

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO DEL
NIQUELADO SOBRE PLASTICOS

151

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A:

MIGUEL JOSE FLORES GALAZ

MEXICO, D.F.

1976.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS TESIS 1976
AÑO 11.5.
FOLIO 132
PÁGINA
CÓDIGO



QUÍMICA

A mis padres que hicieron posible la realización y el logro de mis estudios.

A mi tia Margarita y a mi tio Enrique con -
agradecimiento.

A mis hermanos que contribuyeron con su esfuerzo
a la culminación de mis estudios.

Jurado asignado originalmente:

PRESIDENTE,	Prof.	Julio Teran Zavaleta.
VOCAL,	"	Manuel F. Guerrero Fernández.
SECRETARIO,	"	Eduardo Rojo y de Regil.
1er. SUPLENTE	"	Fernando Itube Herman.
2ºSUPLENTE	"	Julio Cordero García.

Sitio donde se desarrolló el tema: ALMEX, S.A.

Norte 59 # 896 Industrial Vallejo,

México 16, D.F.

Sustentante: MIGUEL JOSE FLORES GALAZ.

Asesor del Tema: I.Q. Manuel F. Guerrero Fernández.

ESTUDIO TECNICO ECONOMICO DEL NIQUELADO SOBRE PLASTICOS.

I N D I C E

- I .- INTRODUCCION.
- II .- SELECCION DEL PROCESO.
 - a).- Generalidades sobre plásticos ABS.
 - b).- Procesos conocidos.
 - c).- Seleccion del metal que se deposita por via electroless
- III .- CALCULO DEL EQUIPO.
- IV .- ESTUDIO ECONOMICO.
- V .- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- VI .- BIBLIOGRAFIA.



INTRODUCCION.

Es muy conocida, la importancia que tienen en forma - separada, la industria del plástico y la industria de la galvanoplastia y como la una y la otra contribuyen al mejoramiento de diversas industrias, debido a la aplicación que en ellas, tienen los productos que ambas elaboran.

En la actualidad somos testigos de como los materiales - plásticos son usados en diversas industrias, tales como: industria textil, farmaceutica y la industria de la fabricación de pinturas. También hemos observado como los plásticos han ido sustituyendo al fierro y otros metales en muchos de sus usos, debido a las propiedades especiales que en ellos se presentan entre estas tenemos: poco peso, facilidad de moldeo en múltiples formas, alta resistencia a los agentes químicos corrosivos, baja conductividad de la corriente eléctrica y sobre todo bajo costo de fabricación.

Por otra parte también conocemos los diferentes usos que tiene la galvanoplastia en diversas industrias, tales como: industria-automotriz, eléctrica, así como en oficios artesanales del tipo de la joyería.

El punto en común que enlaza a éstas dos grandes industrias, es que ambas tienen como finalidad evitar el desgaste del objeto debido a la corrosión, al mismo tiempo que dan una apariencia decorativa al mismo.

La galvanoplastia evita la corrosión del objeto mediante un depósito metálico sobre él, mientras que el plástico es por naturaleza anticorrosivo.

Es por esto que los depósitos metálicos sobre plásticos han adquirido importancia relevante en los últimos años, por que la ventaja económica del plástico se une a la apariencia decorativa del metal.

La aplicación de la galvanoplastia sobre superficies no conductoras no es una técnica relativamente nueva. Desde la antigüedad ya se realizaban experimentos que permitieran el depósito metálico.

El principal problema que se tiene para efectuar el depósito metálico es, la no conducción de la corriente eléctrica por la superficie sobre la que se va a efectuar el mismo.

Por eso primeramente es necesario hacer conductora la superficie por algún medio.

[Para lograr este fin se han usado materiales como el carbón y las pinturas. Sin embargo en los últimos años se han desarrollado en algunos países como los Estados Unidos de Norteamérica, Alemania y Japón procesos que logran hacer conductora la superficie por medio de una reacción química, que reduce los iones metálicos contenidos en la solución hasta metal, el cual deposita sobre toda la superficie del plástico. A estos procesos se les da en inglés, el nombre de métodos "Electroless". y actualmente se utiliza para metales como el cobre, estaño y níquel.)

En los últimos 10 años se han desarrollado una serie de investigaciones en gran escala sobre el proceso para depositar el níquel por el método electroless y se ha logrado dominar la técnica del sistema de los Estados Unidos de Norteamérica. En nuestro país el proceso aún no está debidamente estudiado; las compañías que se dedican a la galvanoplastia han comenzado a realizar investigaciones sobre él, sin embargo, los resultados aún no son muy satisfactorios, el proceso es prometedor y cuando se domine la tecnología que implica será de gran utilidad.

[El objetivo que tiene este trabajo, es la de hacer un estudio sobre la importancia, que en nuestro país ha alcanzado el -

proceso por el cual se efectúan depósitos metálicos sobre superficies no conductoras y en especial sobre los plásticos.

En especial el proceso del cual trataremos es aplicado exclusivamente al plástico denominado ABS (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno) ya que ha sido el que mejor responde al tratamiento, aunque con ciertas modificaciones algunas compañías lo han aplicado al polipropileno.)

Si tomamos en cuenta el volumen de la producción de plástico ABS niquelado en los E.U.A. en comparación con el de nuestro país, que respectivamente alcanzan los valores de:

3000 Ton/año y 50 Ton./año. encontraremos la razón suficiente para justificar este estudio.

Aunque el proceso es prometedor, el desarrollo de extensas y nuevas investigaciones es una necesidad imperante que contribuirá a la aplicación de la tecnología correcta, este redundará en beneficio de diversas industrias y traerá como consecuencia la introducción del niquelado sin corriente sobre plásticos a escala industrial.

Este trabajo se desarrollará tomando en consideración en la primera parte las condiciones de la materia prima es decir, superficie del plástico y las condiciones del proceso así como la selección

del mismo, posteriormente se procederá al calcular el equipo necesario, finalmente se hará el estudio económico del mismo.

II. SELECCION DEL PROCESO.

a) Generalidades sobre plásticos ABS.

Para poder hablar sobre los plásticos ABS debemos primero saber que se entiende con éste nombre; Decimos que plástico es todo polímero orgánico moldeable en múltiples formas funcionales por efecto del calor, la presión y la catálisis.)

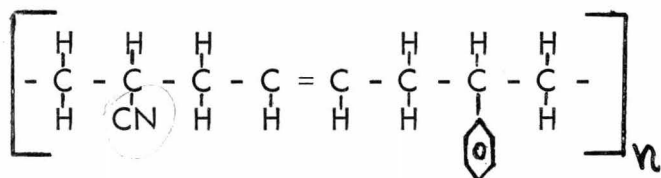
Existen dos tipos de plásticos que son:

Termofijos y Termoplásticos.

Los primeros son aquellos que una vez moldeados no modifican su forma aunque se les aplique calor ó presión, es decir, son - infusibles, insolubles e incombustibles.

Los termoplásticos son aquellos que aún moldeados pueden - modificar su forma si se les aplica calor ó presión y toman multitud de ellas, es decir son reblandecibles, combustibles y parcialmente - solubles.)

Los plásticos ABS pertenecen al grupo de los termoplásticos) y están constituidos por 3 monómeros, el acrilonitrilo, el butadieno y el estireno; una unidad básica de éste es:



El plástico ABS pertenece a la familia de los plásticos aplicables al diseño en ingeniería, que son aquellos polímeros cuyas propiedades básicas son tales que sus partes pueden ser diseñadas y manufacturadas para soportar esfuerzos grandes. Son plásticos sumamente rígidos y presentan una alta resistencia al impacto, excelente resistencia a los agentes químicos y bajo costo de fabricación. (1)

Cada uno de los 3 monómeros que lo forman dan al -- plástico ABS, propiedades ventajosas, por eso tenemos que el acrilonitrilo le confiere su alta resistencia química, el estireno sus -- propiedades termoplásticas adecuadas para su facilidad de moldeo, así como su rigidez y dureza, mientras que el butadieno por su naturaleza hultica, su alta resistencia al impacto.

Los plásticos ABS son fabricados por dispersión de una fase hultica predominantemente compuesta del polímero butadieno, en una fase rígida la cual se compone del copolímero estireno -- acrilonitrilo.

Existen dos tipos básicos de polímero ABS, que han sido desarrollados y son: Tipo B y Tipo G.

El tipo B es una mezcla mecánica del copolímero estireno-acrilonitrilo y hule butadieno acrilonitrilo. Este es el que se fa
brica en México.

El tipo G, está compuesto de una mezcla del copolímero estireno-acrilonitrilo y un graf de estireno-acrilonitrilo sobre polibu
tadieno. (1)

[El plástico ABS ya manufacturado se vende en forma de esferas pequeñas que son las que se someterán al moldeo.]

[La operación de moldeo del plástico ABS es muy important
te en el proceso para depositar metal, ya que un mal moldeo provoc
ará una pobre adhesión del depósito sobre el plástico.]

[Además considerese que los defectos visibles del moldeo-
no podrán ser cubiertos por el depósito, lo que ocasionará un recha
zo en la calidad deseada. También debemos tener presente que una
de las ventajas del depósito de metal sin corriente ó electroless, -
seguido de un electodepósito sobre plásticos, es el ahorro de mano
de obra, puesto que la pieza no necesita ser pulida. (2)

(Generalmente el moldeo de plástico ABS se hace por - inyección y como del moldeo dependerá en gran parte la adhesión sobre el plástico deberá tomarse ciertas precauciones.)

✓ La inyección debe hacerse lentamente para evitar tensio nes sobre la superficie que ocasionan pobre adherencia, la temperatura de moldeo varía entre 38 - 82°C y la presión de inyección se regula entre 0.35 - 140 Kg/cm² disminuyendo escalonadamente a través del tiempo de moldeo. Si todas éstas condiciones se cumplen los esfuerzos o tensiones sobre el plástico se reducen y la adhesión será buena.)

La prueba más común para verificar el grado de moldeo del ABS es la prueba con ácido acético glacial. Esta consiste en - sumergir la pieza en ácido acético glacial a 25°C. (2) (13)

Si la pieza presenta manchas indicará los puntos de su- perficie altamente tensionados que tendrán pobre adhesión. Esta prue ba es una ayuda, pero la seguridad total de la falta de adhesión se tendrá cuando la pieza se somete al recubrimiento metálico.

Hay que hacer notar que en el moldeo por inyección - del plástico ABS no debe usarse ningún tipo de agente desmoldante porque posteriormente son difíciles de eliminar.

El depósito metálico sobre el plástico aumenta las propiedades físicas de éste, por ejemplo su resistencia a la flexión y a la tensión se incrementa cuando el depósito está presente. La siguiente tabla indica el aumento de las propiedades más importantes del plástico: (4, 14, 15).

b).- Procesos Conocidos.

El paso principal en el proceso de electrodeposición sobre plásticos, es la preparación de la superficie no conductora que va a servir como base.

Existen en la literatura varios procedimientos para producir una película conductora sobre los plásticos, pero la más común, es formarla por medio de una reacción química catalizada. Esta técnica también conocida con el nombre de depósito electroless, (sin corriente), denota un proceso químico por medio del cual se deposita una película metálica sobre la superficie catalizada.

Este tipo de depósito tiene lugar por una reducción catalítica del ión metálico, el acto del depósito es autocatalizado y el procedimiento del depósito, tan útil como el trabajo de inmersión en la solución, es de suma importancia por lo que debe mantenerse un control estricto en las condiciones de operación.

En general todos los procesos que se han desarrollado para el depósito sobre plásticos son básicamente los mismos, excepto en el tipo de metal que se va a depositar, los pasos que se deberán seguir -- son los siguientes:

- 1.- Limpieza en solución alcalina.
- 2.- Enjuague.
- 3.- Acondicionamiento químico de la superficie.
- 4.- Enjuague.
- 5.- Post-condicionamiento de la superficie.
- 6.- Enjuague.
- 7.- Sensibilización de la superficie.
- 8.- Enjuague.
- 9.- Activación.
- 10.- Enjuague.
- 11.- Enjuague.
- 12.- Depósito Electroless.
- 13.- Enjuague.
- 14.- Depósito Electrolítico.
- 15.- Enjuague Recuperador.
- 16.- Enjuague.

A continuación se explicará en que consisten y cual es la -- función de cada uno de los pasos enunciados.

1.- Limpieza en solución alcalina.

La finalidad de ésta operación es la de eliminar grasa, acei- te, suciedad e impresiones en las partes ya moldeadas para evitar la - pobre adherencia del depósito. Por éste motivo la pieza se sumerge - durante 5 minutos en una solución alcalina, que generalmente contie- ne NaOH , Na_2CO_3 y algunas veces sales de ácidos orgánicos del ti-- po del gluconato de sodio. El limpiador usado en el proceso no de- be contener silicatos. Para los fines experimentales de este trabajo- se usó un producto denominado Kemtex 178-M en una concentración - de 60 g/l y a una temperatura de 60°C . La acción detergente del --- limpiador debe ser elevada.

2.- Enjuague.

La finalidad que tiene es la de eliminar los residuos de la -- solución limpiadora.

3.- Acondicionamiento químico de la superficie.

Este paso es de vital importancia en el proceso ya que aquí - es donde la superficie plástica va a ser atacada químicamente, y di-- cho ataque permitirá la formación de las películas metálicas posterio-

res que facilitarán el depósito electroless.]

[La solución química usada para éste fin es una mezcla de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, y trióxido de cromo, el papel de ácido fosfórico es regular el pH de la solución.]

[La pieza se sumerge en la solución durante 5-8 minutos y a una temperatura de 60°C.] Se ha postulado una teoría que explica el fenómeno químico, diciendo que ésta mezcla ataca al butadieno presente en el terpolímero ABS, rompiéndose la doble ligadura e insertándose los grupos hidróxido OH presentes. Hay que hacer notar que el desdoblamiento del polímero no es total sino un simple ataque que produce los sitios superficiales microscópicos que permitirán la penetración del sensibilizador. (51)

La explicación adecuada de éste paso es aún un problema del futuro, es el punto vital en todos los procesos para activar superficies no conductoras, ya que no es posible lograr una adhesión entre el plástico y el depósito metálico sin postular una adhesión química y aunque es difícil de comprobar es de aceptarse la existencia la dicha interacción química. Debido a ésta se logra que los subsiguientes pasos tengan lugar.

La teoría de la adhesión puramente mecánica no es sufi --

cientemente satisfactoria.

La solución del acondicionamiento superficial es el problema que ha ocupado últimamente el mayor tiempo a los investigadores, en tal grado que sólo se han encontrado tres soluciones satisfactorias que cumplen éste objetivo y además únicamente para el plástico ABS.(5)

Para los fines experimentales de éste trabajo se usó una solución denominada Nimex B, la cual presenta la siguiente formulación.

H_2SO_4	700 $\frac{ml}{ }$
<i>¿?</i> H_3PO_4	100 $\frac{ml}{ }$
CrO_3	30 $\frac{g}{ }$
H_2O	200 $\frac{ml}{ }$
Temperatura	60° C.

4.- Enjuague.

Tiene como finalidad eliminar los residuos de la solución acondicionadora para que no sea un problema dentro del baño en el cual se efectuara el depósito electroless.

5.- Post-condicionamiento.

En éste paso, se eliminan los residuos de solución de cromo presentes en la superficie tratada. Con éste fin se sumerge un minuto en la solución, que por lo general es ácido clorhídrico concentrado, -

en éste trabajo se usó una concentración del 38% a temperatura --- ambiente, obteniéndose resultados aceptables. }

6.- Enjuague.

Tiene como finalidad eliminar los residuos de la solución-post-condicionadora, para evitar un depósito manchado.

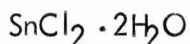
7.- Sensibilización.

Después de que la superficie no conductora ha sido sometida a la etapa de acondicionamiento, es por lo general sometida a -- dos pasos de importancia en el desarrollo del proceso, éstos son los -- denominados; paso sensibilizador y paso activador.

La sensibilización tiene como finalidad introducir en lu -- gar de los radicales hidróxilo, un ión metálico en la superficie no -- conductora. El sensibilizador es generalmente un compuesto de un me -- tal, por ejemplo plata, oro, estaño.

Se ha observado que los compuestos de plata y oro no son tan eficaces como los de estaño, por lo que el compuesto más usado es el cloruro estañoso, que es muy fácil de oxidar. (5)

Las soluciones sensibilizadora, son soluciones ácidas que -- trabajan en rangos de concentración extremas. La solución se prepara con la siguiente composición.



$$20 \frac{\text{g}}{1}$$



$$40 \frac{\text{ml}}{1}$$



$$1 \quad 1$$

Tiempo

3 min.

Una solución de ésta concentración fué usada dando resultados aceptables. Como ya se ha dicho el rango de concentraciones en la cual trabaja ésta solución es amplio, ya que soluciones con concentraciones de $100 \frac{\text{g}}{1}$ de $\text{SnCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ y $200 \frac{\text{ml}}{1}$ de HCl trabajan satisfactoriamente.

Algunas veces el paso sensibilizador puede ser omitido en algunos procesos que implican el depósito sin corriente de ciertos metales, pero en el caso de níquel el cobre no puede ser omitido.

8.- Enjuague.

Tiene como finalidad eliminar los residuos de la solución sensibilizadora, para que no contamine las soluciones posteriores. Hay que hacer notar que este enjuague debe hacerse con mucho cuidado y sin agitación, para evitar que se desprenda la película sensibilizadora del cloruro estanoso.

9.- Activación.

La finalidad de éste paso es la de sustituir los iones metálicos estanoicos por un metal que va a tener el papel de catalizar la reacción y siempre es necesario para llevar a cabo el depósito.

Las soluciones activadoras más usadas contienen cloruros metálicos de oro, plata, platino ó paladio.

El cloruro de paladio es el más usado porque éste metal, es un catalizador más efectivo que el oro y la plata obteniendo así una mayor velocidad de depósito.

Las soluciones activadoras son soluciones muy diluidas del cloruro metálico y se preparan de la siguiente manera:

PdCl_2 - 0.1 $\frac{\text{g}}{\text{l}}$

HCl - 1 $\frac{\text{ml}}{\text{l}}$

Temperatura °C - - - - - ambiente

Tiempo - - - - - 1 Min.

Es evidente que varios factores influyen en la eficiencia del catalizador, dichos factores son:

La temperatura, concentración, pH y el estado de la superficie.

Se ha observado que el rango permisible de pH entre el

cual trabaja adecuadamente la solución es muy estrecho, generalmente entre 3-6 siempre y cuando la temperatura varíe entre 27-74°C.)

(A bajo pH y baja temperatura la eficiencia es nula, debido a que la reacción no se lleva a cabo.)

A medida de que el pH y la temperatura aumentan el área cubierta por el depósito es mayor. (Las condiciones prácticas con las que se trabajaron fueron pH=4.2 y 37°C, obteniéndose resultados -- satisfactorios. (5))

Es importante considerar el rango de concentraciones en la cual el cloruro de paladio actúa eficientemente, puesto que a bajas concentraciones, la eficiencia del activador disminuye considerablemente, para medir tal efecto se realizaron varios experimentos en los cuales se observó que el área cubierta por el depósito era mayor a alta concentración. Si la solución activadora de menor concentración se calienta, aumenta el área cubierta por el depósito.

También se observó que las soluciones activadoras de concentraciones altas trabajan eficientemente a cualquier pH mientras que en las bajas concentraciones el pH es crítico.

Los resultados que se obtuvieron se ponen a continuación:

$$\text{Pd Cl}_2 = 0.1 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

pH área cubierta
 en %

0.9 100

1.7 100

4.2 100

$$\text{Pd Cl}_2 = 0.01 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

pH área cubierta
 en %

1.0 0

3.0 70

4.2 100

La sustitución de los iones de estaño por los de paladio -- ocurre mediante una reacción de oxidación-reducción.

El sensibilizador generalmente un compuesto estanoso fácil de oxidar, es atacado por el agente reductor en este caso cloruro de paladio, produciendo la reacción siguiente:



Si se omite el sensibilizador, la reacción del ión paladio por el agente reductor ocurre en la solución electroless lo que ocasiona en el caso del níquel, una descomposición de la solución debido a la formación del níquel metálico.

10 y 11.- Enjuagues.

Tiene como objetivo eliminar los residuos de la solución activadora, para evitar la descomposición de la solución electroless de níquel. La pieza se sumerge en uno de los enjuagues durante 2 --

minutos, hay que tomar en cuenta que el enjuague no debe hacerse con agitación para que no se caiga la película metálica.

12.- Depósito Electroless.

En este paso ocurre el depósito metálico sin corriente sobre la base plástica ya activada. Se pueden efectuar depósitos electroless de cualquier metal, pero para nuestro caso los más comunes son el cobre y el níquel y serán por lo tanto los dos que consideraremos en nuestro estudio.

DEPOSITO ELECTROLESS DE COBRE

Las soluciones más usadas hoy en día para efectuar un depósito electroless de cobre, están basadas en una modificación de la reacción de Fehling, cuya composición es la siguiente:

$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	10 g/l
Na OH	10 g/l
$\text{CH}_2 = \text{O}$ (37 - 41% $\frac{w}{V}$)	10 $\frac{\text{ml}}{\text{l}}$
$\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	50 $\frac{\text{g}}{\text{l}}$
Temperatura	ambiente

La función de cada una de éstas sales es:

a).- Sulfato de cobre pentahidrato $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Esta sal es la que proporciona los iones metálicos de cobre que son necesarios para

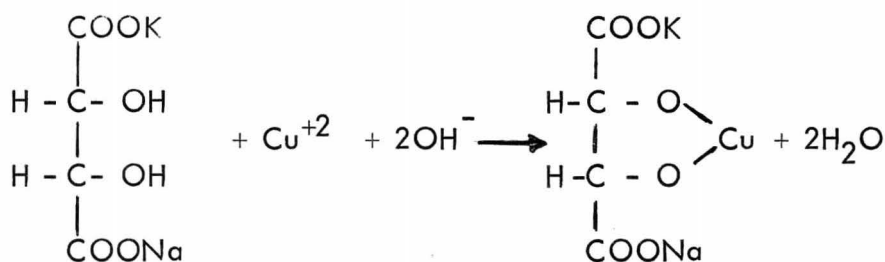
$\text{pH} = ?$

el depósito.

b).- Hidróxido de Sodio Na OH. Esta sal va a proveer el medio - alcalino que permitirá el funcionamiento adecuado del reductor.

c).- Formaldehído $\text{CH}_2=\text{O}$. Este es el agente reductor que va a co menzar la reacción química que permite el depósito.

d).- Tartrato de Sodio y Potasio $\text{NaKC}_4\text{O}_6\text{H}_4$. Esta sal se usa en el baño para evitar la precipitación del hidróxido de cobre. Es un agente que forma un complejo con los iones de cobre en la solu-- ción, la reacción es la siguiente.



El control analítico debe llevarse a cabo en forma con tinua. Debe evitarse que la solución se contamine con partículas - de polvo, puesto que toda clase de partículas facilitan la descompo-- sición del baño. Algunas veces se usan agentes humectantes en el baño con el objeto de bajar la tensión superficial.

La velocidad con la cual se efectúa el depósito en este tipo de soluciones, es muy baja por lo que se necesitan entre 25 - 30 minutos para lograr una película suficientemente gruesa para el electrodepósito posterior. (6)

Para lograr aumentar la vida del baño y su buen funcionamiento, es necesario controlar las siguientes variables:

- a).- Ph.
- b).- Temperatura.
- c).- Concentración absoluta.
- d).- Volumen y área.

a).- pH . Este parámetro debe controlarse ya que el agente reductor $\text{CH}_2 = \text{O}$ trabaja únicamente a valores de pH altos, es decir alcalino, además para evitar la descomposición del baño debe bajarse éste con H_2SO_4 , cuando no se esté trabajando la solución, ya que si no se hiciera el formaldehído reduciría todo el cobre presente en el baño.

b).- Temperatura. - Este tipo de baño opera a temperatura ambiente, porque a altas temperaturas la descomposición del baño se facilita y acelera. Se ha observado que al aumentar la temperatura la velocidad del depósito de cobre aumenta, pero también la velocidad de descomposición del baño es mayor a 53°C la velocidad de descomposición es rápida.

c).- Concentración Absoluta. Si se usan soluciones relativamente - diluidas no hay cambio en la velocidad de depósito si añadimos ma - yor cantidad de formaldehído y tartrato, las soluciones son muy es- tables, podemos asumir entonces que bajo éstas condiciones, sólo - dos parámetros predominantes existen en el baño: el contenido metá - lico y el pH.

Cuando la concentración absoluta se incrementa, la con - centración de formaldehído y de tartrato ejerce un efecto marcado sobre la velocidad de depósito.

Un incremento en la concentración del cobre aumentará la velocidad de depósito, si además incrementamos la cantidad de - sosa la eficiencia del agente reductor será mayor pero también au - mentará la descomposición del baño.

d).- Volumen y Area.

Si una mayor área superficial catalítica es expuesta por unidad de volumen la descomposición del baño se incrementa: la ve - locidad de descomposición es mayor debido a la cantidad de hidró - geno que se produce. Cerca de 250 cm^2 por litro es la máxima -- área que puede ser usada con seguridad.

e) Agentes Reductores.

Algunas veces son usados como agentes reductores el hipofosfito de sodio, los tartratos y la hidrazina aunque ninguno de ellos presenta las ventajas del formaldehído.

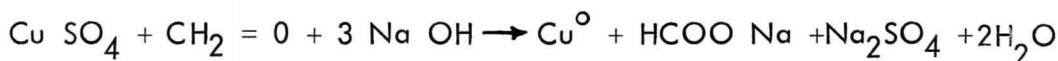
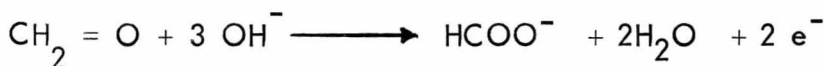
Estabilizadores.

Para evitar la descomposición de las soluciones electroless de cobre, se ha investigado que tipo de sustancias podrían aumentar la estabilidad del baño.

Una de ellas es el 2 mercaptobenzotiasol que debe usarse en bajas concentraciones alrededor del 3%, a altas concentraciones hace que la velocidad de depósito sea más lenta.

Algunas veces se han usado carbonatantes como agentes estabilizadores del baño, debido a que forman complejos con el cobre, aunque hacen más lenta la velocidad de depósito, produciendo ampollamiento en el mismo por la conversión del carbonato a dióxido de carbono el cual es atrapado en la película de cobre.

El mecanismo propuesto para la reacción total que ocurre es el siguiente:



Hersch postula la hipótesis de que el mecanismo de reacción se centra alrededor del ión hidruro H^- . Esta hipótesis mantiene que la oxidación del formaldehído por la solución cúprica, catalizada inicialmente por paladio, pero autocatalítica con la formación del hidrógeno, representa un proceso anódico de una pareja galvánica con la reducción de Cu^{++} ó H^+ como un proceso catódico.

Por otra parte Lukes, postula su concepto de la transferencia del ión hidrógeno, en contraposición con la teoría de que el hidrógeno gaseoso, es el reductor para el cobre metálico, él encontró que una solución alcalina de formaldehído bajo la acción del ión cúprico implica el desarrollo de hidrógeno. (6)

DEPOSITO ELECTROLESS DE NIQUEL.

Las soluciones más usadas hoy en día para efectuar un depósito electroless de níquel, están basadas en una modificación de la solución de Brenner y Riddel cuya formulación es la siguiente:

Ni Cl_2 30 g/l

$\text{CH}_3\text{-COONa}$ 50 g/l

$\text{Na H}_2\text{PO}_2$ 10 g/l

pH 4-6

Temperatura 95.98°C

Velocidad de depósito 0.6 mm/hr.

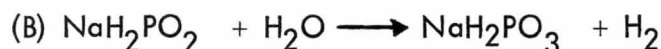
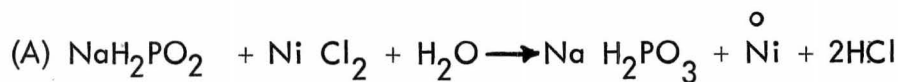
La modificación que se ha hecho a la solución radica principalmente en el agente reductor, que permite que la temperatura de operación de la solución pueda disminuirse y por lo tanto la solución sea aplicable a los materiales plásticos. Es evidente que la solución de Brenner y Riddel puede trabajarse para materiales plásticos con una temperatura menor, cosa que implica una menor velocidad de depósito.)

En nuestro caso se usó una solución del tipo Brenner y Riddel a una temperatura de operación de 60° y cuya composición es similar a la que se ha dado. (7)

Los componentes del baño más importantes son el cloruro de níquel y el hipofosfito de sodio, ya que entre ambos va a tener efecto la reacción química, el cloruro de níquel es la fuente de los iones de níquel que serán reducidos, mientras que el hipofosfito es el agente reductor.

Mecanismo Catalítico en el depósito sin corriente de níquel.

En este caso el ión níquel, sufre una reducción catalítica debido a la presencia del ión hipofosfito, las reacciones que ocurren pueden ser representadas como sigue:



La reacción A indica que los iones níquel presentes son reducidos al estado metálico, mientras que los iones hipofosfitos son oxidados a iones fosfito. La reacción se lleva a cabo en un baño ácido, a medida que el depósito procede el pH del baño decrece, haciéndose la solución más ácida con lo que la eficiencia reductora del ión hipofosfito es menor, disminuyendo por lo tanto la velocidad de la reacción.

El depósito cesará cuando la concentración del ión hidrógeno llegue a ser tan grande que disuelva el depósito metálico. Por esto es necesario añadir una solución reguladora al baño.

Aunque se han hecho numerosos estudios de este sistema - de reacciones, ciertos hechos de la reacción permanecen oscuros.

Uno de los problemas no resueltos es el origen del fósforo que es incorporado al depósito en cantidades variables desde el 1 - al 15 % en peso. Se ha encontrado que la cantidad de fósforo presente decrece cuando ciertas sales de ácidos orgánicos como los -- succinatos, malonatos, acetatos, están presentes en el baño. Tam-- bién se ha observado que dichas sales producen variaciones caracte-- rísticas en la velocidad del depósito. (11)

Brenner y Minjer encontraron que la velocidad del depósito, muestra un máximo cuando se determina en función de la concentración de las sales orgánicas. Un punto de vista sobre estos -- efectos que producen los ácidos orgánicos, (siempre están presentes de hecho en la solución reguladora), fué propuesto para ser investi-- gado para ambas reacciones. Las velocidades de las reacciones A y B fueron medidas simultaneamente en función del depósito de níquel y de la aparición del hidrógeno (11).

Baños de tres diferentes composiciones fueron investigados:

Baño 1.- No contiene aditivo regulador.

Baño 2.- La solución contiene iones succinato, que forman un complejo sumamente débil con los iones níquel.

Baño 3.- La solución contiene iones glicinatos, los cuales forman un complejo relativamente fuerte con el ión níquel.

Realizado el experimento se obtuvieron los siguientes resultados:

En el primer caso la velocidad de depósito de níquel y la velocidad de aparición del hidrógeno fueron medidas en función del tiempo, obteniéndose las curvas de velocidad inicial de formación de estos productos. Tal resultado se muestra en la figura # 1.

(9)

También se hicieron gráficas de las velocidades iniciales de formación del hidrógeno y del níquel + Fósforo, como una función de la concentración del ión níquel. De las observaciones de ésta gráfica se encontró que la velocidad de aparición del hidróge-

no es aproximadamente independiente de la concentración del ión - níquel, mientras que la velocidad de depósito del níquel crece hasta alcanzar un máximo como se observa en la figura # 2. (9)

En la presencia de los iones succinato la velocidad de aparición del hidrógeno disminuye a medida que la concentración -- aumenta. La gráfica de las velocidades iniciales de formación contra la concentración de iones succinato para la reacción, es mostrada en la figura # 3.

Puede observarse que ambos productos son formados más rápidamente a bajas concentraciones del ión succinato y la velocidad máxima de formación es alcanzada con una concentración intermedia y comienza a disminuir, si la formación ocurre a concentraciones altas.

En presencia de los iones glicinato las curvas típicas de la velocidad de formación de hidrógeno y níquel como función del -- tiempo son similares a la figura # 1.

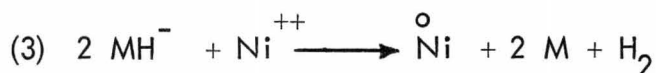
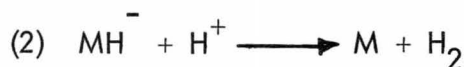
Las curvas de la velocidad de formación del hidrógeno y - del níquel como función del ión glicinato se muestra en la figura - # 4.

En este caso las curvas muestran que la velocidad de forma

ción del hidrógeno y del níquel son mayores é iguales a bajas concentraciones, mientras que la velocidad de formación llega a ser independiente a altas concentraciones del ión glicinato.

Varios mecanismos han sido propuestos para el sistema -electroless níquel-hipofosfito. Estos mecanismos no pueden ser explicados correctamente sobre datos cinéticos y el problema se ha hecho aún más crítico debido a trabajos realizados con el trazador de deuterio.

El mecanismo aceptado implica una transferencia del ión hidruro sobre la superficie catalizadora como paso primario y puede ser descrito por las siguientes ecuaciones para condiciones ácidas.



M = sitios superficiales libres.

Si la velocidad de los pasos 1,2,3 en el mecanismo son cercanamente comparables, la concentración de las especies MH^- es tará dada por la ecuación:

$$\frac{d(MH^-)}{d\theta} = K_1 (H_2PO_2^-) (M) (H_2O) - K_2 (MH^-) (H^+) - K_3 (MH^-) (Ni^{++})$$

Si el paso 2 se considera mucho más rápido que el paso 3, es posible que una concentración estacionaria de MH puede ser obtenida por la siguiente ecuación:

$$\frac{d(MH^-)}{d\theta} = 0 - K_1 (H_2PO_2^-) (M) (H_2O) - K_2 (MH^-) (H)$$

$$(MH^-) = \frac{K_1 (H_2PO_2^-) (M) (H_2O)}{K_2 (H^+)}$$

En estas circunstancias, las velocidades de aparición del hidrógeno y del depósito de níquel puede ser dada por las siguientes ecuaciones:

$$\frac{d(H_2)}{d\theta} = K_2 (MH^-) (H^+) + K_3 (MH^-)^2 (Ni^{++}) = K_4 (MH^-) (H^+)$$

$$\frac{d(Ni)}{d\theta} = K_3 (MH^-)^2 (Ni^{++})$$

Como se observa, estas ecuaciones vienen a comprobar los resultados obtenidos en la figura 1, la velocidad de aparición del hidrógeno es independiente de la concentración del ión níquel.(8)

Una explicación alternativa podría ser que la constante de velocidad K_1 depende de que tanto están cubiertos los centros-activos MH^- y disminuirá de valor cuando los sitios superficiales estén cubiertos casi en su totalidad; también K_1 depende de la naturaleza de la superficie catalizadora, la cual comienza a ser regenerada por el depósito. El incremento del paso 3 sobre el paso 2 en mayor concentración del ión níquel produce menos hidrógeno - pero este puede ser compensado por la dependencia de K_1 sobre - ambos de éstos factores.

Depósito Electroless de Níquel usando Borohidruros.

Otros tipos de soluciones usan en lugar de hipofosfito - de sodio como agente reductor, sustancias del tipo del borohidruro de sodio. Las soluciones que lleva un borohidruro de sodio como - agente reductor son de las pocas que pueden ser usadas con bastante éxito.

Se ha encontrado analogías entre el hipofosfito y el borohidruro; ambos reaccionan con el agua para producir hidrógeno; el depósito metálico de níquel por el anión BH_4^- contiene boro, mientras que el producido por el anión $H_2PO_2^-$ contiene fósforo; además

el fosforo de níquel así como el boruro de sodio pueden estar presentes en el depósito.

Una de las grandes ventajas del uso del baño que contiene borohidruro, es que puede ser operado desde temperaturas tan bajas como 20°C , lo que lo hacen adecuadas para los materiales plásticos, sin embargo una desventaja que presenta este baño, es que su eficiencia es del 20% en comparación del 37% que es la que tiene el baño de Brenner y Riddell. Una formulación típica del baño es:

Ni Cl_2	24 g/l.
$\text{NH}_4 \text{ OH}$	120 ml/l
Na BH_4	0.4 g/l
Temperatura	60°C

Es bastante conocido, que los borohidruros alcalinos MBH, reaccionan espontáneamente con las soluciones acuosas de las sales de níquel, para formar un precipitado negro de boruro de níquel Ni_2B . Debido a que la oxidación de los iones borohidruro por el agua es muy rápida en soluciones ácidas ó neutras, el depósito deberá llevarse a cabo en rango alcalino. (12)

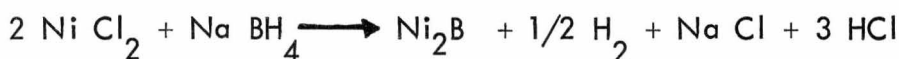
En soluciones preparadas, el níquel tendrá que estar en forma de una sal compleja antes de la adición del borohidruro. El agente secuestrante usado debe ser suficientemente fuerte para formar el complejo con el níquel y evitar de éste modo la precipitación del hidróxido de níquel.

Sin embargo los iones complejos del metal deben ser solubles en la solución de depósito y suficientemente estables para que pueda reaccionar con los iones borohidruros sobre la superficie catalítica solamente y no en el seno de la solución.

Se ha mencionado que la reacción es dependiente del pH de la solución, las condiciones más favorables se presentan cuando se tiene un pH de 12-13, la reacción que ocurre es la siguiente:



En condiciones desfavorables la reacción que ocurre es:



Bajo ciertas condiciones ambas reacciones ocurren produciendo una aleación de boro-níquel que contiene boruro de níquel.

Las investigaciones usando borohidruros como agente reductor han dado resultados prometedores, pero muchos problemas no -- han sido resueltos. La ventaja de poder usar la solución a bajas -- temperaturas, se contraresta con los altos costos de la solución y -- su baja eficiencia, sin embargo en un futuro no muy lejano se usa rán en escala industrial en el niquelado sobre plásticos.

13.- Enjuague.

Tiene como objetivo eliminar los residuos de la solución -- electroless para que no perjudiquen el depósito electrolítico.

14.- Depósito Electrolítico.

En este paso del proceso en que se efectúa un depósito -- electrolítico de un metal ya sea cobre, níquel ó cualquier otro, es relativamente sencillo, por la presencia de la capa metálica que -- ya se ha depositado vía electroless.

Dependiendo de cual ha sido el metal depositado por vía -- electroless, será el metal que se deposite electrolíticamente.

En nuestro caso el metal escogido fué el níquel por las -- ventajas económicas que presenta su aplicación a escala industrial, por lo tanto el metal depositado electrolíticamente será también el

níquel ya que no se necesita ninguna capa de otro metal, sino --
que el níquel puede depositarse directamente con lo que se reducen
los costos del proceso.

En este trabajo se usó una solución de níquel brillante -
cuya composición era la siguiente:)

$\text{Ni SO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	300 -375 g/l	<i>sulfate de nickel</i>
Ni Cl_2	52.5 g/l	<i>chlorure de nickel</i>
$\text{H}_3 \text{BO}_3$	45 g/l	<i>acide borique</i>
NL - 21	46-2 cm^3 / l	<i>nitrate de nickel</i>
NL - 22	3.85 cm^3 / l	<i>nitrate de nickel</i>
NL - 1 - J	3.85 cm^3 / L	
Antipit 9	3.9 cm^3 / l	
Temperatura	63°C	
pH	3- 4.5	
Densidad de corriente	10 - 100 amp/ft ²	

(La función de cada uno de los constituyentes del baño -
es la siguiente:

Sulfato de Níquel ($\text{Ni SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Esta sal proporcio_
na los iones metálicos de níquel necesarios para el depósito.)

[Cloruro de níquel (Ni Cl_2). La finalidad de tener ésta -- sal en el baño es la de promover una corrosión satisfactoria de los ánodos, su concentración debe ser controlada, porque el exceso de ésta sal provoca esfuerzos internos desfavorables en el depósito lo -- que hace que sea quebradizo, mientras que en defecto ésta sal pro -- voca desprendimiento de cloro en los ánodos oxidándose de éste mo -- do los abrillantadores.]

[Acido Bórico (H_3BO_3). Esta sal sirve como reguladora del pH de la solución.]

[NL-21, NL-22, NL-1-J. Estas 3 sustancias son agentes -- de adición del baño de níquel, son comunmente conocidas como -- abrillantadores. Si bien ahora es posible clasificar los abrillantado -- res en algunas categorías, no se ha podido definir con exactitud el mecanismo de éstos.

[En la mayoría de los baños de níquel brillante se usan dos clases de abrillantadores. La 1a. clase tiene dos funciones, produ -- cir un depósito de níquel sin tensiones y permitir que la 2a. clase funcione entre amplios límites de concentración.

[La 2a. clase de abrillantadores producen depósitos con bri -- llo de espejo, pero sin los abrillantadores de 1a. clase producen de --

pósitos excesivamente quebradizos.

Como es de observarse en el baño de níquel brillante usado tenemos presentes los abrillantadores denominados comercialmente NL-21, NL-22, NL-1-J, siendo el primero de ellos, el abrillantador primario que reduce las tensiones en el depósito, mientras - que los otros dos dan el acabado de brillo de espejo que se desea.

Casi todos los abrillantadores son por lo general compuestos orgánicos, que contiene en su molécula uno ó más grupos --- ($=C-SO_2$), por ejemplo se tienen los sulfonatos, las sulfonamidas, sulfonimidas, algunas veces se usan como abrillantadores sustancias inorgánicas, por lo general sales de cadmio.)

Agente Antipit. Para evitar la acción del picado sobre el depósito, se han empleado una serie de sustancias. En general se trata en su mayoría de sales sódicas de sulfatos ó sulfonatos ácidos de alcoholes orgánicos superiores, conteniendo desde 8 a 10 átomos de carbono. De todos ellos los preferidos son el laurilsulfonato sódico y el laurilsulfoacetato de sodio.

15 y 16.- Enjuagues.)

Tienen como finalidad recuperar la solución de níquel,-

para evitar grandes pérdidas debidas al arrastre.

Con ésta operación se termina el proceso, puesto que la pieza pasará a secarse ya sea con aire ó bien con aserrín.

El control químico del proceso es de vital importancia pues to que las soluciones son costosas, por lo que debe de evitarse la posible contaminación de ellas.

Para todas las soluciones existen procedimientos adecuados para su control analítico, desde el desengrase hasta el níquel brillante, sin embargo las soluciones que deberán ser controladas con mayor cuidado: la solución activadora, la solución electroless, y el níquel brillante, la segunda de ellas porque es la solución más cara de todo el proceso y las otras porque de ellas depende el depósito de níquel.

c) Selección del metal que se deposita por vía electroless.

El problema que queda por resolver es: ¿cuál de los dos metales propuestos cobre o níquel será el que se deposite por vía electroless ? ¿En función de que características deberá de seleccionarse ?

Para ésto considerense las siguientes características:

- 1.- Estabilidad de la solución electroless.
- 2.- Temperatura de operación de la solución electroless.
- 3.- La aplicación que tendrá el artículo con capa final de níquel.

La primera de éstas características no nos basta para hacer la selección del metal. La estabilidad de la solución electroless del níquel es mayor que la de cobre, sin embargo ya existen en el mercado Nacional soluciones de cobre de gran estabilidad, por lo que no podemos apoyarnos en ésta característica para hacer la selección.

La segunda característica tampoco nos permite hacer la selección del metal. Generalmente la solución electroless de cobre, trabaja a una menor temperatura que la de níquel, sin embargo se ha logrado trabajar las soluciones de níquel a temperaturas bajas,-

con lo que se evita el problema de la distorsión del polímero, aun que se obtiene una velocidad menor de depósito.

Aún más el desarrollo de nuevas fórmulas usando borohidru-
ros como agente reductor, han permitido que las soluciones de ní-
quel trabajen a la misma temperatura que las de cobre, por lo tan
to ésta condición no bastará para hacer la selección.

La tercera característica será la que permitirá realizar una
selección adecuada.

Desde éste punto de vista considerense las aplicaciones que
va a tener el artículo con capa final de níquel. Para ésto limite-
mos a dos, los campos principales de aplicación del artículo; la -
electrónica y la ingeniería.

[Si la aplicación del artículo está en la industria electróni-
ca, el metal seleccionado será el cobre, por su alta conductibili-
dad eléctrica, desde éste aspecto el níquel no puede competir con
él.]

[Si la aplicación del artículo, está en el campo de la inge-
niería, tendremos que considerar dos aspectos; el económico y la -
calidad de depósito, siendo el primero, el de mayor importancia.]

Desde el punto de vista económico, consideremos la estabi-

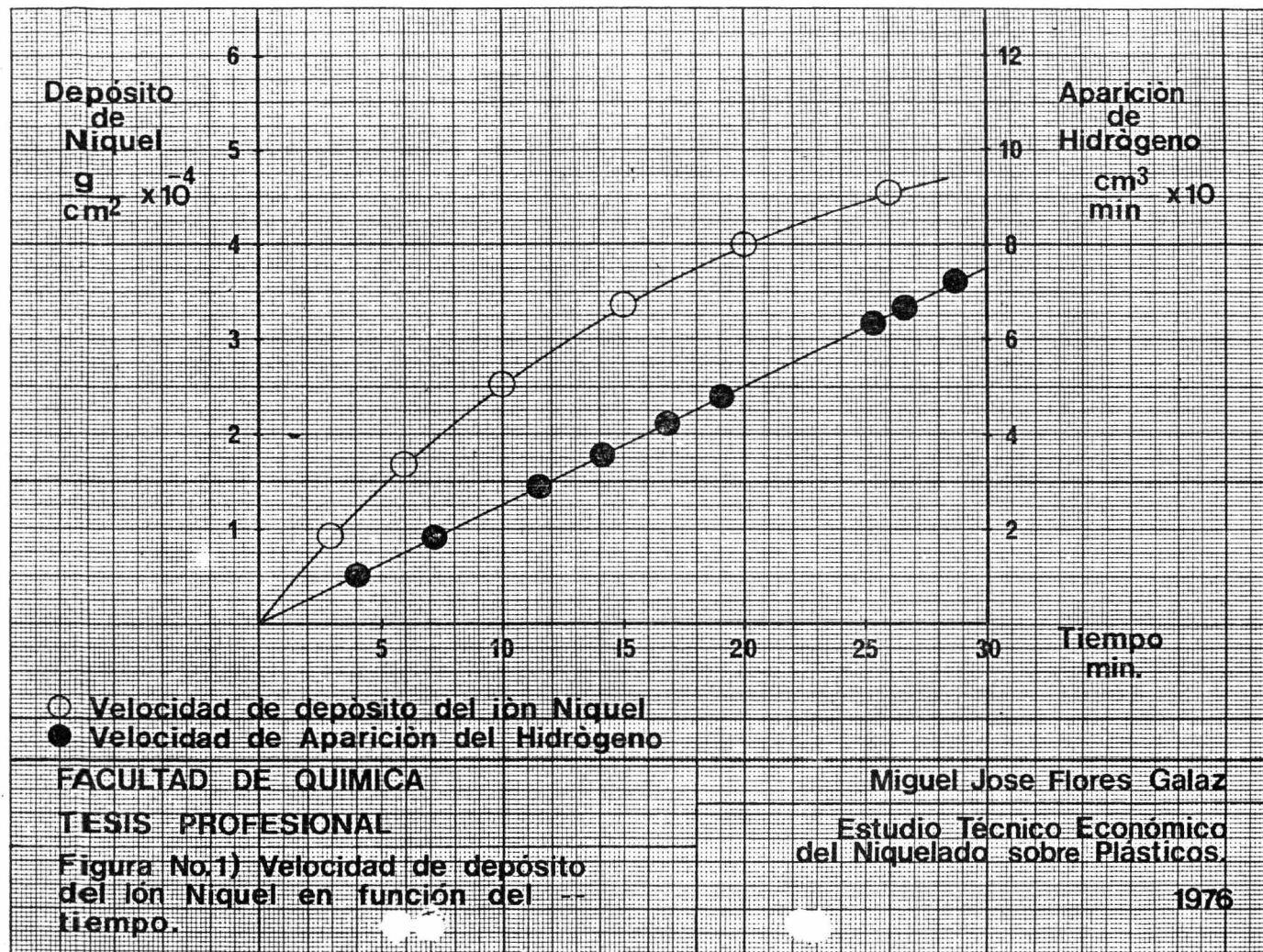
lidad de las soluciones, para esto recordemos que la solución electroless de cobre, se descompone en función directa del área por depositar, por éste motivo los costos del proceso se elevarían y resultaría caro, por lo tanto no es conveniente seleccionar éste metal.

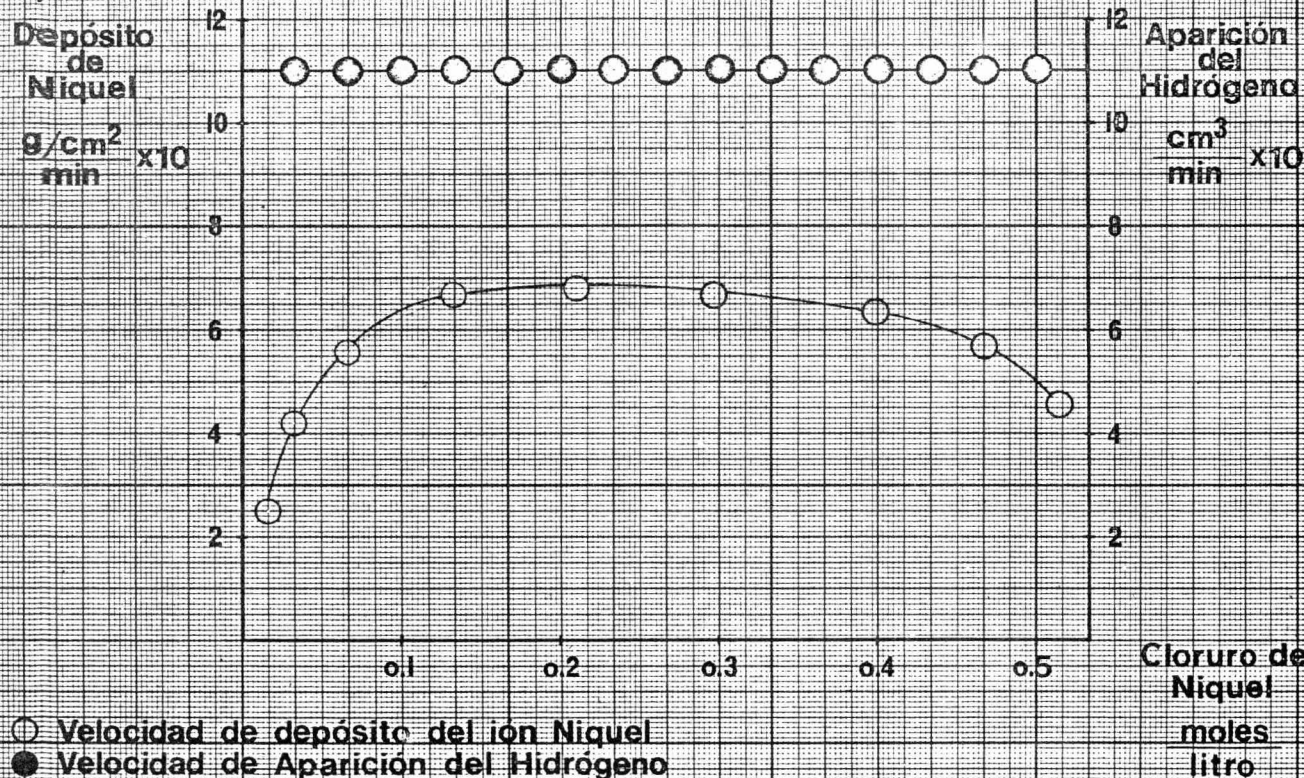
El metal seleccionado debe ser el níquel, para una producción a escala industrial la solución es más estable, y resulta más económico; además se reducen los pasos del proceso, porque el níquel electroless puede recibir directamente el depósito electrolítico de níquel brillante.

Si tomamos en cuenta la calidad del depósito, es bastante satisfactoria la obtenida usando níquel, puesto que es resistente a la corrosión.

Sin embargo no se puede negar que el depósito obtenido usando níquel presenta poca ductibilidad, que es una desventaja en ciertos casos, éste problema será resuelto en el futuro, ya que por el momento no puede hacerse por lo poco estudiado que está.

PROPIEDADES FISICAS	A B S SIN DEPOSITO	A B S CON DEPOSITO
Resistencia a la Tensión $\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2}$	385-435	455-470
Modulo de Tensión $\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2}$	20400-22500	44000-47500
Resistencia a la Flexión $\frac{\text{Kg}}{\text{Cm}^2}$	560-667	770-840
Temperatura de Deflexión °C	93-101°	99-104°
FACULTAD DE QUIMICA TESIS PROFESIONAL	Miguel José Flores Galaz	
TABLA Nº 1 PROPIEDADES FISICAS DEL PLASTICO A B S	Estudio Técnico Económico del Niquelado sobre Plasticos.	





FACULTAD DE QUIMICA

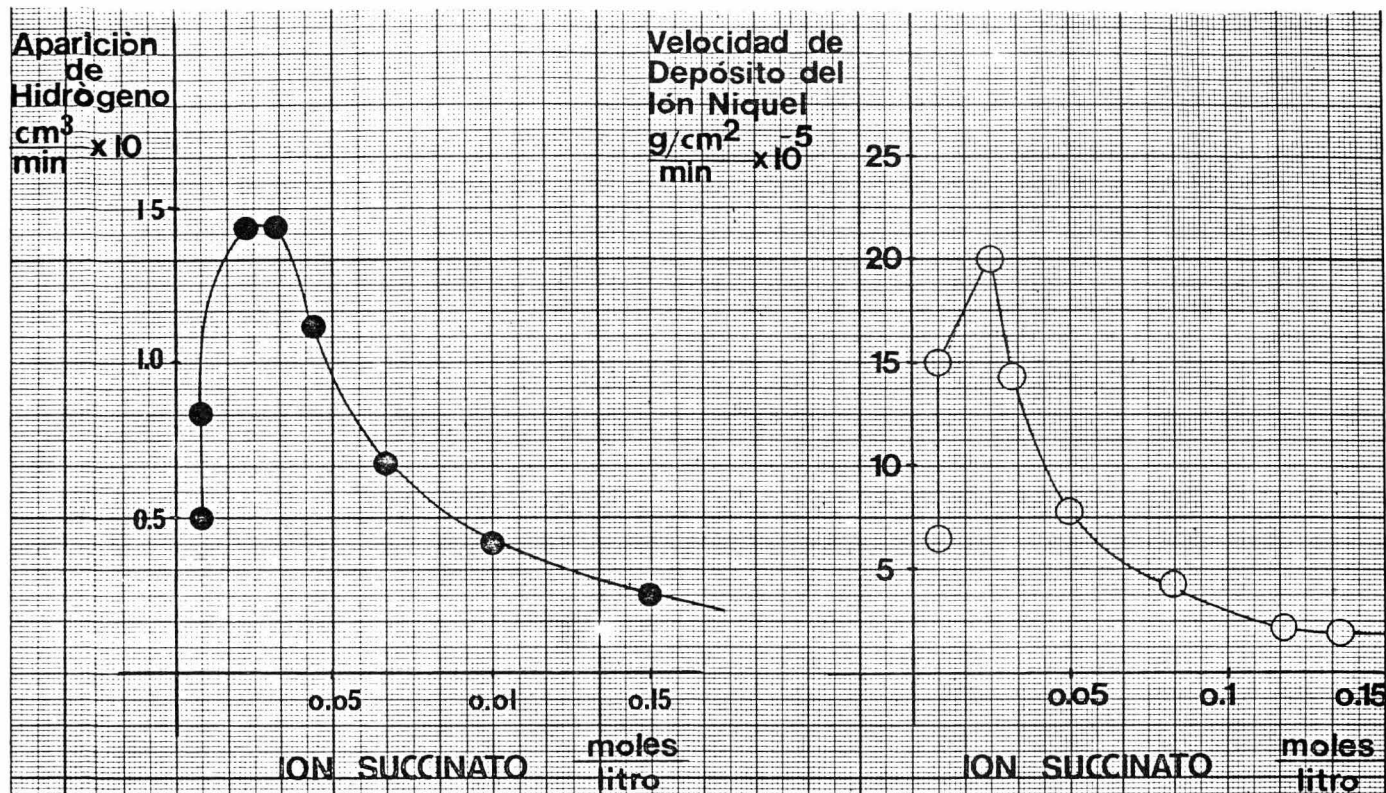
TESIS PROFESIONAL

Figura No.2) Velocidad de depósito del ión Niquel en función del Cloruro de Niquel.

Miguel Jose Flores Galaz

Estudio Técnico Económico del Niquelado sobre Plásticos.

1976



FACULTAD DE QUIMICA

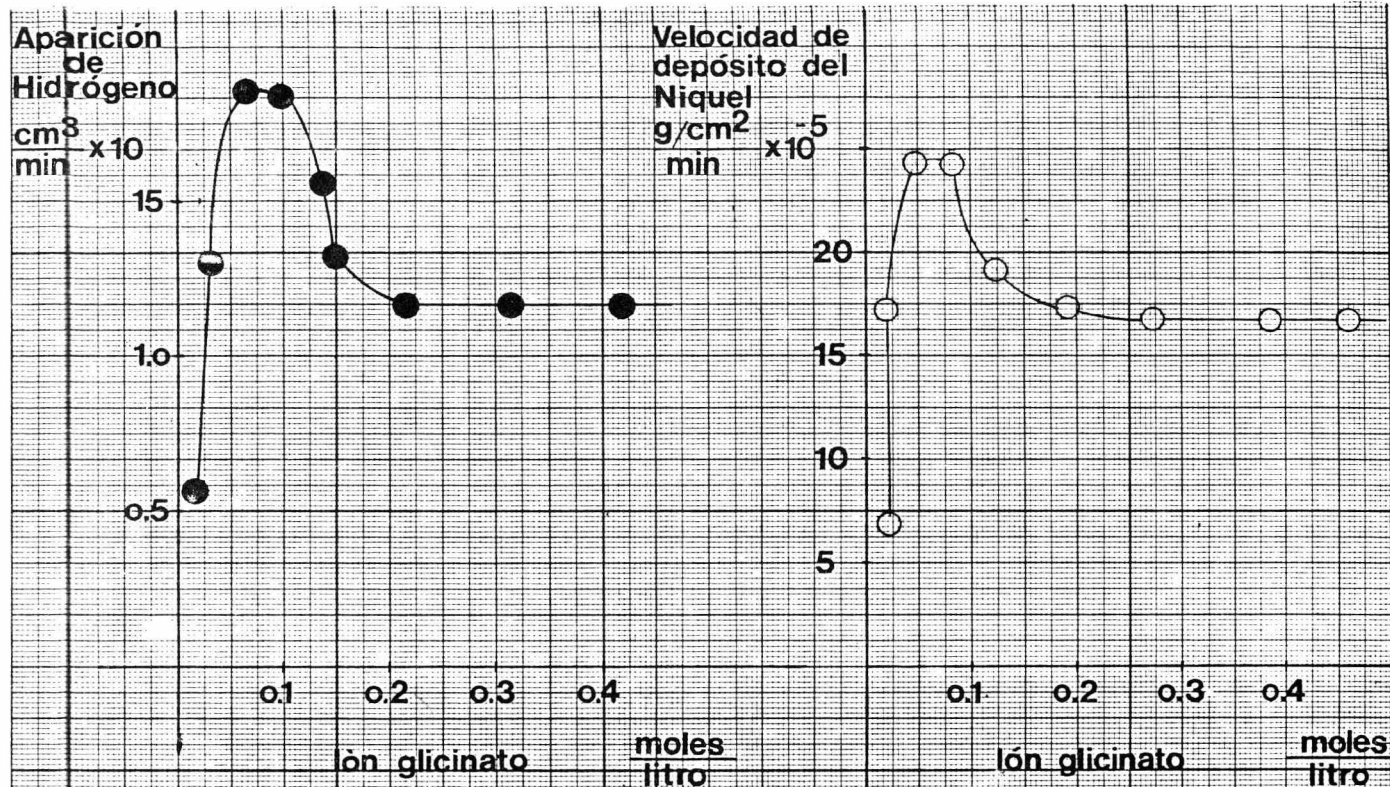
TESIS PROFESIONAL

Figura No.3) Velocidad de depósito del Ión Niquel en función del aditivo regulador.

Miguel Jose Flores Galaz

Estudio Técnico Económico del Niquelado sobre Plásticos.

1976



FACULTAD DE QUIMICA

TESIS PROFESIONAL

Figura No 4) Velocidad de depósito del Ión Níquel en función del aditivo regulador.

Miguel Jose Flores Galaz

Estudio Técnico Económico del Niquelado sobre Plásticos.

1976

III.- CALCULO DE EQUIPO

Para efectuar el diseño del equipo necesario para el proceso -

haremos las siguientes consideraciones:

$$\text{Capacidad de la planta:} = 50 \frac{\text{m}^2}{\text{Turno}}$$

$$\text{Turno de trabajo:} = 8 \text{ Hrs.}$$

La variable que controla el proceso y que se tomará como base es el tiempo de residencia en el depósito electroless, el cual considerando los tiempos perdidos durante la operación será de 10 minutos.)

Con estos tres datos procedemos al cálculo de las dimensiones del equipo, considerando:

$$8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{Turno}} \times \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ Hr.}} \times \frac{1 \text{ ciclo}}{10 \text{ min.}} = 48 \frac{\text{ciclos}}{\text{turno}}$$

$$50 \frac{\text{m}^2}{\text{turno}} \times \frac{1 \text{ turno}}{48 \text{ ciclos}} = 1.04 \frac{\text{M}^2}{\text{ciclo}}$$

Si se tiene un área promedio de 56 cm^2 por pieza tratada se tendrá:

$$1.04 \frac{\text{m}^2}{\text{ciclo}}$$

$$\frac{1.04 \frac{\text{m}^2}{\text{ciclo}}}{0.0056 \frac{\text{M}^2}{\text{pieza}}} = 186 \frac{\text{piezas}}{\text{ciclo}}$$

$$186 \frac{\text{piezas}}{\text{ciclo}} \times \frac{1 \text{ ciclo}}{20 \text{ piezas}} = 9.3 \text{ rack}$$

Considerese que se introducirán al baño 10 $\frac{\text{rack}}{\text{ciclo}}$ y que la forma geométrica de cada uno de ellos, es un prisma cuadrangular que mide 10 cm de lado y 50 cm de altura por lo que el volumen que ocupará será:

$$V_1 = \text{Volumen de un rack.}$$

$$V_2 = \text{Volumen total de los racks.}$$

$$V_T = \text{Volumen del tanque.}$$

$$V_1 = 1 \text{ dm} \times 1 \text{ dm} \times 5 \text{ dm} = 5 \text{ dm}^3$$

$$V_2 = 10 \times 5 \text{ dm}^3 = 50 \text{ dm}^3$$

Tomando un factor de seguridad del 30% tendremos que el volumen del tanque será:

$$V_T = 50 \text{ dm}^3 \times 1.3 = 65 \text{ dm}^3$$

La capacidad del tanque será de 65 l., sin embargo haciendo ciertas consideraciones que afectan directamente a la concentración del metal determinaremos un volumen práctico del tanque, para esto consideremos:

$$\text{Espesor del depósito} = E = 0.001 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0.000001 \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{Densidad relativa del níquel} = D = 8.9 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Area del depósito} = A = 1 \text{ m}^2$$

1.2
3/5
20
2

$$\text{Consumo del níquel metálico} = G = D \times A \times E$$

$$G = 8.9 \times 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 1 \text{ m}^2 \times 10^{-6} \text{ m} = 8.9 \text{ g.}$$

$$G = 8.9 \text{ g.}$$

Por otra parte la solución electroless es preparada al 20% por lo que tendremos:

$$C_1 = \text{concentración del Ni Cl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}.$$

$$C_2 = \text{gramos totales de Ni Cl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}.$$

$$C_3 = \text{gramos totales de níquel metálico.}$$

$$C_4 = \text{gramos de níquel metálico útiles.}$$

$$C_1 = \frac{30 \text{ g}}{5 \text{ l.}} = 6 \frac{\text{g}}{\text{l.}}$$

$$C_2 = 6 \frac{\text{g}}{\text{l.}} \times 65 \text{ l.} = 390 \text{ g.}$$

$$C_3 = C_2 \times \frac{\text{P.A. del níquel}}{\text{P.M. del Ni Cl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}}$$

$$C_3 = 390 \times \frac{58.7}{237.7} = 95.5 \text{ g.}$$

Tomando en cuenta que la eficiencia de la solución electroless es del 30% tendremos que los gramos de níquel útiles son:

$$C_4 = 95.5 \text{ g de Ni} \times 0.3 = 28.8 \text{ g Ni}$$

$$\frac{28.8 \text{ g de Ni}}{8.9 \frac{\text{g de Ni}}{\text{ciclo}}} = 3.25 \text{ ciclos}$$

Por lo que la solución electroless que tenemos solo nos servirá para tres ciclos del proceso, como ésto no es práctico, ya que no se va a cambiar la solución cada 30 minutos, consideremos que la solución electroless debe servir por lo menos para 10 ciclos, por lo que tendremos:

$$C_4 = 8.9 \frac{\text{g de Ni}}{\text{ciclo}} \times 10 \text{ ciclos} = 89 \text{ g.}$$

$$C_3 = \frac{89 \text{ g de Ni}}{1} = 89 \text{ g}$$

$$C_2 = C_3 \times \frac{\text{PM del Ni} \cdot \text{Cl}_2 \cdot 0.6 \cdot \text{H}_2\text{O}}{\text{P.A del Ni}} = 89 \times \frac{237.7}{58.7}$$

$$C_2 = 1200 \text{ g}$$

Si la concentración de la solución electroless es de 6 g/l. -- tendremos que el volumen de solución es:

$$\frac{C_2}{6 \frac{\text{g}}{\text{l}}} = \frac{1200 \text{ g}}{6 \frac{\text{g}}{\text{l}}} = 200 \text{ l}$$

Por lo tanto el volumen del tanque será por lo menos de 200 -- dm^3 , dando un cierto margen de seguridad del 20% el volumen real -- del tanque será:

$$V_T = \frac{200 \text{ dm}^3}{1}$$

$$V = 200 \text{ dm}^3 \times 1.2 = 240 \text{ dm}^3$$

Las dimensiones del tanque serán; F = 65 cm, L = 65 cm, és--

tas se determinaron tomando en cuenta la altura del rack y el número de ellos que se introducen; el ancho del tanque se determinará de la siguiente manera:

$$V_R = L \times F \times A \quad A = \frac{V_R}{L \times F}$$

$$A = \frac{240 \text{ dm}^3}{6.5 \text{ dm} \times 6.5 \text{ dm}} = 5.7 \text{ dm}$$

Por comodidad se escogió un equipo homogéneo para todas las etapas del proceso, los tanques están hechos de láminas de fierro de 4.7 mm de espesor soldados eléctricamente y ángulo de solera de 5 x 51 mm.

El número de tanques es 16 para todas las diferentes soluciones, sin embargo necesitamos tener 17 tanques, porque la solución electroless se prepara cada 10 ciclos.

Dependiendo de la solución que contengan los tanques necesitarán ó no recubrimiento, en el proceso descrito se necesitan 10 tanques recubiertos y 7 sin recubrir. Como recubrimiento se usa Koro seal.

Los tanques recubiertos se usarán en los pasos 3,4,5,6,7,9,12-14,15 y los tanques sin recubrir en los pasos 1,2,8,10,11,13 descritos anteriormente.

Por otra parte algunas de las soluciones necesitan calentarse -- por lo que será necesario efectuar el cálculo del equipo de calenta -- miento, para ésto se considerarán por separado cada uno de los tan -- ques que necesitan dicho tratamiento.

Tanque # 1.- Limpieza alcalina.

El volumen de la solución es de 200 l, las propiedades físicas de ésta, pueden considerarse muy parecidas a las del agua, por lo -- que tendremos:

$$C_p = \text{Capacidad calorífica de la solución} = 1 \quad \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ \text{C}}$$

$$D = \text{Densidad de la solución} = 1 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{l}}$$

$$M_T = \text{Masa de la solución} = 200 \text{ Kg}$$

$$T_1 = \text{Temperatura inicial de la solución} = 20^\circ \text{C}$$

$$T_2 = \text{Temperatura final de la solución} = 60^\circ \text{C}$$

$$Q_T = \text{Calor teórico necesario para llevar la solución a la temperatura deseada.}$$

$$M_T = V \times D = 200 \text{ lt} \times 1 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{l}} = 200 \text{ Kg.}$$

$$Q_T = M_T C_p \Delta T = 200,000 \text{ g} \times 1 \quad \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ \text{C}} (60-20)^\circ \text{C}$$

$$Q_T = 10,000,000 \text{ cal.}$$

Consideremos un 5% más del calor necesario, debido a las -- pérdidas de calor de la solución por evaporación y por la superficie -

metálica del tanque. Como son pequeños la pérdida de calor no es grande, por lo tanto el porcentaje considerado será suficiente para -- compensar dicha pérdida y tendremos por lo tanto el calor real necesario.

$$Q_R = 10,000,000 \times 1.05 = 10,500,000 \text{ cal}$$

Se ha observado que para plantas pequeñas es más conveniente usar un calentamiento eléctrico que de vapor y como éste es el caso - usaremos el calentamiento eléctrico por lo que:

$$\text{KW necesarios} = \frac{Q_R}{T \times F}$$

T = tiempo óptimo de calentamiento = 6 Hr.

F = factor de transformación = $890,000 \frac{\text{cal}}{\text{KWH}}$

$$\text{KW necesarios} = \frac{10,500,000 \text{ cal}}{6 \text{ H} \times 890,000 \frac{\text{cal}}{\text{KWH}}}$$

KW necesarios = 1.94 KW

Como no existen en la industria calentadores de 1.94 KW se -- escogerá uno de 2 KW.

En vista de que la solución presenta un alto grado alcalino, - se recomienda que el material de construcción del calentador sea acero inoxidable.

Tanque # 3.- Acondicionador superficial.

En éste caso las propiedades de la solución se tomaron considerando que el ácido sulfúrico y el agua son los que se encuentran en mayor proporción:

$$D = \text{Densidad de la solución} = 1.5 \frac{\text{Kg}}{\text{l}}$$

$$M_T = \text{Masa de la solución}$$

$$M_1 = \text{Masa de ácido sulfúrico.}$$

$$M_2 = \text{Masa de agua.}$$

$$M_T = V \times D = 200 \text{ l} \times 1.5 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 300 \text{ Kg.}$$

$$M_1 = 0.685 \frac{\text{l}}{\text{l}} \times 1.84 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 200 \text{ l} = 252 \text{ Kg.}$$

$$M_1 = 0.1 \frac{\text{l}}{\text{l}} \times 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 200 \text{ l} = 20 \text{ Kg.}$$

$$C_p = \text{Capacidad calorífica de la solución.}$$

$$C_{p1} = \text{Capacidad calorífica del ácido sulfúrico.}$$

$$C_{p2} = \text{Capacidad calorífica del agua.}$$

$$C_p = \frac{M_1}{M_1 + M_2} C_{p1} + \frac{M_2}{M_1 + M_2} C_{p2}$$

$$C_p = \frac{252}{252 + 20} 0.34 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} + \frac{20}{252 + 20} 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$C_p = 0.316 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} + 0.074 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} = C_p = 0.390 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$Q_T = M_T C_p \Delta T = 300,000 \text{ g} \times 0.390 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} (60-20)^\circ\text{C}$$

$$Q_T = 4,700.00 \text{ cal}$$

$$Q_R = 4,700,000 \text{ cal} \times 1.05 \quad Q_R = 4,940,000 \text{ cal}$$

$$\text{KW Necesarios} = \frac{Q_R}{T \times F}$$

$$\text{KW necesarios} = \frac{4,940,000 \text{ cal}}{6 \text{ H} \times \frac{890000 \text{ cal}}{\text{KWH}}} = 0.93 \text{ KW}$$

En este caso se comprará un calentador de 1 KW, como la solución presenta un alto grado de acidez el calentador deberá ser --- construido de cuarzo.

Tanque # 12.- Depósito Electroless.

En éste caso las propiedades de la solución se consideraron - parecidas a las del agua, por lo que tendremos:

$$C_p = \text{Capacidad calorífica de la solución} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$D = \text{Densidad de la solución} = 1.3 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$$

$$M_T = \text{Masa de la solución} = 260 \text{ Kg.}$$

$$M_T = V \times D = 200 \text{ lt} \times 1.3 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 260 \text{ Kg.}$$

$$T_1 = \text{Temperatura inicial de la solución} = 20^\circ\text{C}$$

$$T_2 = \text{Temperatura final de la solución} = 60^\circ\text{C}$$

$$Q_T = M_T C_p \Delta T = 260000 \text{ g} \times 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} (60-20)^\circ\text{C}$$

$$Q_T = 10,400,000 \text{ cal}$$

$$Q_R = 10,400,000 \text{ cal} \times 1.05 = 10,900,000 \text{ cal}$$

$$Q_R = 10,900,000 \text{ cal}$$

$$\text{KW necesarios} = \frac{Q_R}{T \times F} = \frac{10,900,000 \text{ cal}}{6 \text{ H} \times 890000 \frac{\text{cal}}{\text{KWH}}}$$

$$\text{KW necesarios} = 2.05 \text{ KW}$$

En éste caso el calentador será de 3 KW y construido de --- cuarzo debido a que la solución es ácida.

Tanque # 14.- Depósito Electrolítico .

En éste caso se consideró que el sulfato de níquel y el agua - son los que se encuentran en mayor proporción en la solución por lo -- tanto:

D = Densidad de la solución.

M_T = Masa de la solución.

M_1 = Masa del sulfato de níquel hexahidratado.

M_2 = Masa de agua.

$$M_T = V \times D = 200 \text{ lt} \times 1.3 \frac{\text{kg}}{\text{l}} = 260 \text{ Kg.}$$

$$M_1 = 0.3 \frac{\text{kg.}}{\text{l}} \times 200 \text{ l} = 60 \text{ Kg.}$$

$$M_2 = 1 \frac{\text{kg}}{\text{l}} \times 200 \text{ l} = 200 \text{ Kg.}$$

C_p = Capacidad calorífica de la solución.

C_{p_1} = Capacidad calorífica del sulfato de níquel.

C_{p_2} = Capacidad calorífica del agua.

$$C_p = \frac{M_1}{M_1 + M_2} C_{p_1} + \frac{M_2}{M_1 + M_2} C_{p_2}$$

$$C_p = \frac{60}{60 + 200} 0.310 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}} + \frac{200}{60 + 200} 1 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$$

$$C_p = 0.0713 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}} + 0.77 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}} = 0.85 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$$

$$Q_T = M_T C_p \Delta T$$

$$Q_T = 260000 \text{ g} \times 0.85 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}} \times (60 - 20) ^\circ\text{C}$$

$$Q_T = 8,880.000 \text{ cal}$$

$$Q_R = 8,880.000 \text{ cal} \times 1.05 = 9,300.000 \text{ cal}$$

$$\text{KW Necesarios} = \frac{Q_R}{T \times F} = \frac{9,300.000 \text{ cal}}{6 \text{ H} \times 890,000 \frac{\text{cal}}{\text{KWH}}}$$

$$\text{KW necesarios} = 1.74 \text{ KW}$$

En éste caso el calentador seña de 2 KW y construido de cuarzo debido a la acidez de la solución.

Los tanques no enumerados no necesitan tratamiento térmico, debido a que las soluciones trabajan a temperatura ambiente.

Por otra parte necesitaremos saber la capacidad del rectificador necesario para efectuar el depósito electrolítico y para eso considerese:

A = Cantidad de amperios necesarios.

$$D_C = \text{Densidad de corriente} = 60 \frac{\text{amp}}{\text{ft}^2}$$

$$S = \text{Superficie catódica por ciclo} = 1.04 \frac{\text{m}^2}{\text{ciclo}}$$

$$A = S \times D_C$$

$$A = 1.04 \frac{\text{m}^2}{\text{ciclo}} \times \frac{(3.28 \text{ ft})^2}{1 \text{ m}^2} \times 60 \frac{\text{amp}}{\text{ft}^2} = 680 \text{ amp.}$$

Por lo tanto necesitaremos un rectificador que nos proporcione ésta intensidad de corriente por lo menos, como en la industria no existen rectificadores que proporcionen ésta intensidad, escogeremos el -- más cercano a ésta capacidad, por lo que utilizaremos uno de 750 amperios.

Como en la mayoría de los casos el voltaje el cual se trabajan los baños de níquel está dentro 4 - 15 volts, dependiendo de la concentración de la solución, de la distancia anódica catódica, se podrá ---

usar valores cercanos al límite inferior ó cercanos al superior.

Si se desea operar a una mayor densidad de corriente y obtener las ventajas máximas del proceso es recomendable usar un equipo de 1000 amperios y 9 volts.

La misión del rectificador es transformar la corriente alterna en corriente directa. Generalmente los rectificadores más usados en la galvanoplastia, son los que están constituidos por capas delgadas del selenio que son conductoras únicamente en una dirección. Se prefiere usar el rectificador de selenio en lugar de silicio, debido a que funciona a temperaturas de operación mayores de 125°C , resulta más económico porque no requiere de controles y circuitos complicados, aún cuando su eficiencia es menor.

Además necesitamos determinar para el caso del depósito electrolítico, el número de ánodos necesarios para introducir en el baño.

Para este objeto hemos considerado las siguientes características:

Superficie Catódica por ciclo = 1.04 m^2 .

Para la superficie anódica consideremos que se tiene una relación 1:1 con la superficie catódica por lo que tendremos:

Superficie Anódica = 1.04 m^2 .

Si consideramos que vamos a usar ánodos de níquel de 46 cm.

de largo por 12.5 de ancho tendremos:

$$\frac{\text{Superficie de ánodo}}{\text{cara}} = 46 \text{ cm} \times 12.5 \text{ cm} = 576 \text{ cm}^2.$$

Como el ánodo tiene dos caras tendremos que la superficie -- por ánodo será igual a :

$$\text{Superficie por ánodo} = 2 \times 576 \text{ cm}^2 = 1152 \text{ cm}^2.$$

Si ahora encontramos la relación superficie anódica total superficie por ánodo tendremos el número de ánodos necesarios:

$$\# \text{ de ánodos} = \frac{\text{Superficie anódica total}}{\text{superficie por ánodo}} = \frac{1.04 \text{ m}^2}{0.1152 \text{ m}^2} = 9$$

Para los baños de níquel se recomiendan ánodos fundidos ó rolados al carbón, ya que el desprendimiento de carbón activado que sueltan éste tipo de ánodos, favorece la purificación de la solución y asegura que el depósito sea terso y brillante.

Si la densidad de corriente anódica se sobrepasa los ánodos - pueden polarizarse y el consumo de abrillantadores será normalmente alto.

Un análisis típico de ánodos es:

	fundido (%)	rolado (%)
Níquel cobalto	99	99
Cobre	0.05	0.05

Fierro	0.14	0.10
Azufre	0.02	0.015
Silicio	0.35	0.30
Magnesio	0.05	-
Carbón	0.39	0.30

Es recomendable usar bolsas que cubran los ánodos, generalmente están fabricadas de algodón y tienen como función retener el lodo anódico previniendo de ésta forma que los depósitos sean rugosos. La bolsa para el ánodo debe ser por lo menos de 5-7 cm más de largo que el ánodo, para tener lugar donde almacenar el lodo, almidones, lubricantes de hule y aprestos deben ser eliminados de la tela con la que se fabriquen las bolsas antes de introducirlas al baño, debido a ésto se recomienda el tipo de bolsa "RR" ó H-W-M porque ya han sido previamente tratadas, introduciéndose directamente a la solución sin peligro alguno.

Por otra parte los ánodos, son colgados a las barras metálicas por medio de ganchos de acero inoxidable 316, para lograr una mejor conducción de la corriente eléctrica, sin problemas de contaminación.

Hay que hacer la aclaración, que las barras metálicas nece-

sarías para sostener tanto las piezas como los ánodos se determinan tomando en cuenta la longitud del tanque. En éste caso la mayoría de los pasos del proceso se efectúan sin corriente, y no es necesario utilizar barras metálicas de cobre será suficiente utilizar tubo de fierro de 1" de diámetro para éste fin. Unicamente tendremos que usar barras metálicas de cobre en el depósito electrolítico de níquel brillante.

Para poder sostener las barras en los tanques es necesario poner en los extremos de éstos, soportes que generalmente están hechos de fierro con recubrimiento para evitar su corrosión.

EQUIPO DE AGITACION Y FILTRACION.

En el caso del baño de níquel para el depósito electrolítico, se emplea un sistema de agitación, cuya finalidad es eliminar las -- burbujas de gas que se forman en el proceso, evitando que se queden adheridas a la superficie, lo que provocaría el rechazo de la pieza -- por la poca adherencia que presenta el metal depositado.

Existen dos tipos de agitación que son:

Agitación catódica y agitación con aire.

En la agitación catódica, como su nombre lo indica se va a provocar un movimiento en las piezas catódicas. Esto se logra me --

diante una biela a la cual se conectan las barras catódicas y por medio de un reductor de velocidad que se acciona por un motor de baja potencia, por ejemplo 0.5 HP, se provoca en las barras un movimiento de vaivén, que es suficiente para lograr que las burbujas de gas -- que se forman salgan fácilmente del seno de la solución al exterior.]

[La agitación con aire, provoca un movimiento en la solución de tal manera que la que se tiene cerca de las piezas catódicas es -- removida, lo que permite un depósito uniforme y la eliminación de -- las burbujas al exterior.] En el caso de tanques pequeños como los -- nuestros, es más recomendable usar agitación con aire que la catódica, porque permite trabajar a una mayor densidad de corriente, a menor concentración del abrillantador de mantenimiento y también provoca la suspensión de partículas de polvo, facilitando el trabajo del filtro y evitando depósitos picados.

[El aire utilizado en el sistema de agitación no debe provenir de una compresora, ya que siempre viene cargado de aceite que difícilmente se elimina y contamina la solución.]

[Para proveer el aire necesario para la agitación se recomiendan máquinas de desplazamiento positivo del tipo ventiladores.]

El sistema consiste en tubos que se colocan en la parte infe-

rior del tanque y que se encuentran perforados cada 2" a todo lo largo de ellos. Generalmente se usan tubos de 2" de diámetro y las perforaciones son de orden de 0.08 cm, se tienen por lo general dos hileras de perforaciones, que se encuentran formando un ángulo de 90°.

Las consideraciones generales son que por cada pie lineal de tubo necesitamos un gasto mínimo de aire de $28.316 \frac{\text{l}}{\text{min}}$, por cada pulgada de la altura del tanque se necesitan por lo menos una presión manométrica de $0.0044 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$. Es de observarse que por el tamaño de los tanques, la longitud del tubo que se instalará y la pre-necesaria serán pequeñas.

Un ventilador con capacidad de $708 \frac{\text{l}}{\text{min}}$ y con una presión de $0.28 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ y un motor de 0.75 HP cumple los requerimientos deseados.

Para finalizar con éste capítulo únicamente nos falta considerar el equipo adecuado de una de las operaciones de suma importancia en la galvanoplastia: la filtración.

Decimos ésto debido a que todas las soluciones que se utilizan para depositar metales, trabajan mejor cuando están libres de impurezas, ya sean partículas de polvo, descomposición de sustancias de la solución, así como impurezas propias del material por tratar.

En nuestro caso hemos indicado anteriormente que la solu --

ción electroless se descompone por la presencia de partículas de polvo, porque éstas actúan como catalizadores de la reacción. Por ésta razón, será necesario el equipo de filtración en nuestro proceso.

El equipo de filtración, es un problema bastante serio para -- las empresas dedicadas a la galvanoplastia, ya que hace algunos años, los filtros eran importados y no se tiene mucha experiencia en su fabricación, por éste motivo no se ha logrado fabricar en México un filtro que reúna las características óptimas.

[Por la carencia de datos para poder efectuar un estudio más profundo sobre la filtración, se tomó un equipo que en la práctica ha dado resultados aceptables.

Una de las consideraciones prácticas que se toman para seleccionar el filtro es su capacidad y se prefiere que éste tenga facilidad para manejar por lo menos dos veces el volumen de la solución por hora.)

[Los filtros más usados son de tipo CA-500 que consisten principalmente de 2 partes: bomba y cámara filtrante.]

[La bomba del filtro es generalmente de acero inoxidable con impulsor de neopreno.)

En la cámara filtrante se tienen los cartuchos, y debe cuidar-

se que los cartuchos estén sobre sus asientos y que los resortes descansen en su lugar: Se tiene un tubo de PVC en la cámara para alinear los tubos superior e inferior, normalmente se requiere solo una ligera presión de la tapa sobre la cámara filtrante, para asegurar un sello hermético, por lo que no debe apretarse demasiado las tuercas en la parte superior. Un exceso de presión únicamente rompería los empaques y en caso que el tubo principal sea de acrílico puede llegar a romperse.

Este tipo de filtros se pueden utilizar para filtración en profundidad, la cual consiste en hacer pasar la solución a través de los tubos que son de 3/4" que sirven como elemento filtrante adicional y además se usa el "solka flocc" como ayuda filtro.

IV .- ESTUDIO ECONOMICO.

El estudio económico se realizó tomando en consideración una serie de datos proporcionados por la Empresa Almex, S.A. a quienes agradezco todas las atenciones que se dignaron dar, así como las facilidades proporcionadas para elaborar ésta tesis.

Además se tomó en cuenta otra serie de aportaciones expuestas en libros especializados en el aspecto económico, por medio de los cuales se logró alcanzar el objetivo de éste estudio.(19)

Para la estimación del costo de producción, se realizaron determinaciones analíticas cuantitativas de las soluciones, para obtener un consumo lo más real de ellas.

Inversión Total: Inversión Fija + Capital de trabajo.

Inversión Fija:	\$ 261,640.00
Equipos	80,945.00
Instalacion	8,095.00
Terreno y Edificio	147,600.00
Mobiliario	25,000.00

Equipo:

Tanques	\$ 12,885.00
Rectificador	18,400.00
Filtro	9,500.00
Calentadores	7,000.00
Equipo de Laboratorio	15,000.00
Racks	8,000.00
Sistema de Agitación con aire	6,900.00

Accesorios:

Barras Metálicas	1,610.00
Soportes para barras	1,380.00
Bolsas y ganchos para anodos	<u>270.00</u>
	\$ 80,945.00

Instalación:

(10% de costo de equipo)	<u>\$ 8,095.00</u>
	\$ 89,040.00

Terreno y Edificio:

Superficie total: $192 \text{ m}^2 \times \$300/\text{m}^2$	\$ 57,600.00
---	--------------

Superficie construida: $150 \text{ m}^2 \times \$600/\text{m}^2$	<u>\$ 90,000.00</u>
	\$ 147,600.00

Mobiliario	\$ 25,000.00
------------	--------------

Capital de Trabajo:

Para los inventarios se tomó como base el consumo de -
un mes y la Producción correspondiente al mismo mes.

Inventario de Materia Prima Directa.

Anodos	\$ 6,400.00
Sales	600.00
Abrillantadores	1,000.00
Desengrase	380.00
Neutralizador	500.00
Condicionador Superficial	3,700.00
Sensibilizador	3,200.00
Activador	7,600.00
Soluciones Electroless	<u>48,000.00</u>
	\$ 71,380.00

Inventario de Materia Prima Indirecta:

Accesorios	\$ 5,000.00
Faltantes	5,000.00
	<u>\$ 10,000.00</u>

Cuentas por Cobrar: Un mes de Producción considerando 15% de material niquelado defectuoso.

$$(150\,000) - (150\,000)(0.15) = \$ 127,500.00$$

Capital en Caja y Banco 100,000.00

Pasivo a corto Plazo ó cuentas por pagar 120,000.00

Capital Trabajo = 428,880.00

Inversión Total = 600,520.00

Costo de Manufactura:

Base: Un mes de Producción = $1,000\text{ m}^2$

Materia Prima:

	Costo Mensual	Costo/ m^2
Desengrase	\$ 380.00	0.380
Activador Superficial	3,700.00	3.700
Neutralizador	500.00	0.500
Activador	48,000.00	48.000
Solución Electroless	600.00	0.600
Sales	6,400.00	6.400

Sensibilizador	\$ 7,600.00	7.600
Anodos	1,000.00	1.000
Abrillantadores	<u>2,000.00</u>	<u>2.000</u>
	\$ 71,380.00	71.380

Mano de obra Directa:

	Costo Mensual	Costo /m ²
5 Obreros de Proceso	\$ 10,000.00	10.000

Gasto de Fábrica:

Mano de obra Indirecta:

Jefe de Producción	\$ 7,000.00	7.00
Supervisor	4,000.00	4.00
Laboratorista	3,000.00	3.00

4 empleados:

(limpieza, Vigilancia, Mantenimiento, Almacén.) — 7,200.00 7.20

Secretaria 2,500.00 2.50

Administrador 4.500.00 4.50
\$ 38,200.00

+ 20% de Prestaciones 7,640.00 7.40

\$ 45,840.00 45.84

Erogaciones Indirectas de la Fábrica:

	<u>Costo Mensual</u>	<u>Costo</u>
Energía Eléctrica	\$ 2,500.00	2.50
Agua	500.00	0.50
Teléfono y Telégrafo	500.00	0.50
Papel		
Mantenimiento	1,000.00	1.00
Otros	<u>500.00</u>	<u>0.50</u>
	\$ 5,000.00	5.00

Depreciación:

	<u>Costo Mensual</u>	<u>Costo/ m²</u>
Edificio	\$ 900.00	0.900
Equipo	809.00	8.809
Racks	80.00	0.080
Mobiliario	<u>250.00</u>	<u>0.250</u>
	\$ 2,039.00	2.039

$$\text{Costo Total por m}^2 = 71.38 + 45.84 + 5.00 + 2.04$$

$$\text{Costo Total por m}^2 = 124.26$$

$$\text{Precio de Venta} = 0.015 \text{ \$/cm}^2$$

Estado de Pérdidas y Ganancias (miles de pesos)

Ventas Anuales Facturadas	\$ 1,800.00
- 3% Impuestos Mercantiles Seguros, Fletes, Devoluciones	<u>- 54.00</u>
Ventas Netas =	\$ 1,746.00
- Costo de lo Vendido =	<u>- 1,362.00</u>
Utilidad Bruta =	384.00
- Gastos de Administración y Ventas = (10% de la Venta Neta)	<u>- 174.00</u>
Utilidad de Operación	209.40
- Otros Gastos = (6 % de la Venta Neta)	<u>- 105.00</u>
Utilidad Antes de Impuesto =	104.40
- Impuesto sobre la Renta y Participación de utilidades = (32 + 8 = 40%)	<u>41.80</u>
Utilidad Neta	62.60

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Inversión Total}}$$

$$R = \frac{62.60}{600.520} \times 100 = 10.3\%$$

$$R = 10\%$$

ANEXO I

En este caso se mencionaran los costos del equipo utilizado.

a).- COSTO DE LOS TANQUES.

Tanques Recubiertos : 10

$$\text{\$ } 900/\text{tanque} \times 10 = \text{\$ } 9,000.00$$

Tanques sin Recubrimiento: 7

$$\text{\$ } 555/\text{tanque} \times 7 = \text{\$ } 3,875.00$$

Costo Total: \\$ 12,875.00

b).- COSTO DEL RECTIFICADOR.

Rectificador: 1

$$\text{\$ } 18,400/\text{Rectificador} \times 1 = 18,400.00$$

c).- COSTO DEL SISTEMA DE FILTRACION:

Filtro : 1

$$\text{\$ } 9,500 / \text{Filtro} \times 1 = \text{\$ } 9,500.00$$

d).- COSTO DE LOS CALENTADORES:

Calentadores : 4

$$\text{\$ } 1,500/\text{Calentador} \times 4 = \text{\$ } 7,000.00$$

e).- COSTO DE LOS RACKS.

Racks: 40

$$\text{\$ } 200/\text{ Rack } \times 40 \text{ Racks} = \text{\$ } 8,000.00$$

f).- COSTO DEL SISTEMA DE AGITACION.

Sistema de Agitación : 1

$$\text{\$ } 6,900/\text{ Sistema de Agitación } \times 1 = \text{\$ } 6,900.00$$

g).- COSTO DE LOS ACCESORIOS.

Barras Metálicas : 3

$$\text{\$ } 45.00 / \text{cobre } \times 36 = \text{\$ } 1,620.00$$

$$\text{Soportes para barras} \quad \text{\$ } 1,380.00$$

$$\text{Ganchos y Bolsas} \quad \text{\$ } 270.00$$

ANEXO 2

En este caso se mencionaran los costos de la materia prima directa.

a).- COSTOS DE LOS ANODOS.

Número de Anodos: 9

$$\text{\$ } 710.00/\text{ Anodo } \times 9 = \text{\$ } 6,390.00$$

b).- DESENGRASE:

Como la Solución es al 10% se tiene:

$$12 \text{ Kg.} \times \$ 7.90/\text{Kg.} = \$ 95.00$$

Como se necesita cambiar cada semana tenemos:

$$\$ 95.00 / \text{sem.} \times 4 \text{ Sem.} / \text{mes} = \$ 380.00 / \text{mes.}$$

c).- COSTO DEL ACTIVADOR SUPERFICIAL.

$$\$ 9.25 / \text{l} \times 200 \text{ l} = \$ 1,850.00$$

$$\$ 1,850.00 / 2 \text{ semanas} \times 4 \text{ semanas} / \text{mes} = \$ 3,700. / \text{mes}$$

d).- COSTO DE LA SOLUCION NEUTRALIZADORA.

$$200 \text{ l} \times \$ 1.25/\text{L.} = \$ 250.00 / 2 \text{ semanas.}$$

$$\$ 250.00 / 2 \text{ semanas} \times 4 \text{ Semanas} = \$ 500.00 / \text{mes.}$$

e).- COSTO DE LA SOLUCION SENSIBILIZADORA.

$$200 \text{ L.} \times \$ 8.00/\text{L.} = \$ 1600 / 2 \text{ semanas}$$

$$\$ 1600 / 2 \text{ semanas} \times 4 \text{ Semanas} / \text{mes} = \$ 3,200.00 / \text{mes.}$$

f).- COSTO DE LA SOLUCION ACTIVADORA.

$$200 \text{ L} \times 0.1 \text{ g./L.} = 60 \text{ g.}$$

$$20 \text{ g} \times \$ 95.00/\text{g.} = \$ 1,900.00 / \text{semana}$$

$$\text{\$ } 1,900.00 \text{ /Semana} \times 4 \text{ semanas/mes} = \text{\$ } 7,600.00/\text{mes}.$$

g).- COSTO DE LA SOLUCION ELECTROLESS.

$$40 \text{ L.} \times \text{\$ } 10.00 \text{ /L.} = \text{\$ } 400.00 \text{ /Solución.}$$

$$\text{\$ } 400.00 \text{ /Solución} \times 6 \text{ Soluciones/día} = \text{\$ } 2,400.00/\text{día}$$

$$\text{\$ } 2,400.00 \text{ /día} \times 20 \text{ días /mes} = \text{\$ } 48,000.00 \text{ /mes.}$$

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En virtud de que el objetivo de este trabajo, es el de - realizar un "Estudio Técnico Económico del Niquelado sobre Plásticos", podemos una vez realizado éste, emitir nuestras conclusiones en función de tres diferentes aspectos:

I .- La calidad de la materia prima.

II .- Las dificultades del proceso.

III .- El aspecto económico.

Con referencia al al primer punto tenemos:

1a.- En el mercado nacional la producción de plásticos ABS es su ficiente tanto en volumen como en calidad, por lo que no existe - problema para su adquisición.

1b.- El moldeo del plástico que va a recibir el depósito es de - vital importancia en el proceso, puesto que, si es deficiente y -- presenta tensiones, el depósito electroless tendrá poca adherencia.

1c.- La gran aceptación que han tenido en nuestro país, los plás - ticos niquelados, nos permite establecer en cuanto a la demanda - del producto terminado, que es realmente necesario instalar una - empresa que se dedique a la niquelación sobre plásticos.

Con referencia al segundo punto tenemos:

II a.- El niquelado sobre plásticos es un proceso que consiste en - realizar un depósito metálico, por vía "Electroless" (sin corriente) sobre una superficie plástico, que contiene un ión metálico que ha sido introducido a dicha superficie por la acción química del ataque de un ácido.

II b.- Para lograr un depósito metálico de calidad aceptable, es necesario estricto control analítico sobre dos pasos del proceso: el -- acondicionamiento superficial y el depósito "Electroless"

II c.- El acondicionamiento superficial tiene como finalidad, provocar los sitios superficiales donde el metal va a ser depositado, por lo que si éste no se realiza o se realiza deficientemente provocará en el depósito "Electroless" poca adherencia.

II d.- La solución "Electroless" es demasiado costosa y de bajo rendimiento, por este motivo es necesario evitar en lo posible cualquier contaminación que provoque fuertes pérdidas económicas.

II e.- Aunque el proceso presenta una serie de dificultades como - las ya enumeradas, debe establecerse que estas dificultades se pueden superar con un departamento de control analítico y de producción debidamente capacitado.

Con referencia al tercer punto finalmente tendremos:

III a.- La rentabilidad obtenida para el proceso es del orden del-
10%.

III b.- Sería recomendable para aumentar la rentabilidad corregir-
las deficiencias del proceso, y en función de ésto, emprender un-
serio esfuerzo para la instalación de una planta de este tipo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Basdekis C.H. "ABS Plastics". Pág 15 -45 Reinhold Publishing Corporation, New York. 1964.
- 2.- Standars and Guidelines of American Society of Electroplated - Plastics, "Manual" 1970.
- 3.- W.D. Morgerman "Plating and Plastics". "Plating" pág. 293-301 volumen 54 # 3 March 1967.
- 4.- Zappala J.F. "Molding and Quality Analysis of ABS Sustrates" Plating pág. 459-462 volumen 56 # 5 May 1969.
- 5.- Narcus Harold "Metallizing of Plastics". pág. 10-40 Reinhold Ney York. 1960.
- 6.- Coombes Robert. "Electroless Copper Preplating on ABS Plastics" Plating pág. 675-681, volumen 57 # 7. July 1970.
- 7.- Holbrook K.A. "Electroless Nickel Deposition effect of organic of rate". Plating pág. 522-527 volumen 56 # 5. May 1969.
- 8.- C.H. Minjer and A. Brenner. "Studies on Electroless Nickel - Plating." Plating pág. 1297 volumen 44 # 12 December 1957.
- 9.- R.M. "The Mechanism for the Autocatalytic Reduction of Nickel by Hypophosphite Ion "Plating" pág 969. volumen 51 # 10 October 1964.
- 10.- Narcus H. "Practical Plant Operation and Trouble Shooting". Plating pág. 821-827, volumen 55 # 8. August 1968.
- 11.- Randin J.P. "Electroless Nickel deposited at controlled pH mechanical properties as fuction of phosforus contente". Plating pág. 523-532, volumen 54 # 5. May 1967.

- 12.- Randin J.P. "An introduction to Chemical nickel Plating with sodium borohydride or amines boranes as reducin agents". Plating pág. 380-382, volumen 54 # 4. Abril 1967.
- 13.- Handbook Enthone. "Plating of Plastics".
- 14.- Handbook Marbon "Electroplating".
- 15.- Weaver James. "Nickel electroplated nonconductive materials for protection for rain erosion" Plating pág. 517-522, volumen 54 # 5. May 1967.
- 16.- Graham Kenneth, "Manual de Ingeniería de los recubrimientos electrolíticos". Editorial Continental. 1967.
- 17.- Guidebook Directory Metal an Plastics "Metal Finishing". Publications Inc. 1970.
- 18.- Mantell A.L. "Ingeniería Electroquímica". Editorial Reverté - 1970.
- 19.- Rautenstrauch. "Economía de las Empresas Industriales" Editorial Fondo de Cultura Económica. México.

