)	Potencia (Vatios)	t (min)
1	26.26	0.023	1.3	75
2	25.31	0.019	1.3	60
3	24.3	0.011	1.3	45
4	25.8	0.005	1.4	30
5	18.2	0.006	2	30
6	24.7	0.008	2.4	30



Figura 3.3: a) ÁNODO DE ZINC. b) PROBETA SIN RECUBRIMIENTO. c) PROBETA CON RECUBRIMIENTO.

PREGUNTAS EVALUATIVAS:

Realizar las siguientes curvas:

a) *Amperaje vs. Espesor.*

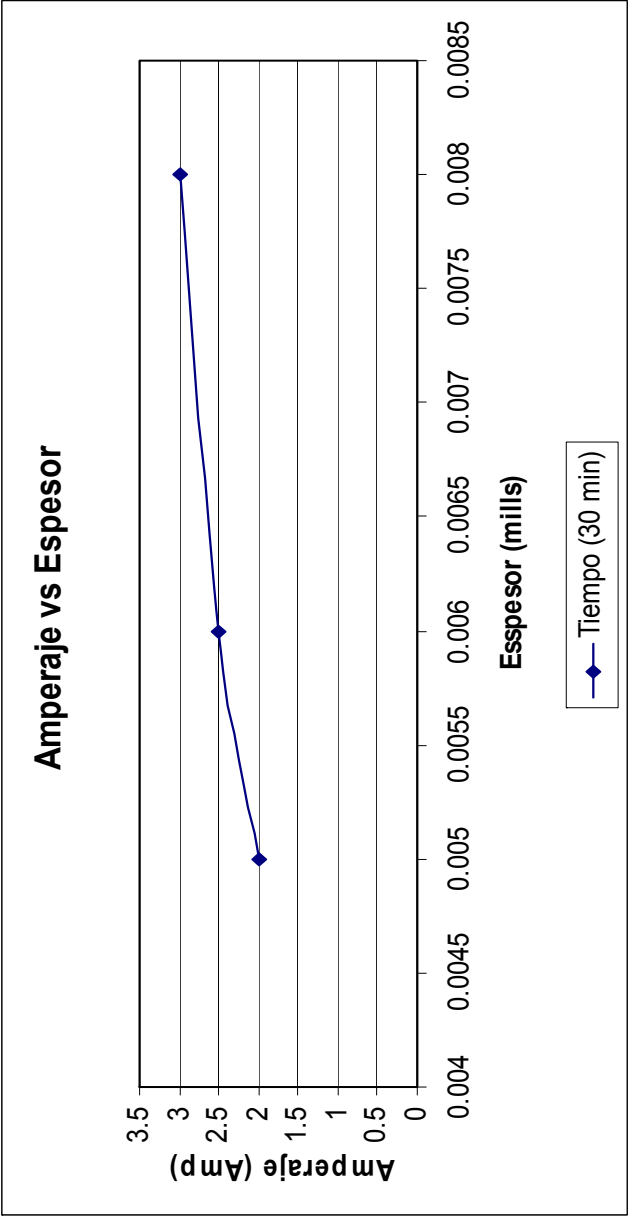


Figura 3.4: Amperaje vs. Espesor

b) *Espesor vs. Tiempo.*

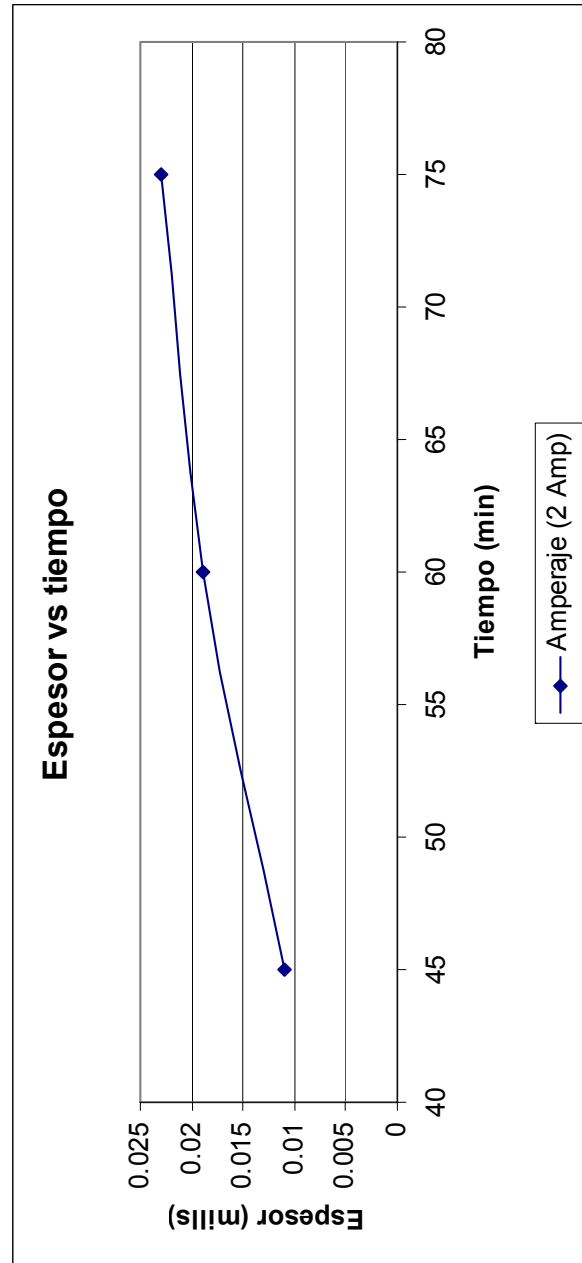


Figura 3.5: Espesor vs. Tiempo

c) *Potencia vs. Espesor.*

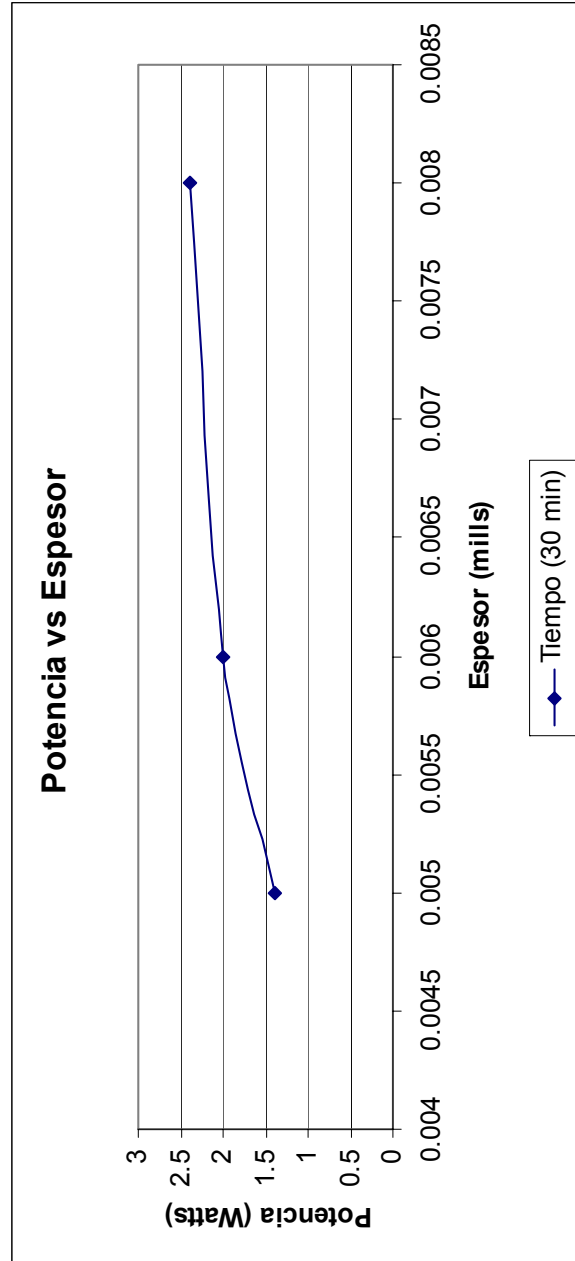


Figura 3.6: Potencia vs. Espesor

d) *Densidad de Corriente vs. Espesor.*

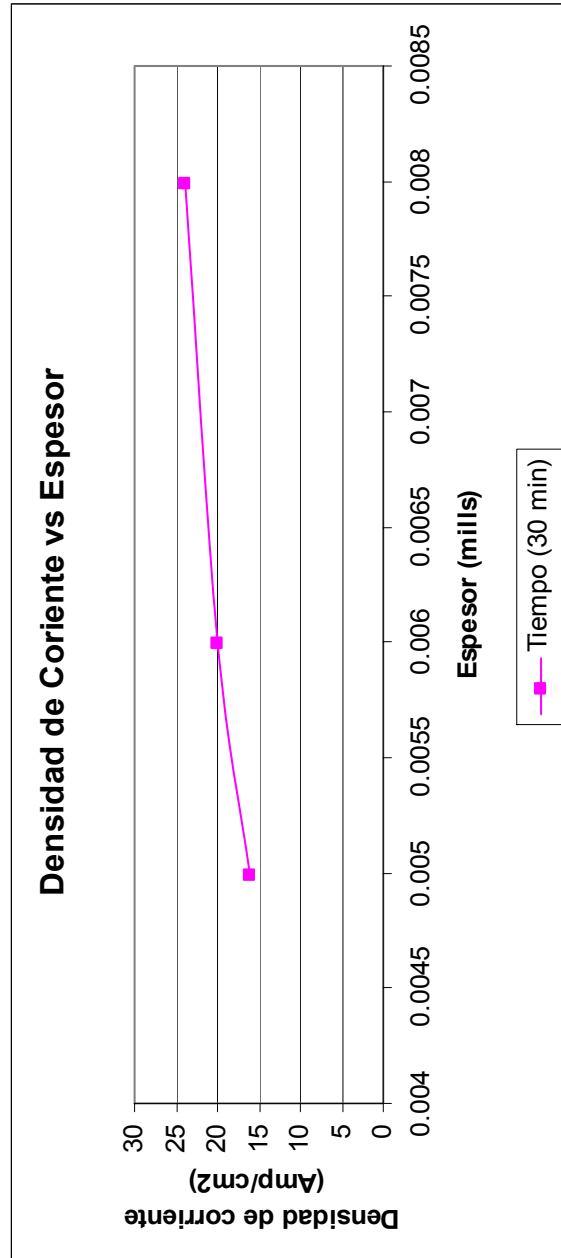


Figura 3.7: Potencia vs. Espesor

Mencionar otros tipos de Baños existentes en el Mercado de este tipo de Recubrimientos indicando sus ventajas y desventajas.

Los baños de Zinc pueden ser divididos en grandes cuatro clasificaciones basadas en un contenido de cianuro:

- a) baños de cianuro regular
- b) baño de cianuro en término medio
- c) baño de bajos contenido de cianuro
- d) baño de micro contenido de cianuro de zinc

Los varios baños de cianuro están preparados por cianuro de Zinc, cianuro de sodio e hidróxido de Sodio o concentraciones prioritarias. El Poli sulfito de sodio o tetra sulfito, comúnmente vendido como purificador de Zinc es normalmente requerido en la forma Standard, media y en la forma baja de baños de cianuro, para precipitar grandes metales como el plomo y el cadmio que entran en los baños de ánodos para impurezas.

Baños Standard de Cianuro de Zinc

Ventajas:

- ✓ Lleva gran cantidad de información acerca de la tecnología, operación en tratamiento de baños y resoluciones de algunos problemas.
- ✓ Excelente poder de recubrimiento. La habilidad del baño estándar cianuro de Zinc para cubrir, con bajas densidades de corriente en mayor que la de otros sistemas de plateado de Zinc. Esta capacidad depende, la composición del baño de temperatura, metal base, algunas propiedades aditivas usadas, pero es generalmente superior a los sistemas que usan ácido clorhídrico. Esta ventaja puede ser crítica en algunas formas complejas del plateado.
- ✓ Los sistemas de cianuro de Zinc son altamente alcalinos y no poseen problemas corrosivos para el equipo. Los tanques de acero y los baket de ánodos pueden ser usados reduciendo sustancialmente la inmersión inicial en la planta.

Desventajas:

- Presencia de toxicidad. El baño estándar de cianuro conteniendo 90 g/L (12oz/gal) del total de cianuro de Zinc, con una posible excepción del baño de cianuro de cadmio es el baño más potencialmente tóxico usado en la industria del plateado. Este alto contenido de cianuro y el corto de los desperdicios ha sido la principal razón para los baños de menor contenido de cianuro y el cambio de baños alcalinos no cianurados y baños ácidos.
- El costo inicial de la planta de tratamientos debe ser más caro que su instalación.
- Pobre conductividad del baño. La conductividad de los baños de cianuro son sustancialmente inferior a los baños ácidos, por lo tanto se puede obtener bastante ahorro con el uso del último.
- Las instalaciones de barril a densidades de corriente sobre los 2.5 Amp/dm² (25Amp/H²) la eficiencia puede variar entre los 75 y 90%. En instalaciones agitadas, rápidamente cae sobre los 50% y con densidades de corriente sobre los 6Amp/dm² (60Amp/H²).

- La profundidad de color, y niveles de depósito alcanzado por los baños ácido no debe ser duplicados en un baño de cianuro.
- Los baños de Zinc preparados de sales impuras de Zinc requiere de tratamientos con polvo de Zinc o corrientes de baja densidad. El polvo de Zinc debería ser adherido a 2gr/l y el baño agitado acerca de una hora. Después de alistar todo el baño debe ser filtrado en un tanque de plateado. Vertedero, el proceso de platear impurezas del baño es preferiblemente luchar en hojas de cátodo de acero a corrientes de baja densidad 0.2 a 0.3 Amp/dm² por un periodo de 12 a 24 horas.

Ventajas y desventajas de este Tipo de Recubrimiento frente a los existentes.

TABLA 28

CUADRO COMPARATIVO DE LOS DIFERENTE TIPOS DE RECUBRIMIENTOS: VENTAJAS Y DESVENTAJAS FRENTE AL ZINC

Recubrimiento	Ventajas	Desventajas
Cobreado	Este recubrimiento le da excelente conducción a la electricidad, y es muy bueno como capa intermedia.	- No da un recubrimiento muy brillante. - Requiere de densidad de corriente elevado. - Facilidad de mancharse.
Niquelado	- No requiere de un acabado superficial muy fino de la pieza. - Excelente como recubrimiento protector de la corrosión. - Es usado como capa intermedia en casi todos los procesos de electrodeposición.	La agitación debe ser mínima por lo que el recubrimiento se vuelve poroso.
Cadmiado	- Le da resistencia a la corrosión, y como no produce fatiga en los muelles utilizados en elementos electrónicos, se los usa para la protección de los mismos, en medios alcalinos. - Posee excelente brillo.	- No es eficiente en medios ácidos. - Necesita de densidades de corriente elevadas. - No se utilizan por motivo que es contaminante y produce cáncer.
Estañado	- Resistente a los agentes atmosféricos. - Resistente a la mayoría de ácidos orgánicos, en ausencia de oxígeno. - Se lo utiliza en la industria alimenticia.	- Los espesores conseguidos son muy delgados. - Necesitan de un calentamiento posterior al recubrimiento para eliminar los poros del mismo.
Plateado	Este recubrimiento le da excelente conducción a la electricidad, y una reflectividad del 100% en luz visible e infrarroja.	- Su costo es elevado. - Para lograr la adherencia al metal base es necesario que sean tratados con soluciones de plata y cianuro.
Latonado	- Excelente para capas intermedia para otros recubrimientos. - Favorece a la adherencia de los cauchos al acero. - Posee un brillo muy parecido al oro, con costos inferiores.	No alcanza espesores muy grandes, reacciona con el medio, por lo que se los debe recubrir con bamiz o resinas.
Dorado	Los recubrimientos de oro pueden llegar a espesores considerables, y de esta manera poseer un alto grado de dureza.	- Los recubrimientos de oro deben realizarse sobre una capa de latón o níquel para que este no pierda su brillo característico. - Los costos de estos recubrimientos son muy elevados.

3.2 Control de Calidad del Proceso.

En el Control de Calidad del Proceso se debe considerar cada etapa que contempla el Recubrimiento de un metal a través del Equipo, lo cual se lo va a realizar mediante una tabla con una calificación cualitativa, cuya valoración se encuentra designada de la siguiente manera:

TABLA 29
CUADRO DE VALORACIÓN PARA CUMPLIR EL
PROCESO EN EL LABORATORIO

Numeración	Descripción
1	No satisfactorio
2	Regular
3	Bueno
4	Muy Bueno
5	Excelente

TABLA 30

CONTROL DE CARACTERÍSTICAS QUE POSEE EL LABORATORIO PARA CUMPLIR LAS ETAPAS DEL PROCESO

ETAPA	VALORACIÓN	JUSTIFICACIÓN
1. Limpieza de probeta	4	El laboratorio debe tener suficiente desengrasante y solvente.
2. Desengrasado de probeta	3	Se debe tener un buen esmeril.
3. Enjuague y secado	5	El laboratorio debe tener un destilador de agua y un buen secador tipo aire.
4. Decapado	5	El laboratorio debe contar con los químicos necesarios.
5. Enjuague y secado	5	El laboratorio debe contar con suficiente agua destilada y facilidades para secar las muestras.
6. Desengrase	5	El banco experimental ejecuta satisfactoriamente esta etapa.
7. Enjuague y secado	5	El laboratorio debe tener un destilador de agua y un buen secador tipo aire.
8. Proceso de recubrimiento con zinc y abrillantador.	4	El banco experimental ejecuta satisfactoriamente esta etapa, y hay que evitar la contaminación de los químicos.
9. Enjuague y secado	5	El debe tener un destilador de agua y un buen secador tipo aire.
10. Medición de espesor	5	El laboratorio debe contar con un equipo medidor de espesores.

3.3 Discusión de Resultados.

En base a los resultados conseguidos, puedo indicar lo siguiente:

El Banco Experimental ha cumplido con su finalidad, la cual es la de realizar la electrodeposición sobre un metal base, dejando su recubrimiento en sus porcentajes respectivos y según los parámetros designados. Además, los resultados de las probetas a pesar de haber sido variadas debido a las diferentes experiencias que se realizaron para encontrar los parámetros más certeros y eficaces de la máquina siempre brindaban resultados con la misma tendencia de aumento de espesor al variar el aumento de su voltaje, amperaje y demás variables involucradas, indicando así los rangos de trabajos que el equipo permite, y como resultado tengo probetas con poca, buena y excelente adherencia, brillo y acabado superficial.

Con ellas se pudo controlar que un exceso de amperaje ocasiona que la probeta se queme y no haya una excelente penetración, y debe haber una relación de ánodo-cátodo de 1:1.

Mediante este Banco experimental se ha conseguido ver el comportamiento del Amperaje versus Espesor con una constante del tiempo de 30 minutos, en la cual se aprecia crecimiento de la curva, indicando que al aumentar el Amperaje el espesor aumenta, presentando una tendencia de requerir de poco amperaje para aumentar el espesor de recubrimiento rápidamente.

En la curva de Espesor versus Tiempo con un amperaje constante de 2 amperios, se presenta la tendencia de aumento lento de espesor al incrementar el tiempo de inmersión, lo cual da un aspecto negativo de este recubrimiento, debido a que para conseguir espesores mayores a 0.025 mills se debe tener en inmersión un tiempo mayor a los 80 minutos, lo cual influye en costos.

La curva de Potencia versus Espesor tiene como constante 30 minutos, pero presenta la misma postura de la curva de Amperaje versus Espesor, por lo cual requiere de poca Potencia para conseguir un aumento rápido de su Espesor durante la experiencia.

Con respecto a la Curva de Densidad de Corriente versus Espesor ,se vuelve a encontrar la misma semejanza de relación, de un crecimiento lento en Densidad de Corriente y me permite tener un aumento rápido en el espesor del metal base.

A través de estas curvas se concluye que con un tiempo constante se puede manipular a nuestra conveniencia los parámetros de voltaje, amperaje y densidad de corriente para conseguir de una manera eficiente el espesor requerido sin interferir con los contactos de ánodos-cátodos, ni contaminar el baño.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones:

1. En base a los resultados obtenidos se determinó que se cumplen satisfactoriamente las características de brillo, uniformidad y adherencia de los recubrimientos.
2. La ubicación de la pieza a recubrir en el Banco Experimental dentro del electrolito es parte importante en el procedimiento. A mayor distancia entre la pieza y el ánodo, la densidad de corriente y la eficiencia disminuyen con relación al ánodo-cátodo.
3. Tener en cuenta el tipo de baño para decidir el tipo de neutralizante que se va a utilizar en cada proceso de los recubrimientos metálicos existentes.

4. El motor que desplaza la muestra, proporciona una agitación que permite una mejor adherencia durante el proceso de recubrimiento.
5. El enjuague después de cada baño permite retirar la probetas sin manchas y a su vez que no contamine los otros procesos.

Recomendaciones:

1. El recubrimiento debe ser realizado sin interrupciones, debido a que la pieza se puede contaminar al estar expuesta al ambiente.
2. Los procesos de electrodeposición tienen sus costos elevados, por lo que deben protegerse los baños para evitar la contaminación por elementos extraños.
3. Para evitar contaminación, e impurezas que puedan ocasionar falla en el recubrimiento es necesario filtrar los baños al prepararlos.
4. Es importante trabajar con mascarillas, gafas (pulido), debido a los elementos tóxicos existentes en los diferentes baños.
5. Antes de realizar las pruebas se debe revisar las conexiones, los contactos del transformador-rectificado, el cátodo-ánodo, el voltaje y amperaje y el fondo del reservorio

debido a posibles sedimentos o precipitaciones, lo cual permitirá tener una buena conducción y evitar que los ánodos se manchen.

6. Verificar la medición del pH de los baños debido a que en caso de contaminación el medio se vuelva ácido.
7. Si se usa el Ácido Clorhídrico para el decapado se debe usar neutralizante para no contaminar el baño.
8. Si existe una relación de Área de 5 a 1 de ánodo a cátodo, en el proceso de electro deposición, se libera demasiados iones del ánodo en el baño, y este ocasiona demasiada impureza dentro del baño.
9. El Banco Experimental **No** debe trabajar pasado los 3.5 Amperios, debido a que sí se tiene una buena adherencia en el recubrimiento, no se obtiene un buen acabado.
10. Para la preparación de los baños, se debe utilizar agua destilada para alargar la vida útil del baño.

APÉNDICE A:
DATOS TÉCNICOS DE RECUBRIMIENTOS DE
GALVANO

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Biasoli - Weitz QUIMICA GENERAL E INORGANICA, (2da. Edición Editorial Kapelusz Buenos Aires 1981)
- 2 GALVANO INDUSTRIA METALQUÍMICA
- 3 <http://www.cg2000.com.mx/info.htm>
- 4 <http://www.cideteq.mx/index/recubrimiento>
- 5 <http://www.eurotega.com/galvanizacion/proceso/view>
- 6 <http://www.galvanizadoslacunza.com>
- 7 <http://www.galvanizadostenas.com>
- 8 <http://www.istas.net>
- 9 <http://www.monografias.com/cgi-bin>
- 10 <http://www.monografias.com/trabajos33/cromado-electrolitico/cromado-electrolitico2.shtml>
- 11 <http://www.monografias.com/trabajos6/croma/croma.shtml>
- 12 <http://www.unctad.org/infocomm>
- 13 JONES DENNY A. Principles and Prevention of Corrosion, second edition