

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA



ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS  
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

TEMA:

"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE  
GALVANOTECNIA BASADO EN INSTRUMENTACIÓN  
VIRTUAL, UTILIZANDO LA TÉCNICA DE CORRIENTE  
DIRECTA DE DEPOSICIÓN"

Previo a la obtención del  
título de Ingenieros  
Electromecánicos

AUTORES:

Marvín Xavier Araque Idrovo.

Fredy Rodrigo Castro Reyes

DIRECTOR:

Ing. Leonel Francisco Aleaga Loaiza

FECHA:

09 de noviembre del 2010

## **1. ESTADO DEL ARTE:**

### **1.1. INTRODUCCIÓN:**

#### **Situación Problémica.**

“Existen ciertos lugares donde se deben utilizar materiales que no se oxiden como son los quirófanos, donde se debe implementar piezas de acero de construcción sometidas a un tratamiento de galvanotecnia con electrodeposición de níquel. Por lo que hemos visto necesario realizar el Diseño y Construcción de un Equipo de Galvanotecnia basado en Instrumentación Virtual, Utilizando la Técnica de Corriente Directa de Deposición, para evitar en lo posible este tipo de inconveniente.”

#### **Problema General de la investigación.**

No se cuenta con el diseño ni la construcción de un equipo de galvanotecnia utilizando la técnica de corriente directa de deposición.

#### **Problemas Específicos de la investigación.**

- No se cuenta con información necesaria acerca del proceso de electrodeposición en metales.
- No se cuenta con un equipo de Galvanotecnia.
- No se cuenta con un sistema para utilizar LabVIEW como herramienta para la adquisición de los valores de voltaje, intensidad y temperaturas de las soluciones durante el proceso de electrodeposición.
- No se ha realizado el control de calefactores que mantienen las soluciones de níquel y cromo duro a una temperatura idónea de trabajo, ni el monitoreo del proceso de electrodeposición mediante el software Labview.
- No se han socializado los resultados de investigación sobre galvanotecnia.

#### **Espacio.**

La recolección de la información para el diseño del equipo de galvanotecnia basado en instrumentación virtual se la realizó en la Biblioteca del A.E.I.R.N.N.R de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en la Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa "La Argelia".

La construcción del equipo de galvanotecnia basado en instrumentación virtual se realizó en los talleres del A.E.I.R.N.N.R de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en la Ciudad Universitaria Guillermo Falconí Espinosa "La Argelia".

**Tiempo:** El tiempo estimado para realizar esta investigación será de Julio del 2009 a Septiembre del 2010.

**Unidades de Observación:**

- Soluciones para el proceso de electrodeposición.
- Generador de corriente continua.
- Proceso de electrodeposición de metales.
- Instrumentos de medición.
  - Termómetros.
  - Amperímetros.
  - Voltímetros.
- Fuentes de alimentación.
- Tarjeta de adquisición de datos.
- software Labview
- Medios de información: libros, catálogos, revistas, folletos, Internet.

**Justificación:**

El diseño y construcción de un equipo de galvanoplastia basado en instrumentación virtual, utilizando la técnica de corriente directa de deposición, constituye una tarea que permite consolidar en la práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, además es un equipo de vital importancia para la industria ya que mejora las propiedades de los metales, y servirá también para que futuras generaciones de estudiantes conozcan de manera práctica el proceso de galvanotecnia.

La razón por la que se realizó la presente tesis, es porque la implementación de este equipo ayudara a los estudiantes a realizar prácticas de galvanotecnia, además actualmente en la ciudad no se cuenta con una empresa de galvanotecnia y este trabajo permitirá conocer de manera práctica el proceso, e incentivara a la construcción de una fábrica de galvanotecnia en nuestra ciudad.

**Objetivos:****Objetivo General:**

Diseñar y construir un equipo de galvanotecnia utilizando la técnica de corriente directa de deposición.

**Objetivos Específicos.**

- Sistematizar información necesaria acerca del proceso de electrodeposición en metales.

- Realizar el diseño y construcción de un equipo de Galvanotecnia.
- Utilizar el software LabVIEW como herramienta para la adquisición de los valores de voltaje, intensidad y temperaturas de las soluciones durante el proceso de electrodeposición.
- Realizar el control de calefactores que mantienen las soluciones de níquel y cromo duro a una temperatura idónea de trabajo y el monitoreo del proceso de electrodeposición mediante el software LabVIEW.
- Socializar los resultados de investigación sobre galvanotecnia.

## **1.2. Situación internacional, nacional y local.**

Actualmente el crecimiento de las industrias y de la población está generando más y más demanda de piezas de acero inoxidable, pero por el elevado costo del acero inoxidable la industria ha adaptado técnicas que mejoran las propiedades superficiales de acero normal, estos procesos se los realiza por electrodeposición, mejorando de esta manera las piezas metalizas y evitando en algunos casos la oxidación, el desgaste, entre otros.

Actualmente las industrias que se dedican a realizar la electrodeposición de los metales se encuentran en su mayoría en la ciudad de Guayaquil y Cuenca, una de la mayor demanda que tienen estas empresas son los baños de cromo duro los mismos que mejoran notablemente la dureza exterior de piezas metálicas, reducen su desgaste y evitan la oxidación.

En nuestra ciudad no se cuenta con una industria que se dedique a realizar estos trabajos, por lo cual todo el trabajo que se genera en nuestra ciudad es enviado a otras ciudades, cabe mencionar que la mayoría de estos trabajos se los realiza en equipo caminero y minero los mismos que están sometidos a condiciones de trabajo pesado.

## **1.3. Galvanotecnia.**

### **1.3.1. Generalidades de la Galvanotecnia.**

La galvanotecnia es la rama tecnológica que agrupa a aquellos procesos en los que se logra depositar una capa metálica continua y adherente, sobre la superficie de un conductor inmerso en un electrolito, con el uso de la corriente eléctrica. Al proceso de deposición en particular se le denomina recubrimiento electrolítico.

Esta tecnología tiene su origen o fundamento en la descomposición de una sustancia química, al aplicar la corriente eléctrica y cuyo fenómeno lo denominamos electrolisis.

Al cerrar un circuito eléctrico dentro de un electrolito (solución acuosa), se produce una descomposición iónica y al mismo tiempo, una migración y deposición de iones.

El ánodo por ser el terminal positivo del circuito, atrae a los iones negativos, y el cátodo por ser negativo, atrae a los iones positivos.

En una solución acuosa con contenido de sales metálicas, los iones metálicos positivos, se depositan en la superficie del objeto conectado al cátodo.



*Figura 1.1. Proceso de electrodeposición*

De esta manera, si las sales son de cobre, plata, níquel o cromo, el objeto resultará cubierto con dicho metal.

### **1.3.2. Objetivos de un recubrimiento electrolítico.**

Estos recubrimientos electrolíticos se realizan en la práctica para aprovechar alguna propiedad particular inherente al material de la capa superficial depositada, con respecto a la misma propiedad del material base, o para restaurar las dimensiones de alguna pieza desgastada por el uso.

Los objetivos más comunes que se persiguen con el recubrimiento electrolítico según el caso, son los siguientes:

- Aumentar la resistencia a la corrosión; depositando un material más resistente, a la agresividad del medio en el que se encontrará la pieza durante el uso. Es común en estos casos encontrar, capas de níquel, cromo, estaño o zinc sobre piezas de acero.
- Aumentar la dureza superficial; depositando una capa con cualidades de alta dureza. Se pueden encontrar en la práctica con este objetivo, capas de cromo duro sobre el filo de herramientas de acero.

- Aumentar la resistencia al desgaste; depositando una capa especialmente elaborada de algún material con propiedades elevadas de resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción y buena retención del lubricante. Este caso encuentra aplicación frecuente en el recubrimiento con cromo de la superficie de rozamiento de los anillos de pistón de los motores de combustión interna.
- Dar una mejor apariencia a la pieza; depositando una capa de apariencia lustrosa, mate u otra deseada, o bien de determinado color o textura. Con esta aplicación tropezamos a diario, y es muy común su uso para recubrir con materiales vistosos como oro, plata, níquel, cromo, latón etc. a piezas de material base barato.
- Restaurar dimensiones desgastadas; depositando capas de hierro o cromo sobre piezas que han sufrido desgaste durante el trabajo. Este tipo de recubrimiento se usa para restaurar algunas piezas en los procesos de reparación de máquinas.
- Base para la adherencia posterior de otros materiales; La adherencia de ciertos materiales no metálicos como las gomas, o las capas de cromo decorativo, a las piezas de acero se mejora mucho si esta se recubre previamente con una capa de cobre.
- Modificar el coeficiente de fricción; Es común en las máquinas el uso de capas superficiales de materiales blandos depositados electrolíticamente en los cojinetes de deslizamiento para facilitar el asentamiento correcto de la unión árbol-cojinete en el período inicial de trabajo. También ciertas texturas de capas de cromo y otros materiales sobre piezas de acero logradas electrolíticamente pueden mejorar la resistencia al rozamiento de las uniones deslizantes.
- Mejorar el contacto entre conectores eléctricos; en el mundo de las máquinas eléctricas y electrónicas actualmente, las partes de los conectores que realizan el acople conductor están recubiertas electrolíticamente de materiales que garantizan un buen contacto. Especialmente en aparatos electrónicos de alta fiabilidad se usan frecuentemente los recubrimientos con oro.

### **1.3.3. ¿Qué ocurre en la electrólisis?**

La electrólisis tiene lugar en un tipo de celda denominada celda electrolítica, en la cual una fuente de electricidad, como un batería, es conectada a los electrodos a través de un circuito externo. La electrólisis tiene lugar cuando los electrones son transferidos de un conductor a otro, es decir de electrodo a electrodo, en una solución iónica. Aquí

debemos tener en cuenta: el tipo de electrodos que usamos, electrodos inertes electrodos reactivos, y el tipo de solución electrolítica que tenemos en la celda, ya que el paso de corriente, es decir de electrones, determinará que unas moléculas se estabilicen y otras se vuelvan más reactivas.

Por ejemplo, en la electrólisis del agua empleamos dos electrodos inertes de carbón en una cubeta con una disolución acuosa (agua y unas gotas de ácido sulfúrico). La disolución tendrá iones de hidrógeno ( $H^+$ ) y sulfato ( $SO_4^-$ ). Si luego se conecta a un generador de corriente eléctrica (batería o pila), en ese instante algunas moléculas de agua comenzarán a disociarse en  $H^+$  y  $OH^-$ . Como resultado tendremos al ion  $OH^-$  que forma agua y moléculas de oxígeno gaseoso, que se desprenden del ánodo en forma de burbujas. Mientras que el ión  $SO_4^-$  retorna a la solución y permanece en estado de ión. Al mismo tiempo, los iones  $H^+$  provenientes del ácido y del agua, al ceder sus cargas, forman moléculas de hidrógeno que se desprenden en forma de burbujas por el cátodo.

En la experiencia del agua, los electrodos no experimentaron transformación porque eran inertes, pero existen casos donde esto sí ocurre siendo aprovechados por las industrias. Por ejemplo, cuando un electrolito contiene iones metálicos del mismo material del que están hechos los electrodos, durante el proceso de electrólisis, los iones positivos al ponerse en contacto con el cátodo reaccionan con él disolviéndolo mientras que, en el ánodo, los iones negativos se unen solidariamente con él recubriéndolo. Este hecho, por ejemplo, se aplica en la refinación o purificación del cobre, ya que las impurezas contenidas en el cobre que se desintegra, al no formar parte del proceso de electrólisis, se precipitan al fondo del recipiente; al mismo tiempo que el otro electrodo, el cátodo, se recubre con cobre metálico.

Al colocar una varilla de zinc en una disolución diluida de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), el zinc, que es un reductor, se oxida fácilmente, pierde electrones y los iones zinc positivos ( $Zn^{2+}$ ) se liberan en la disolución, mientras que los electrones libres se quedan en la varilla de zinc. Si se conecta la varilla por medio de un conductor a un electrodo de metal inerte, colocado en la disolución de ácido sulfúrico, los electrones que están en este circuito fluirán hacia la disolución, donde serán atrapados por los iones hidrógenos positivos del ácido diluido. La combinación de iones y electrones produce gas hidrógeno ( $H_2$ ), que aparece como burbujas en la superficie del electrodo. La reacción de la varilla de zinc y el ácido sulfúrico produce así una corriente en el circuito externo. Una pila electroquímica de este tipo se conoce como pila primaria o pila voltaica.

### 1.3.3.1. Explicación del fenómeno de electrolisis desde el punto de vista químico aplicado al zinc.

El zinc es un metal blanco y cristalino, quebradizo a temperatura ordinaria pero maleable a temperaturas entre 120°C y 150°C, de manera que puede ser laminado entre rodillos calientes manteniendo después su flexibilidad al enfriarse.

De 200° a 300°C se vuelve de nuevo quebradizo. Funde a 419.4°C y hierve a 907°C.

El metal es químicamente activo, y desplaza el hidrogeno de los ácidos diluidos, aunque su acción es muy lenta cuando es puro. No se altera en el aire seco, pero en el húmedo se oxida, recubriéndose de una película adherente de carbonato básico que lo protege de toda acción ulterior.

Aunque el zinc es un metal muy activo y se oxida rápidamente en el aire, la capa molecular de oxido de zinc que se forma impide toda corrosión ulterior.

El hierro galvanizado se obtiene sumergiendo el metal limpio en zinc fundido, por electrolisis o por sheradicacion.

#### ➤ Propiedades del zinc

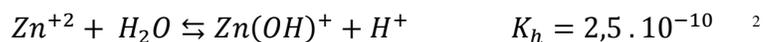
Numero atómico	30
Configuración electrónica	2, 8, 18, 2
Volumen atómico (cm <sup>3</sup> )	9
Tamaño del Radio iónico	0.70
Potencial de ionización primario (eV)	9.39
Potencial de ionización secundario (eV)	17.89
Potencial de ionización terciario (eV)	40.00
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	7.14
Punto de fusión (°C)	419
Punto de Ebullición (°C)	907
Potencial de oxidación (V)	+0.76

*Tabla 1.1. Propiedades del Zinc<sup>1</sup>*

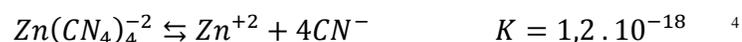
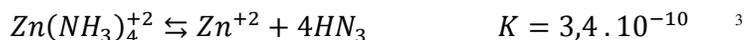
Compuestos: En todos los compuestos el zinc solo se muestra el estado de oxidación +2.

<sup>1</sup> Tomado de la química de M.J. Sienko y R.A. Plane

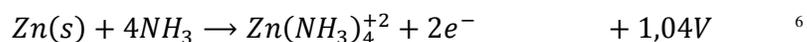
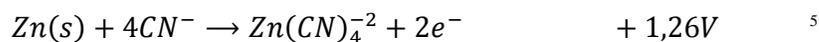
El catión  $Zn^{+2}$ , es incoloro y no paramagnético. Se hidroliza al disolverse en el agua dando una solución ligeramente acida. La hidrolisis se suele escribir de la siguiente manera:



Al igual que otros elementos de transición, el zinc posee gran tendencia a formar iones complejos estables; así, el hidróxido se disuelve fácilmente en solución acuosa de amoníaco debido a la formación de un catión complejo amoniacal de zinc,  $Zn(NH_3)_4^{+2}$ . También el hidróxido se disuelve en las soluciones cianuradas por formarse un anión Cianurado,  $Zn(CN)_4^{-2}$ . Las constantes de equilibrio son las siguientes;



La mayor estabilidad de aquel se refleja en el hecho de que el zinc metálico es un reductor más energético en las disoluciones de cianuros que en las de amoníaco. Los potenciales de oxidación son:




---

<sup>2</sup> Hidrolisis del Zinc Tomado de la química de M.J. Sienko y R.A. Plane

<sup>3</sup> Constantes de equilibrio del Zinc Tomado de la química de M.J. Sienko y R.A. Plane

<sup>4</sup> Constantes de equilibrio del Zinc Tomado de la química de M.J. Sienko y R.A. Plane

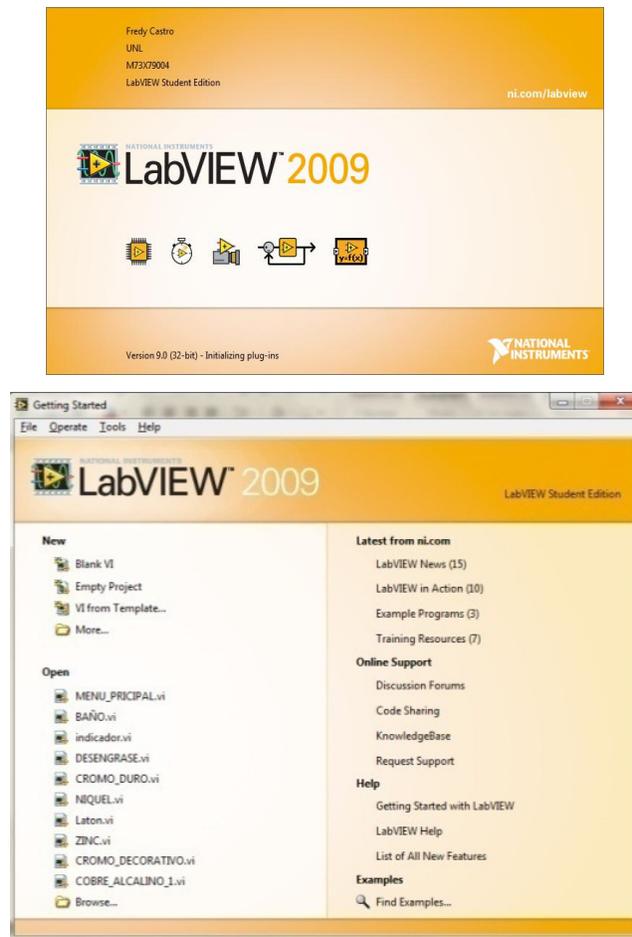
<sup>5</sup> Potenciales de oxidación del Zinc Tomado de la química de M.J. Sienko y R.A. Plane

<sup>6</sup> Potenciales de oxidación del Zinc Tomado de la química de M.J. Sienko y R.A. Plane

## 1.4. Instrumentación virtual:

### 1.4.1. ¿Qué es LabVIEW?

“LabVIEW es un revolucionario entorno de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentaciones de datos”.



*Fig. 1.2. Pantalla de inicio de LabVIEW*

El software LabVIEW tiene funciones específicas para acelerar el desarrollo de aplicaciones de medida, control y automatización, nos proporciona herramientas poderosas para que el usuario pueda crear aplicaciones sin líneas de código (lenguaje Gráfico) y nos permite colocar objetos ya construidos para lograr crear interfaces de usuario rápidamente.

Después es uno mismo el que especifica las funciones del sistema construyendo diagramas de bloques.

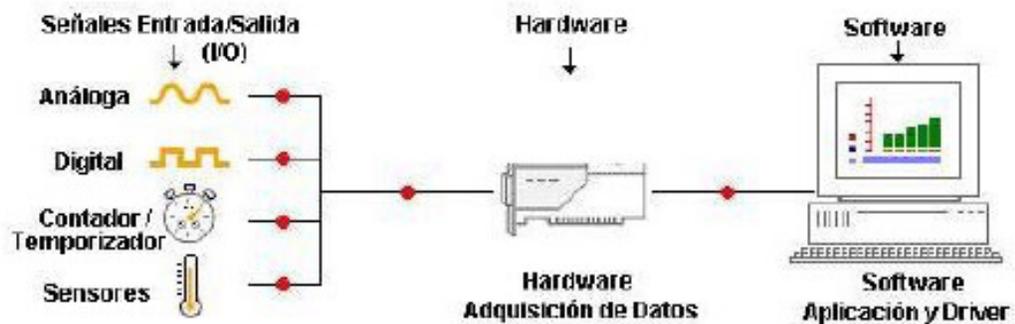
Finalmente, una de las ventajas que posee este software es que LabVIEW es ideal para la adquisición de datos y monitorización en procesos automatizados y de control.

#### 1.4.2. Hardware de Adquisición de Datos (DAQ).

National Instruments sostiene que:

“La adquisición de datos es el proceso de obtener o generar información de manera automatizada desde recursos de medidas analógicas y digitales como sensores y dispositivos bajo prueba.

Los dispositivos DAQ son instrumentos, ideales para una gran variedad de aplicaciones, desde registros de datos simples hasta sistemas integrados, ya que han sido diseñados con el propósito general de medir señales de voltaje.



*Fig. 1.3. Diagrama de adquisición de datos basada en PC*

##### 1.4.2.1. Dispositivos DAQ.

Los dispositivos DAQ permiten la adquisición de datos multifunción que presenta procesamiento interno definido por el usuario para una completa flexibilidad en la temporización y disparo del sistema.

La DAQ utiliza un controlador de temporización del sistema basado en FPGA para hacer a todas las E/S analógicas y digitales configurables para una operación específica de aplicación. Se puede configurar el chip FPGA al crear diagramas de bloque de LabVIEW con el LabVIEW FPGA Module de National Instruments. Su diagrama de bloques se ejecuta en el hardware, brindándole control directo e inmediato sobre todas las señales de E/S en el hardware de E/S.

Este proceso proporciona alto rendimiento, temporización y sincronización configurados por el usuario así como capacidad interna de toma de decisiones a rangos de hasta 40 MHz. Con los dispositivos DAQ se puede configurar hardware definido por el usuario para una amplia variedad de aplicaciones como control discreto y analógico personalizado, simulación, emulación digital de protocolo, prueba de razones de errores de bits, disparo flexible y otras aplicaciones que requieren de temporización y control preciso.



*Fig. 1.4. Tarjeta DAQ NI USB-6008 OEM*

Los dispositivos DAQ NI USB-6008 OEM (fig. 1.4) multifunción e inteligentes de la Serie R de National Instruments tienen un FPGA con 1M o 3M de compuertas; 8 entradas analógicas independientes de 16 bits; 2 salidas analógicas independientes de 16 bits con razones de actualización simultáneas de hasta 1.0 MHz; y hasta 96 líneas de E/S digital configurables a rangos de hasta 40 MHz.

## **1.5. La electrodeposición:**

Dimensiones y pesos de los ánodos estándares para electrolitos clásicos (ver Anexo 5).

### **1.5.1. Los electrolitos y los electrodepositos**

#### **1.5.1.1. Características de los principales electrolitos para electrodepositos**

Los electrolitos para electrodepositos poseen características diferentes en base a la temperatura habitual, su pH, el contenido del metal en g/l, como se comportan de acuerdo a la refrigeración, al filtrado, a la agitación catódica o de aire, cual es su

densidad de corriente, su relación litro/amperio, su poder de penetración y de reparación y su rendimiento anódico y catódico. (Para mayor información ver Anexo 1).

### 1.5.1.2. Características de los ánodos de los principales electrolitos para electrodepositos.

Electrolito	Tipo de baño	Naturaleza química de los ánodos	Relación superficie ánodo / cátodo	Ánodos		Bolsas	Pasivables	
				Solubles	Insoluble			
Plata	Cianurado	Plata pura	1/1	+		+	+	
Cadmio	Cianurado	Cadmio Puro	2/1	+			+	
Cromo	Acido crómico	Hierro armico Plomo antimonioso Plomo estaño	0,7 a 1/1 0,7 a 1/1 0,7 a 1/1		+			7% antimonio 6-7% estaño
Cobre	Cianurado Sulfato mate Sulfato brillante	Cobre puro Cobre puro Cobre+ fósforo	1/1 1/1	+		+	+	Laminado o electrolítico
Estaño	Sulfato estannoso Fluoborato Estannato	Estaño puro Estaño puro Estaño puro	1/1 2/1 1/1 a 2/1	+				Fundido Fundido Fundido
Níquel	Mate Sulfamato Brillante	Níquel puro Níquel puro Níquel puro	1/1 1/1 1/1	+		+	+	Electrolítico o, laminado
Oro	Cianurado	Platino Inox 18/8	Regulable Regulable		+			Según el color deseado
Rodio		Platino	Muy débil		+			
Zinc	Cianurado Sulfato Fluoborato	Zinc puro Zinc puro Zinc puro	2/1 2/1 2/1	+			+	

*Tabla. 1. 2. Características de los ánodos de los principales electrolitos para electrodepositos<sup>7</sup>*

## 1.6. El manejo de los electrolitos:

### 1.6.1. Corrección de los defectos de los electrolitos.

Para cualquier defecto de adherencia, se verifica en primer lugar la calidad del desengrase, y también la del decapado.

<sup>7</sup> J. GLAYMAN.; G FARKAS. Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Séptima edición Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. 1969. Tabla 18, Pág.50

El problema del predesengrase bajo su ángulo más amplio es: un disolvente clorado desengrasa mal porque contiene demasiada grasa o aceite en su superficie, y conviene destilarlo para renovarlo; un baño de desengrase químico tiene una acción insuficiente porque se ha empobrecido o se ha utilizado exageradamente.

### **1.6.2. Un electrolito solo puede ser bueno o malo:**

Al 100% el electrolito es bueno, al 0 es malo; un electrodeposito brillante lo será más o menos según la cantidad de abrillantador contenido en el electrolito, si las piezas extremas o sus extremidades están más brillantes que las del centro, o que las partes centrales; esto puede provenir bien sea de la falta de corriente, es decir, de una densidad de corriente catódica media insuficiente, o de una sección de entrada de corriente demasiado débil, sobre todo en el exterior del baño, que no deja pasar una cantidad de corriente suficiente, pero no del electrolito (excepto si hay una ligera falta de abrillantador).

Si el baño de níquel brillante contiene demasiados elementos determinados que constituyen las mezclas de los abrillantadores, o demasiado zinc, pueden darse piezas manchadas de negro o estriadas de una forma no uniforme.

#### **1.6.2.1. Determinación de los espesores y de los pesos de los electrodepósitos.**

La cantidad del metal electrodepositado está en función de la densidad de la corriente catódica expresada en amperios, y la duración de la electrolisis expresada en segundos, cuyo producto da como resultado culombios.

El espesor medio del metal electrodepositado estará en función:

- Del peso del metal electrodepositado,
- De la superficie media del cátodo,
- De la densidad del metal electrodepositado.

En función de la densidad de corriente ( $A/dm^2$ ) y del tiempo en minutos se puede indicar según tablas:

- 1.-)El espesor teórico medio del depósito,
- 2.-)El peso teórico del depósito por  $dm^2$ ,
- 3.-)El espesor práctico medio del depósito,
- 4.-)El peso practico del depósito por  $dm^2$ .

Los rendimientos óptimos de un electrolito pueden obtenerse normalmente trabajando bajo condiciones normales, es decir hacia la mitad aproximadamente de los límites de trabajo previstos para el electrolito. (Para mayor información ver anexo 2)

**Problema:**

**Hallar en valores prácticos el espesor medio y el peso de un depósito de níquel obtenido en 24 minutos a  $4,5 \text{ A/dm}^2$ , sobre una superficie de  $1 \text{ dm}^2$  (superficie de electrolisis).**

**Espesor:**

$$4,5 \text{ A} = 4\text{A} + \frac{1}{2} \text{ A}$$

$$24\text{min} = (2 \times 10 \text{ min}) + 4 \text{ min}$$

$$20\text{min} = 2 \times 10\text{min} \text{ a } 4 \text{ A/dm}^2 = 2 \times 7,38 = 14,76\mu$$

El valor de 7,38 es obtenido mediante tabla tomando la densidad de corriente de cuatro y el tiempo en minutos de 10 obtenemos el espesor en micras.

$$4\text{min} = \quad \text{a } 4 \text{ A/dm}^2 = \quad \quad \quad 2,95 \mu$$

$$24\text{min} = \quad \text{a } 0,5 \text{ A/dm}^2 = \quad 24 \times 0,095 = 2,95 \mu$$

Mediante tabla tomando la densidad de corriente de 1 y el tiempo en minutos de 1 obtenemos el espesor en micras. Como la densidad de corriente es la mitad de 1 dividimos el valor del espesor 0,19 obtenido en micras para 2 y obtenemos el valor de 0,095.

$$24 \text{ min de niquelado a } 4,5 \text{ A/dm}^2 \text{ dan un espesor de } 19,99 \mu \approx 20 \mu$$

El valor de  $19,99 \mu \approx 20 \mu$  se lo obtiene sumando todos los espesores obtenidos mediante el cálculo.

**Peso:**

**Se procede de la misma manera que el espesor con la única diferencia que se utiliza la tabla de pesos.**

$$20\text{min} = 2 \times 10\text{min} \text{ a } 4 \text{ A/dm}^2 = 2 \times 656,8 = 1313,6 \text{ mg}$$

$$4\text{min} = \quad \text{a } 4 \text{ A/dm}^2 = 262,7 \text{ mg}$$

$$24\text{min} = \quad \text{a } 0,5 \text{ A/dm}^2 = \quad 24 \times 8,2 = 196,8 \text{ mg}$$

$$24 \text{ min de niquelado a } 4,5 \text{ A/dm}^2 \text{ dan un peso de } 1773,1 \text{ mg} \approx 1773 \text{ mg.}$$

Admitiendo que la densidad del metal es la misma que la de los electrodepositos tenemos: los pesos de los electrodepositos habituales en función de los espesores de 1 a 10 micras, calculados en miligramos por  $\text{dm}^2$  ( $\text{mg/dm}^2$ ). (Para mayor información ver Anexo 3)

**1.6.2.2. Determinación de la densidad de corriente media por  $\text{dm}^2$ .**

No se puede calcular la densidad de corriente media de trabajo dividiendo la intensidad total que atraviesa el baño por la superficie geométrica de los cátodos porque el reparto

de los electrodepósitos no es equivalente sobre todos los puntos del cátodo y además el cálculo real de las superficies totales es prácticamente imposible, teniendo en cuenta el poder de reparto de los electrolitos...

Se puede obtener la densidad de corriente catódica media de trabajo sumergiendo una barra catódica, en medio de otras piezas. Una esfera (superficie ideal que no posee ángulos) pulida de 1 dm<sup>2</sup> exactamente, en acero. Cobre o latón conectado a un amperímetro adecuado.

### **1.6.2.3. Determinación del rendimiento de los electrolitos.**

El rendimiento de un electrolito es el cociente del peso real depositado sobre un cátodo, después del paso de un determinado número de culombios, y del peso teórico calculado y que se puede sacar en base al ejercicio anterior. Se pesa la esfera seca de una catófera antes del tratamiento y después se electroliza durante un tiempo anotado de 10 a 20 min, a un amperaje medio del baño. Se vuelve a pesar la esfera seca y la diferencia representa el peso del metal depositado.

### **1.6.3. La instalación de electrodeposición.**

#### **1.6.3.1. Descripción de una instalación de electrolisis.**

Una instalación de electrodeposición está constituida por:

- Cubas,
- Accesorios de servicio,
- Baños, que pueden ser soluciones o electrolitos, y sus ánodos.

#### **a. Cubas:**

Se debe utilizar cubas de plástico autoportantes para casi todas las aplicaciones electrolíticas o químicas, excepto las de enjuague en caliente que se construyen en acero inoxidable para simplificar enormemente el mantenimiento de las instalaciones.

Las dimensiones de las cubas se indican siempre en el siguiente orden:

**Longitud, anchura, altura**

Se indicarán en cm o mm, la precisión exigida será la de mm por metro dimensional.

#### **b. Accesorios de servicio de las cubas de instalación de galvanoplastia**

Para cada operación electrolítica, utilizada en el equipo de galvanotecnia, son necesarios ciertos accesorios que permiten liberar de impurezas a las piezas a tratarse ya sea por vía electrolítica o por inmersión, dichos accesorios dependen del método de eliminación de dichas impurezas. (para mayor información ver anexo 6).

- **Enjuagado:** Es posible que una de las operaciones más importantes en taller de recubrimientos electrolíticos sea la de enjuagar. El recubrimiento electrolítico consiste, por lo común, de una secuencia de operaciones en las que el artículo es introducido en cierto número de soluciones distintas con el objeto de eliminar las grasas, preparar sus superficies y, finalmente, depositar sobre estas última el metal o metales necesarios. En casi todos los casos la contaminación de una de las soluciones por otra ocasiona dificultades y, en consecuencia, será indispensable remover toda traza de la solución anterior antes de que el artículo sea llevado a otra.

El método más utilizado para el enjuagado de los artículos es de sumergirlos por entero en un depósito lleno de agua. Esta agua puede estar en reposo o puede ser corriente, es decir, una corriente de agua limpia puede entrar continuamente en el depósito.

El control del agua utilizada para el enjuagado puede ser de cierta importancia, especialmente en instalaciones grandes. Si se utiliza agua en poca cantidad, el material que se elimina del artículo se concentrará excesivamente y no podrá obtenerse un enjuagado adecuado. Por otra parte, si el flujo del agua es mayor que el necesario habrá un aumento innecesario en el costo de la operación ya que en la mayoría de los talleres el abastecimiento de agua se hace a través de un medidor y a determinado precio por metro cúbico. En consecuencia es preferible donde sea posible controlar la cantidad de agua a la proporción mínima capaz de remover satisfactoriamente la solución de la superficie del artículo.

- **Composición del agua de enjuagar.**

Es obvio, por supuesto que el agua utilizada para enjuagar debe estar libre de aceite y de materias insolubles. Teóricamente deberá usarse agua destilada pero en la mayoría de los trabajos su costo será prohibitivo. Sin embargo, debe recordarse que el agua de abastecimiento general en muchos sistemas no es realmente apropiada para enjuagar, especialmente para ciertas operaciones, por ejemplo, agua dura conteniendo sales de calcio pueden formar materias insolubles sobre los artículos que hayan sido sacados recientemente de una solución alcalina de limpieza. En consecuencia es necesario tomar en consideración si el agua del abastecimiento general puede ser, o no, utilizada directamente para el enjuagado sin necesidad de tratamiento previo.

#### 1.6.4. Fórmulas para las soluciones.

##### 1.6.4.1. Soluciones alcalinas para la limpieza.

Estas soluciones se utilizan para quitar la grasa, de la superficie del metal antes de que sea sometido al decapado ácido y al recubrimiento electrolítico. Las soluciones para la limpieza están compuestas principalmente de sosa cáustica, carbonato de sodio, fosfato tribásico de sodio, metasilicato de sodio y cianuro de sodio; se pueden utilizar diversas muestras de estos materiales de acuerdo con los propósitos para los que se necesita el limpiador.

Puede agregarse también un agente humectante para reducir la tensión superficial, y que además aumentara el poder detergente del limpiador, Se pueden conseguir diferentes agentes humectantes la mayor parte consisten en compuestos aromáticos sulfonados. Para este propósito puede usarse satisfactoriamente el Teepol que es un alcohol sulfonado, puede utilizarse también polvos de jabón.

El procedimiento más común es hacer que el artículo sea el cátodo, puesto que el hidrogeno desprendido de su superficie ayudara a reducir y a quitar cualquier cantidad de grasa presente.

Si el artículo no va a ser decapado después del desengrasado, es conveniente hacerlo funcionar como ánodo durante unos cuantos segundos antes de retirarlo del baño, para eliminar cualquier depósito que se haya formado sobre esta superficie.

Cuando se utilicen estas soluciones electrolíticamente, deberá aplicarse un voltaje de unos 6V, y de tanta intensidad como pueda fluir.

#### 1.6.5. Fórmulas de solución alcalina.

##### 1.6.5.1. Solución limpiadora Electrolítica.

Composición de la solución	g/lit
Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	12.5
Fosfato trisodico ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ )	25
Agente humectante	1.5
Temperatura	80 – 90°C
Voltaje	6
Densidad de la corriente	10 amperios/dm <sup>2</sup>

*Tabla 1.3. Composición química de la solución limpiadora electrolítica<sup>8</sup>*

<sup>8</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

### 1.6.5.2. Soluciones para recubrimientos electrolíticos.

#### a. Latón.

Composición de la solución	g/lt
Cianuro de sodio (NaCN)	60
Cianuro de cobre (CuCN)	30
Oxido de zinc (ZnO)	7.7
Bicarbonato de sodio (NaHCO <sub>3</sub> )	11
Amoniac (0.880 NH <sub>4</sub> OH)	3 ml

*Tabla 1.4. Composición química de la solución de Latón electrolítico<sup>9</sup>*

Condiciones de operación:	
Temperatura	35 – 40°C
Densidad de la corriente	Cátodo 1 A/dm <sup>2</sup> Ánodo 0.5 A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia del cátodo	60 – 70%
Voltaje	3.5
pH	10.5 – 11.5
Ánodos	Latón fundido o laminado 70 – 30
Tina	Acero o acero forrado de hule
Abrillantador	Disolver 200g de sosa cáustica en un litro de agua a la que se le añade 100g de arsénico blanco. Usar 15 – 30 mililitros por cada 100 litros de solución.
Cianuro libre	6.25 g/lt

*Tabla 1.5. Condiciones de operación de Latón electrolítico<sup>10</sup>*

El latón puede depositarse con bastante facilidad de la solución de cianuros mezclados. La aleación tendrá ciertas variaciones de acuerdo con las condiciones del recubrimiento, pero la aleación de 70-30 cobre zinc es la de mayor uso. Este depósito se utiliza como un acabado sobre el acero, y también como un recubrimiento previo para el niquelado del aluminio y de las piezas fundidas en matriz con base de zinc.

<sup>9</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

<sup>10</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

El contenido de amoníaco es importante, la adición de amoníaco promueve el recubrimiento del zinc. También se ayuda al recubrimiento del zinc aumentando el cianuro libre o la densidad de la corriente. Las temperaturas más elevadas incrementan el recubrimiento de cobre.

**b. Cromo (Solución Fuerte)**

Composición de la solución	g/lt
Acido Crómico (CrO <sub>3</sub> )	450
Acido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	4.5

*Tabla 1.6. Composición química de la solución fuerte de Cromo<sup>11</sup>*

Esta solución necesitara ser reducida en cierta forma. Esto se puede hacer por envejecimiento o haciéndola hervir con 12.5g/lt de ácido cítrico; 18g/lt de acidotartarico; o 25g/lt de ácido oxálico.

Condiciones de operación:	
Temperatura	40 – 60°C
Densidad de la corriente	12 – 20A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia de la corriente	Cerca del 12 – 15%
Voltaje	4 – 5
Ánodos	Plomo antimonial (7%)
Tina	De acero forrados con plomo antimonial al 7%. Equipada con extractor.

*Tabla 1.7. Condiciones de operación de la solución fuerte de cromo<sup>12</sup>*

**c. Cromo (Solución Ligera).**

Composición de la solución	g/lt
Acido Crómico (CrO <sub>3</sub> )	250
Acido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	2.5

*Tabla 1.8. Composición química de la solución ligera de cromo<sup>13</sup>*

<sup>11</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

<sup>12</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

<sup>13</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

Esta solución necesitara ser reducida en cierta forma. Esto se puede hacer por envejecimiento o haciéndola hervir con 6.25g/lit de ácido cítrico; 9g/lit de acidotartarico; o 12.5g/lit de ácido oxálico.

Condiciones de operación:	
Temperatura	40 – 50°C
Densidad de la corriente	12 – 20A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia de la corriente	Cerca del 12%
Voltaje	4 – 5
Ánodos	Plomo antimonial (7%)
Tina	De acero forrados con plomo antimonial al 7%. Equipada con extractor.

**Tabla 1.9. Condiciones de operación de la solución ligera de cromo<sup>14</sup>**

Tanto la solución con 450 g/lit de ácido crómico, como la que tiene 250 g/lit del mismo ácido, son de uso normal. La primera produce un depósito algo más flexible en tanto que el depósito producido por la segunda es ligeramente más duro.

La solución se hace disolviendo las cantidades necesarias de ácido crómico en agua, para entonces reducirlas ligeramente. Esto se puede hacer agitando la solución o haciéndola hervir con un agente reductor.

La temperatura y la densidad de la corriente deben ser controladas cuidadosamente y aunque la solución funcionara satisfactoriamente a diferentes temperaturas, una vez decidida la temperatura de trabajo esta deberá ser mantenida y controlada a más – menos un grado.

La solución para cromar tiene un bajo poder de cubrición, y el éxito de la operación dependerá, a menudo, de la manera en que se coloquen suspendidos los artículos en el baño. En algunos casos puede ser necesario disponer pequeños ánodos en las partes entrantes del artículo, para asegurar un recubrimiento más satisfactorio.

Si se utiliza una densidad de corriente demasiado baja, el depósito aparecerá blanquecino, mientras que si se utiliza corriente de densidad muy elevada el depósito perderá su brillantez y se volverá mate.

<sup>14</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

Para obtener depósitos gruesos se pueden utilizar las dos soluciones, pero la solución ligera es la más usada para este objeto.

**d. Cobre (Acido)**

Composición de la solución	g/lt
Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	200
Acido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	50
Fenol	1

*Tabla 1.10. Composición química de cobre ácido<sup>15</sup>*

Condiciones de operación:	
Temperatura	16 – 50°C
Densidad de la corriente	1 – 20A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia de la corriente	95 – 97%
Voltaje	1 – 3
Ánodos	Cobre puro
Tina	De madera o acero, forradas de plomo o hule.
Agitación	Necesaria para la densidad de corriente alta.
Filtración constante	Conveniente

*Tabla 1.11. Condiciones de operación de la solución de cobre ácido<sup>16</sup>*

Esta solución se utiliza para producir depósitos gruesos de cobre. Sin embargo, no puede ser usada sobre acero o sobre piezas con base de zinc fundidas en matriz, debido al contenido elevado de ácido en la solución. Se usa para electro formado y para recubrir objetos no metálicos tales como plásticos prensados. También se utilizan para engruesar depósitos hechos sobre acero por medio de la solución de cianuro de cobre o sobre artículos de acero que han sido niquelados previamente.

La solución es un tanto susceptible a las impurezas orgánicas y deberá cuidarse de que no sea contaminada. Si resultase contaminada, se producirán depósitos ásperos y quebradizos. Esto se puede solucionar por medio de un tratamiento oxidante o por filtración a través de carbón activado. Las bombas o filtros utilizados con la solución deberán ser forrados con plomo o contruidos de acero inoxidable.

<sup>15</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

<sup>16</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

**e. Cobre (Alcalino).**

Composición de la solución.	g/lt
Bitartrato Potásico (Crémor Tártaro) ( $\text{KH C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ )	100

Composición de la solución	g/lt
Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	15
Oxalato de cobre ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )	10
Trietanolamina ( $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3$ )	22

*Tabla 1.12. Composición química de la solución de cobre alcalino<sup>17</sup>*

Añadir un ligero exceso de carbonato de cobre y filtrar, a continuación hacerla alcalina con carbonato de potasio.

Condiciones de operación.	
Temperatura	Ambiente
Densidad de corriente	0.25 A/dm <sup>2</sup>
Ánodo	Cobre

Condiciones de operación.	
Temperatura	Ambiente
Densidad de corriente	0.3 – 0.6 A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia de la corriente	Bastante alta
Ánodo	Cobre
Tina	Cubierta de barro o de hule

*Tabla 1.13. Condiciones de operación de la solución de cobre alcalino<sup>18</sup>*

Esta solución se usa en particular para recubrir delgadas películas de plata sobre vidrio, plásticos. No es conveniente experimentar en obtener depósitos gruesos por que tan pronto como se logra el recubrimiento de la película debe ser transferido a un baño ácido de cobre para su engrosamiento.

<sup>17</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

<sup>18</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

Esta solución es una alternativa, trabaja más rápido que la primera solución y se la considera eficiente para obtener una capa lo suficiente gruesa, en medio minuto a minuto y medio, después del cual, los artículos pueden llevarse a la solución ordinaria de cobre ácido para engrosar la película de cobre.

**f. Níquel (Rápido Caliente)**

Composición de la solución	g/lit
Sulfato de Níquel ( $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	250
Cloruro de Níquel ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )	37.5
Acido Bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	25
Fluoruro Sódico (NaF)	12.5

*Tabla 1.14. Composición química de la solución de níquel rápido caliente<sup>19</sup>*

Condiciones de operación:	
Temperatura	40 – 60°C
Densidad de la corriente	1.5 – 3.5A/dm <sup>2</sup>
Rendimiento de la corriente	95%
Voltaje	3
pH	5.2 – 5.8
Ánodos	Níquel 99 – 100%, fundido o laminado
Tina	Forradas de plomo o de hule.
Agitación	Necesaria para altas densidades de corriente.
Filtración constante	Conveniente

*Tabla 1.15. Condiciones de operación de la solución de níquel rápido caliente<sup>20</sup>*

Esta capa es particularmente apropiada para depositar una capa de níquel antes del cromado. La solución puede ser trabajada a una densidad de corriente elevada y si se le agita por medio de aire comprimido, podrá usarse densidades superiores a las dadas. Bajo estas circunstancias es posible depositar 0.0254mm en menos de media hora.

<sup>19</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

<sup>20</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

Esta solución puede ser usada también para producir depósitos gruesos donde no sea necesario un depósito duro, la dureza oscilará entre 180 y 200 Brinell, dependiendo de las condiciones de operación.

**g. Zinc (Acido).**

Composición de la solución	g/lit
Sulfato de zinc ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ )	300
Cloruro de sodio (NaCl)	12.5
Acido Bórico ( $H_3BO_3$ )	19
Sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ )	19
Dextrina (Amarilla)	10

*Tabla 1.16. Composición química de la solución de Zinc ácido<sup>21</sup>*

Condiciones de operación:	
Temperatura	Cerca de 16°C
Densidad de la corriente	1 – 10A/dm <sup>2</sup>
pH	3.5 – 4
Ánodos	99.9%
Tina	Forrada de plomo o de hule.
Agitación	Útil, necesaria para elevadas densidades de corriente.
Filtración constante	Necesaria para elevadas densidades de corriente.

*Tabla 1.17. Condiciones de operación de la solución de Zinc ácido<sup>22</sup>*

La solución acida de zinc se utiliza principalmente para galvanizar alambre, laminas, etc. También puede usarse sobre hierro gris.

Para determinados fines esta solución puede ser usada con un ánodo insoluble y el zinc puede ser lixiviado del mineral como sulfato de zinc y añadido a la solución, Para la mayor parte de los casos se utilizan ánodos de zinc.

<sup>21</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

<sup>22</sup> E. A. Ollard.; E. B. Smith. (1963) Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F.

La solución puede ser mantenida mediante el análisis; el pH puede ser regulado añadiendo ácido, o si fuese necesario, óxido de zinc o carbonato de zinc.

### **1.6.6. Métodos de predeengrase**

Existen varios medios para desengrasar una pieza metálica, cada uno con su técnica, productos utilizados y métodos de aplicación. (Para mayor información ver Anexo 4)

#### **1.6.6.1. Preparación de superficies**

La preparación de superficies consta de dos partes:

- 1.-)Desengrase que elimina las materias grasas de la superficie.
- 2.-)Decapado que disolverá los productos de transformación de superficies.

### **1.6.7. Desengrase**

Se divide en dos grupos:

- 1.-)**Los predeengrases** que tienen por fin eliminar de las superficies metálicas la parte esencial de las grasas, sin llegar a su eliminación absolutamente total.
- 2.-)**Los desengrases** finales que eliminarán totalmente todo el resto de grasa.

El método de desengrase utilizado para nuestra tesis es:

#### **1.6.7.1. Método Electroquímico o electrolítico:**

Condiciones eléctricas mínimas:

- 1.-)La tensión real no debe ser inferior a 7 voltios (sin exceder los 10 voltios), la tensión real se considera a la que se define por medio de medidas hechas sobre los ganchos fríos de aportación de corriente anódica y catódica. La tensión real comparada con la caída de tensión entre los terminales del rectificador no puede sobrepasar 1 voltio.
- 2.-)La densidad de corriente media por  $\text{dm}^2$  no debe ser inferior a  $12 \text{ A/dm}^2$  para una tensión de 7 a 8 voltios.

El electrolito está previsto para trabajar en frío, normalmente a  $15^\circ\text{C}$ , la temperatura no debe sobrepasar los  $22^\circ\text{C}$ . Alcanzando este punto se debe refrigerar el baño, por las siguientes razones:

- Volumen del baño demasiado pequeño para la intensidad de paso,
- Cantidad de corriente demasiado elevada,
- Resistencia exagerada del electrolito,
- Ganchos catódicos o anódicos de sección insuficiente,
- Densidad de corriente anódica insuficiente.

Cuando no es posible disminuir la cantidad de corriente, es preferible aumentar el volumen del baño.

Desengrase electrolítico:

La duración operatoria excede raramente los 3 minutos generalmente se realiza de 1 a 2 minutos.

### **1.6.8. Fuentes de corriente eléctrica a baja tensión**

#### **1.6.8.1. Rectificadores:**

La mayoría de fuentes de corriente eléctrica a baja tensión (B.T.) están constituidas por rectificadores de corriente.

Un rectificador de corriente se compone normalmente de:

1°. Un transformador principal de corriente que transforma la corriente eléctrica alterna de 220 voltios de tensión (110 ó 380 V) en corriente alterna a baja tensión, 4,8,12,16,20 voltios....

En este transformador existen tomas múltiples, generalmente 4, de ajuste de tensión, es decir, que si admitimos un utilizador que dispone de corriente alterna 220 voltios, que proviene directamente de la red, según la distancia a la que se encuentre el transformador, su tensión puede ser diferente, generalmente hacia abajo, 210V, 200V.... Estas tomas se prevén para que el transformador funcione en el primario a su tensión de alimentación real.

Por otra parte, pueden existir cuatro tomas de regulación en el secundario para realizar una variación de tensión a baja tensión, pudiendo obtener así aproximadamente 5, 6, 7,8 voltios. Este tipo de regulación no permite una salida de tensión alejada de la tensión normal secundaria. Este sistema de regulación se utiliza especialmente para el desengrase electrolítico, o el tratamiento galvánico en bombos (por ejemplo, 12V, 13.5V, 15V, 16,5 V).

Se debe tener en cuenta que para potencia pequeñas (normalmente no superiores a 1 KW) y especialmente para corriente monofásica, se puede utilizar como único transformador, que permite una regulación continua, aparatos a base de cursor.

2°. Un autotransformador que tiene por fin la regulación del secundario del transformador que permite la obtención de una corriente alterna regulable a partir de un punto a definir (que puede ser el 0) hasta el máximo. La regulación puede hacerse:

- a) Por medio de 4,16,32 ó 64 tomas, con ayuda de 1,2 ó 3 conmutadores, que corresponden a tomas en el secundario del transformador;
- b) En continuo, existen diversos medios. El mando puede hacerse por botón pulsador: subida-descenso.

La regulación del rectificador tiene un solo fin: fijar una tensión determinada. El consumo, es decir, la intensidad o el amperaje, dependen de dos factores:

- a) La densidad de corriente de trabajo por unidad de superficie, es decir  $A/dm^2$ , función de las características del electrolito.
- b) La superficie catódica.
- 3°. Las células rectificadoras tienen por misión transformar la corriente alterna a baja tensión regulada, en corriente continua a baja tensión regulada.
- 4°. Los aparatos de medida: amperímetro y voltímetro.
- 5°. Los aparatos de mando y protección: el mando se efectúa por medio de un botón pulsador de mando.
- 6°. Las pletinas y el cableado: los aparatos eléctricos deben estar bien conectados por medio de hilos y cables aislados convenientemente y en cuanto a las pletinas de cobre en baja tensión.
- 7°. El continente del rectificador: el rectificador es un conjunto compuesto por:
  - a. Al aire con circulación forzada: electro ventilador que crea la ventilación de las placas rectificadoras.
  - b. Al aire sin circulación forzada: la ventilación forzada se reemplaza por un aumento de las células en dimensionamiento o en cantidad.
  - c. En aceite: El conjunto rectificador, o solamente el grupo de placas, se sumerge en un aceite especial o en fluidos particulares: como el pyralene contenido en una cuba especial, cuya superficie de contacto se aumenta sea por adición de elementos de radiador, de aletas, o bien una refrigeración por circulación de agua.

#### 1.6.8.2. Componentes del circuito de un rectificador de corriente:

##### a. Interruptor eléctrico



*Fig. 1.5. Interruptor eléctrico*

Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.

Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El

actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

## b. Fusibles



Fig. 1.6. Fusibles

Los fusibles son pequeños dispositivos que permiten el paso constante de la corriente eléctrica hasta que ésta supera el valor máximo permitido. Cuando aquello sucede, entonces el fusible, inmediatamente, cortará el paso de la corriente eléctrica a fin de evitar algún tipo de accidente, protegiendo los aparatos eléctricos de estropearse.

El mecanismo que posee el fusible para cortar el paso de la electricidad consta básicamente en que, una vez superado el valor establecido de corriente permitido, el dispositivo se derrite, abriendo el circuito, lo que permite el corte de la electricidad. De no existir este mecanismo, o debido a su mal funcionamiento, el sistema se recalentaría a tal grado que podría causar, incluso, un incendio.

### ➤ Tabla de capacidad del fusible

SECCION DEL CONDUCTOR	DIAMETRO DEL CONDUCTOR	AMPERES	CAPACIDAD DEL FUSIBLE
0,50	0,80	4	--
0,75	0,98	5,5	--
1,00	1,13	7	6
1,50	1,39	9,5	10
2,50	1,78	14	15
4	2,26	20	20
6	2,77	27	25
10	3,57	39	35
16	4,52	56	50
25	5,65	80	80
35	6,67	100	100
50	8,00	130	125
70	9,45	170	160
95	11,05	210	200
120	12,35	230	225
150	13,82	270	260
185	15,35	310	300
240	17,50	380	350
300	19,50	450	430
400	22,60	560	500
500	25,25	660	600
625	28,20	780	700
800	31,90	940	850
1000	35,70	1100	1000

Tabla 1.18 Capacidad del fusible<sup>23</sup>

<sup>23</sup> [http://html.rincondelvago.com/fusibles\\_2.html](http://html.rincondelvago.com/fusibles_2.html), Fusibles. Electrónica. Tipología. Elementos constitutivos. Funciones y uso. Requisitos. Criterios de selección. Protectores. Corriente. Láminas. Capacidades de voltaje y de interrupción. Dispositivos de protección.

### c. Variac



Fig. 1.7. Variac

Un *variac* es un auto transformador variable con el cual podemos obtener una tensión de salida de corriente alterna entre 0V y la tensión de alimentación.

Está constituido por un núcleo en forma toroidal sobre el que está arrollado el transformador el uno de los lados del núcleo magnético las espiras están libres de aislamiento.

Sobre ellas mediante un eje central discurre una escobilla con un rodillo de carbono, que es accionada por un mando unido a un eje. Este mando dispone de una caratula con una serigrafía en la que se indica el voltaje según el ángulo de giro del mando.

Del mismo modo que en un reóstato un *variac* divide la tensión variando la impedancia entre la sección de entrada y la de salida.

La fracción de la impedancia dividida de entrada conectada a la salida determina el voltaje de salida.

Si bien un potenciómetro utiliza una resistencia como el divisor de impedancia, el *variac* en su lugar utiliza una inductancia, esto es muy útil en tensiones alternas ya que se consiguen muy bajas pérdidas en la regulación con eficiencias del 98%.

### 1.6.9. Transformador.



Fig. 1.8. Transformador

Se denomina transformador a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, esto es, sin

pérdidas, es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

#### 1.6.9.1. Funcionamiento.

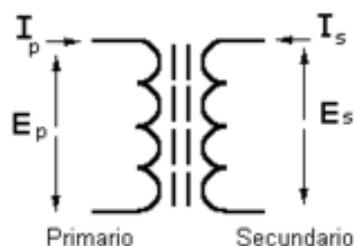


Fig. 1.9. Devanados

Si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

La relación entre la fuerza electromotriz *inductora* ( $E_p$ ), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz *inducida* ( $E_s$ ), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario ( $N_p$ ) y secundario ( $N_s$ )

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

Ecuación. 1.1.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>. Formula de relación de transformación.

### 1.6.9.2. Cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia

El cálculo simplificado de pequeños transformadores (de hasta 400 Watts) se divide en varios pasos:

- Elección del núcleo.
- Potencia del Transformador.
- Determinación de la sección del núcleo.
- Determinación del número de espiras para cada bobinado
- Tipo de alambre para el bobinado.
- Determinación de las corrientes para cada bobinado.
- Densidad de corriente eléctrica.
- Determinación de la sección transversal del conductor para cada bobinado.
- Determinación de la sección normalizada transversal del conductor para cada bobinado.

#### a. Elección del núcleo:

Podemos usar tanto el tipo de núcleo “F” como el tipo “E e I”. Ver figura:

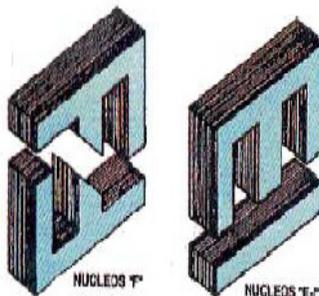


Fig. 1.10. Núcleos del transformador

#### b. Potencia del Transformador:

La potencia del transformador depende de la carga conectada a la misma. Esta potencia está dada por el producto de la tensión secundaria y la corriente secundaria.

Es decir:

$$\text{Potencia útil} = \text{tensión secundaria} \times \text{corriente secundaria}$$

*Ecuación. 1.2.*<sup>25</sup>

#### c. Determinación de la sección del núcleo:

La sección del núcleo del transformador está determinada por la potencia útil conectada a la carga. Esta sección se calcula mediante la siguiente fórmula:

<sup>25</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

$$\text{Sección} = 1,1 \times P$$

*Ecuación. 1.3.*<sup>26</sup>

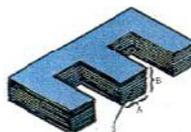
Dónde:

S: es la sección del núcleo en cm<sup>2</sup>.

P: es la potencia útil en Watts.

Esta expresión es empírica y es obtenida de acuerdo a la práctica.

La sección del núcleo está dada por el producto de los lados “A x B”.



*Fig. 1.11. Sección del núcleo*

$$S = A \times B$$

*Ecuación. 1.4.*<sup>27</sup>

Dónde:

A: es uno de los lados en cm.

B: es el otro lado en cm.

#### **d. Determinación del Número de Espiras para cada bobinado**

Para la determinación del número de espiras se utiliza la siguiente expresión:

$$N = V / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-8})$$

*Ecuación. 1.5.*<sup>28</sup>

Para el bobinado primario tenemos:

$$N1 = V1 / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-8}) \text{ Ecuación. 1.6.}^{29}$$

Y para el bobinado secundario tenemos:

$$N2 = V2 / (f \times S \times B \times 4,4 \times 10^{-8}) \text{ Ecuación. 1.7.}^{30}$$

Dónde:

N1: es el número de espiras del bobinado primario.

<sup>26</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

<sup>27</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

<sup>28</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

<sup>29</sup> Ecuación 1.5 aplicada al bobinado primario

<sup>30</sup> Ecuación 1.5 aplicada al bobinado secundario

Dónde:

N2: es el número de espiras del bobinado secundario.

f: es la frecuencia de la red domiciliaria en Hertz (Hz).

V1: es la tensión en el bobinado primario en Voltios (V).

V2: es la tensión en el bobinado secundario en Voltios (V).

B: es la inducción magnética en el núcleo elegido en Gauss. Este valor puede variar entre 4.000 y 12.000 Gauss.

S: es la sección del núcleo en cm<sup>2</sup>.

10<sup>-8</sup>: Es una constante para que todas las variables estén en el Sistema M.K.S.

La inducción magnética en Gauss está dada por la siguiente expresión:

$$\mathbf{B = \mu \times H}$$

*Ecuación. 1.8.<sup>31</sup>*

Dónde:

B: es la inducción magnética en el núcleo elegido en Weber/m<sup>2</sup>.

μ: es la permeabilidad del acero usado en el núcleo en Weber/A x m.

H: es la intensidad del campo magnético en A/m (Amper/metro).

Se sugiere utilizar en forma práctica un valor de inducción magnética de:

$$\mathbf{B = 10.000 \text{ Gauss}^{32}}$$

#### **e. Tipo de alambre para el bobinado:**

La sección de los alambres que se usarán depende directamente de la intensidad de la corriente eléctrica que circula por ella (alambre).

Los alambres usados pueden ser: aluminio ó cobre recocido. Se usa más el cobre que el aluminio por ser este mucho más dúctil, maleable y flexible.

El cobre recocido posee sobre su superficie un barniz aislante.

#### **f. Determinación de las corrientes para cada bobinado:**

Teniendo en cuenta la potencia del transformador y la tensión aplicada podemos hallar la corriente eléctrica.

<sup>31</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

<sup>32</sup> Inducción Magnética, cuyo valor varía entre 4000 y 12000 Gauss, pero que por motivo de cálculo se lo toma en un valor fijo de 10000 Gauss.

### **Potencia eléctrica = Tensión aplicada x Corriente eléctrica**

*Ecuación. 1.9.<sup>33</sup>*

Despejando la corriente eléctrica de la expresión anterior tenemos que:

### **Corriente = Potencia / Tensión**

*Ecuación. 1.10.<sup>34</sup>*

Suponiendo que nuestro transformador posee únicamente dos bobinados. Para el bobinado primario tenemos:

$$I1 = P / V1 \text{ Ecuación. 1.11.}^{35}$$

Dónde:

I1 : es la corriente eléctrica del bobinado primario.

P : es la potencia eléctrica del transformador.

V1 : es la tensión aplicada en el bobinado primario.

Y para el bobinado secundario tenemos:

$$I2 = P / V2 \text{ Ecuación. 1.12.}^{36}$$

Dónde:

I2: es la corriente eléctrica del bobinado secundario.

P: es la potencia eléctrica del transformador.

V2: es la tensión aplicada en el bobinado secundario.

Para lo anterior consideramos un transformador ideal (no posee pérdidas) por lo que la potencia en el primario es idéntica en el secundario.

#### **g. Densidad de Corriente eléctrica:**

Definimos densidad de corriente eléctrica como la corriente eléctrica que atraviesa un conductor por unidad de superficie.

$$\mathbf{D = I / S}$$

*Ecuación. 1.13.<sup>37</sup>*

<sup>33</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

<sup>34</sup> Fórmula obtenida mediante el despeje de la ecuación 1.9 pág. 34 de la presente tesis

<sup>35</sup> Fórmula obtenida mediante el despeje de la ecuación 1.9 pág. 34 de la presente tesis

<sup>36</sup> Fórmula semejante a la ecuación 1.11, aplicada al devanado secundario pág. 34 de la presente tesis.

<sup>37</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

Dónde:

D: es la densidad de corriente eléctrica.

I: es la corriente eléctrica que circula por un conductor.

S: es la sección transversal del conductor.

#### **h. Determinación de la sección transversal del conductor para cada bobinado:**

Despejando la sección de la expresión anterior tenemos que:

$$S = I / D$$

*Ecuación. 1.14.*<sup>38</sup>

Para la sección del bobinado primario tenemos que:

$$S1 = I1 / D \text{ Ecuación. 1.15}^{39}.$$

Y para la sección del bobinado secundario tenemos que:

$$S2 = I2 / D \text{ Ecuación. 1.16}^{40}.$$

La densidad de corriente se obtiene de la siguiente tabla:

<b>CORRIENTE EN AMPERIOS</b>	<b>DENSIDAD EN A/mm<sup>2</sup></b>
<b>0,005</b>	<b>2,5</b>
<b>0,007 - 319</b>	<b>3</b>

*Tabla 1.19 Densidad de corriente a partir de la corriente en amperios*<sup>41</sup>

Observando la tabla anterior vemos que a medida que aumenta la corriente eléctrica aumenta también la densidad de corriente eléctrica.

El valor de Densidad se obtiene haciendo el cociente entre la Capacidad máxima de corriente del alambre y la sección del mismo.

#### **i. Determinación de la sección normalizada transversal del conductor para cada bobinado:**

La sección que obtenemos de cálculo generalmente no es normalizada, por lo que debemos tomar la sección más próxima superior de la dada, de la siguiente tabla: (ver Anexo 7)

<sup>38</sup> Despeje de la sección transversal del conductor de la ecuación 1.13 pág. 34 de la presente tesis

<sup>39</sup> Sección transversal del conductor del bobinado primario.

<sup>40</sup> Sección transversal del conductor del bobinado secundario.

<sup>41</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

j. Diodo 1N1188 Hoja de datos.

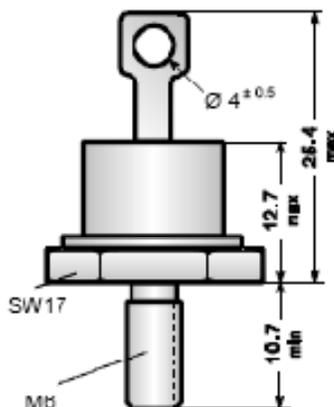


Fig. 1.12. Diodo 1N118

Corriente nominal	35 A
Tensión inversa repetitiva de pico	50...1000 V
Caja metálica	DO-5
Peso aprox.	6 g
Torque de montaje recomendado	26 ± 10% lb.in.

Tabla 1.20 Hoja de datos del Diodo 1N118<sup>42</sup>

**1.6.10. Dispositivos utilizados como complemento para la automatización del equipo de galvanotecnia.**

- **Sensor:** Es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica. Además los sensores pueden ser activos o pasivos.
- **Sensor activo:** Es un sensor que requiere una fuente externa de excitación como las RTD o células de carga.
- **Sensor pasivo:** Es un sensor que no requiere una fuente externa de excitación como los termopares o fotodiodos.

**1.6.11. Sensores de Temperatura**

**1.6.11.1. Tipos de Sensores de Temperatura**

- **Termopares:** Los termopares utilizan la tensión generada en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos.
- **Resistivos:** Lo constituyen las RTD (Resistance Temperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura,

<sup>42</sup> <http://www.datasheetcatalog.com>, Catálogo Diotec. Parámetros de funcionamiento y bloqueo de diodos.

están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (Positive Termal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Termal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.

- **Semiconductores:** Se basan en la variación de la conducción de una unión p-n polarizada directamente.

#### a. Sensores de Silicio con efecto Resistivo

Las propiedades de estos sensores de temperatura están basadas en el comportamiento estable del silicio. Los sensores de temperatura de silicio muestran una característica casi lineal comparada con la característica exponencial de las NTC. Esto significa que tienen un coeficiente de temperatura que es casi constante en todo el rango de temperatura.

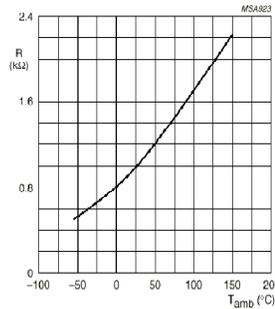


Fig. 1.13. Característica del KTY81.

De la familia de los sensores de silicio con efecto resistivo hemos rescatado un sensor que se aplica a los requerimientos constructivos del equipo de galvanotecnia como lo es el LM35.

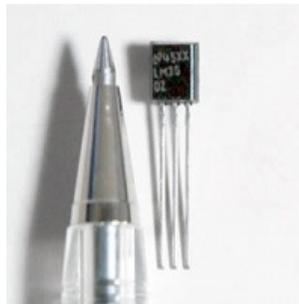


Fig. 1.14. Sensor de temperatura LM35

#### b. LM35

Es un **sensor de temperatura** con una precisión calibrada de 1°C. Puede medir temperaturas en el rango que abarca desde -55° a + 150°C. La salida es muy lineal y cada grado centígrado equivale a 10 mV en la salida.

➤ **Características:**

- Sus características más relevantes son:
- Precisión de  $\sim 1,5^{\circ}\text{C}$  (peor caso),  $0,5^{\circ}\text{C}$  garantizados a  $25^{\circ}\text{C}$ .
- No linealidad de  $\sim 0,5^{\circ}\text{C}$  (peor caso).
- Baja corriente de alimentación ( $60\mu\text{A}$ ).
- Amplio rango de funcionamiento (desde  $-55^{\circ}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ ).
- Bajo costo.
- Baja impedancia de salida.

Su tensión de salida es proporcional a la temperatura, en la escala Celsius. No necesita calibración externa y es de bajo costo. Funciona en el rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.

Como ventaja adicional, el **LM35** no requiere de circuitos adicionales para su calibración externa cuando se desea obtener una precisión del orden de  $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$  a temperatura ambiente, y  $\pm 0,75^{\circ}\text{C}$  en un rango de temperatura desde  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ .

El sensor LM35 está diseñado para medir la temperatura ambiental por lo que es necesario adaptarlo a la medición de las soluciones descritas anteriormente. Para ello se debe evitar que las patas conectoras del sensor entren en contacto con las soluciones y se debe encapsularlo y aislarlo con silicón frío, para que no se derrita con la elevación de temperatura.

### 1.6.12. Calefactor Eléctrico



*Fig. 1.15. Calefactor eléctrico*

Un calefactor eléctrico es un dispositivo que produce energía calorífica a partir de la eléctrica. El tipo más difundido es el calefactor eléctrico "resistivo", donde la generación del calor se debe al Efecto Joule.

#### a. Funcionamiento:

Los calefactores resistivos generan calor proporcionalmente al cuadrado de la corriente eléctrica que fluye a través de ellos. Esta relación es conocida como Ley de Joule.

Los materiales conductores (metales y aleaciones) no son "conductores perfectos", sino que tienen una resistividad eléctrica al paso de la corriente eléctrica. La energía que se pierde en la conducción se disipa en forma de calor. La resistividad es una desventaja cuando se requiere transportar energía eléctrica, pero es deseable cuando se busca generar calor.

## 2. DISEÑO DEL EQUIPO DE GALVANOTECNIA.

### 2.1. Diseño Eléctrico.

#### 2.1.1. Cálculo realizado para diseñar el transformador que cumpla con los requerimientos para el proceso electrolítico.

##### DATOS:

Tensión secundaria:  $V_2=15V$ <sup>43</sup>

Corriente secundaria:  $I_2=20A$ <sup>44</sup>

Tensión Primaria:  $V_1= 120V$

Inducción magnética: varia de 4000 a 12000 Gauss por motivo de cálculo se toma 10000 Gauss.

Frecuencia: 60Hz.

##### INCÓGNITAS:

Potencia =?

Corriente  $I_1$ =?

Sección del núcleo  $S$ =?

Número de espiras del primario  $N_1$ =?

Número de espiras del secundario  $N_2$ =?

##### DESARROLLO

$$P = V_2 \times I_2$$
<sup>45</sup>

$$P = 15V \times 20A$$

$$P = 300 \text{ Watts}$$

##### **Donde:**

**P:** es la potencia útil del transformador (Watts)

**$V_2$ :** es la tensión en el bobinado secundario del transformador (Voltios)

**$I_2$ :** es la corriente secundaria en el transformador (Amperios)

Para diseñar el transformador que cumpla con los requerimientos para el proceso electrolítico, es necesario determinar el número de espiras del transformador, tanto para el bobinado primario como para el secundario. Para ello se utilizan las siguientes fórmulas:

<sup>43</sup> Voltaje obtenido en base a pruebas realizadas en un laboratorio de la empresa de Cromo Duro en Guayaquil.

<sup>44</sup> Intensidad de corriente obtenida en base a pruebas realizadas en un laboratorio de la empresa de Cromo Duro en Guayaquil.

<sup>45</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

$$N_1 = \frac{V_1}{f \cdot S \cdot B \cdot 4,4 \times 10^{-8}} \quad N_2 = \frac{V_2}{f \cdot S \cdot B \cdot 4,4 \times 10^{-8}} \quad 46$$

Dónde:

N1: es el número de espiras del bobinado primario.

Dónde:

N2: es el número de espiras del bobinado secundario.

f : es la frecuencia de la red domiciliaria en Hertz (Hz).

V1: es la tensión en el bobinado primario en Voltios (V).

V2: es la tensión en el bobinado secundario en Voltios (V).

B: es la inducción magnética en el núcleo elegido en Gauss. Este valor puede variar entre 4.000 y 12.000 Gauss.

S: es la sección del núcleo en cm<sup>2</sup>.

10<sup>-8</sup>: Es una constante para que todas las variables estén en el Sistema M.K.S.

La inducción magnética en Gauss está dada por la siguiente expresión:

$$\mathbf{B = \mu \times H}$$

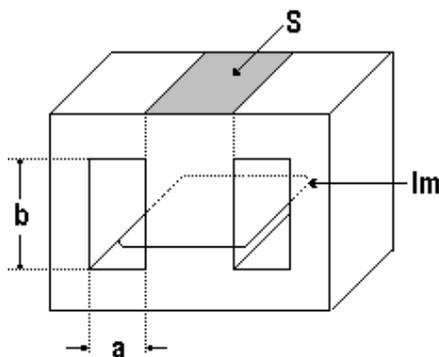
Dónde:

B: es la inducción magnética en el núcleo elegido en Weber/m<sup>2</sup>.

μ: es la permeabilidad del acero usado en el núcleo en Weber/A x m.

H: es la intensidad del campo magnético en A/m (Amper/metro).

Para el cálculo de la sección del núcleo hacemos las siguientes consideraciones:



*Fig. 2.1. Sección del núcleo*

<sup>46</sup> Fórmulas para determinar el Número de Espiras para cada bobinado del transformador (Ver ecuación 1.5 pág. 32 de la presente tesis).

$$S_a = 24 \times \sqrt{\frac{P \cdot q}{f \cdot B \cdot \alpha}} \quad S_b = 36 \times \sqrt{\frac{P}{f \cdot q \cdot B}}$$

La fórmula  $S_a$  permite acercarse a la condición de máximo rendimiento<sup>47</sup>.

La fórmula  $S_b$  deducida con criterio distinto, permite una relación óptima entre peso de hierro y cobre<sup>48</sup>.

**Donde:**

$P$  = Potencia útil del transformador en Watts

$q$  = densidad de corriente en los arrollamientos en Amper /  $\text{mm}^2$  (no debe ser inferior a  $12 \frac{A}{\text{dm}^2}$ )

$f$  = frecuencia en ciclos/s ó Hertz/s

$B$  = inducción máxima en miles de Gauss (normal 10 KGauss)

$\alpha$  = pérdidas en chapa de hierro silicio (entre 2 y 6 Watt por Kilo)

Estos últimos dos datos están dados por el fabricante de la chapa.

**Para motivos de cálculo se toma los valores de densidad de corriente de arrollamientos y pérdidas en la chapa de hierro silicio como sigue a continuación:**

$$q = 2 \frac{A}{\text{mm}^2} \quad 49 \quad \alpha = \frac{2 \text{ Watts}}{\text{Kg}} \quad 50$$

**Reemplazando los valores anteriores en las fórmulas de sección  $S_a$  y  $S_b$  se tiene que:**

$$S_a = 1,0733\sqrt{P} \quad S_b = 1,1384\sqrt{P}$$

**El promedio de ambos valores determina un valor promedio de la sección del núcleo así:**

$$S = \frac{S_a + S_b}{2} \quad 51$$

$$S = \left( \frac{1,0733 + 1,1384}{2} \right) \sqrt{P}$$

$$S = 1,1\sqrt{P}$$

<sup>47</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

<sup>48</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

<sup>49</sup> file:///E:/calculos para la sección del núcleo del transformador. htm. Densidad de corriente en los arrollamientos en Amper /  $\text{mm}^2$  (no debe ser inferior a  $12 \frac{A}{\text{dm}^2}$ )

<sup>50</sup> file:///E:/calculos para la sección del núcleo del transformador. htm. Pérdidas en chapa de hierro silicio (entre 2 y 6 Watt por Kilo)

<sup>51</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

$$S = 1,1\sqrt{300 \text{ Watts}}$$

$$S = 19,05 \text{ cm}^2$$

**Donde:**

$S$ = sección del núcleo del transformador

Una vez obtenidos todos los datos requeridos por las formulas del número de espiras antes descritas, se procede a reemplazar los valores como sigue a continuación:

$$N_1 = \frac{V_1}{f \cdot S \cdot B \cdot 4,4 \times 10^{-8}} \qquad N_2 = \frac{V_2}{f \cdot S \cdot B \cdot 4,4 \times 10^{-8}}$$

$$N_1 = \frac{120 \text{ V}}{60 \times 19,05 \times 10000 \times 4,4 \times 10^{-8}} \qquad N_2 = \frac{15 \text{ V}}{60 \times 19,05 \times 10000 \times 4,4 \times 10^{-8}}$$

$$N_1 = 238,61$$

$$N_2 = 29,8$$

$$N_1 = 339 \text{ espiras}$$

$$N_2 = 30 \text{ espiras}$$

Para calcular la sección de cada conductor y la intensidad de corriente que circula por ellos, se procede de la siguiente forma:

La densidad de corriente en función de la corriente se obtiene mediante la siguiente tabla:

CORRIENTE EN AMPERIOS	DENSIDAD EN $A/mm^2$
0,005	2,5
0,007 – 319	3

*Tabla 1.19 Densidad de corriente a partir de la corriente en amperios*<sup>52</sup>

Como la corriente en el secundario es de 20 A tomamos la densidad como  $3 A/mm^2$ . De ahí que:

$$S_2 = \frac{I_2}{D} \quad 53$$

$$S_2 = \frac{20A}{3 A/mm^2}$$

$$S_2 = 6,67mm^2$$

**Donde:**

$S_2$ = sección del conductor del bobinado secundario

$I_2$ = Intensidad de corriente por el bobinado secundario

$D$ = densidad de corriente en  $A/mm^2$

<sup>52</sup> Tabla 1.19 tomada de la pagina 35 de la presente tesis de grado

<sup>53</sup> Ecuación 1.16 (ver Pag 35 de la presente tesis de grado.)

La intensidad que atraviesa el conductor del bobinado primario se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$I_1 = \frac{P}{V_1} \quad 54$$

$$I_1 = \frac{300 \text{ Watts}}{120 \text{ V}}$$

$$I_1 = 2,5 \text{ A} = 3 \text{ A}$$

**Donde:**

$I_1$  = Intensidad de corriente que atraviesa el bobinado primario

$P$  = potencia útil del transformador

$V_1$  = tensión en el bobinado primario

Para determinar la sección del conductor del bobinado primario se utiliza la siguiente fórmula:

$$S_1 = \frac{I_1}{D} \quad 55$$

$$S_1 = \frac{2,5 \text{ A}}{3 \text{ A/mm}^2}$$

$$S_1 = 0,83 \text{ mm}^2$$

**Donde:**

$S_1$  = Sección del conductor del bobinado primario

$I_1$  = Intensidad de corriente por el bobinado primario

$D$  = densidad de corriente en  $\text{A/mm}^2$

Para la determinación de la sección normalizada transversal del conductor para cada bobinado:

La sección que obtenemos de cálculo generalmente no es normalizada, por lo que debemos tomar la sección más próxima superior de la dada (para mayor información ver Anexo 7)

**Para  $S_2 = 6,67 \text{ mm}^2$  el número AWG es de 9 y el diámetro del conductor es 2,906mm.**

---

<sup>54</sup> Ecuación 1.11 pág. 34 de la presente tesis de grado

<sup>55</sup> Ecuación 1.15 pág. 35 de la presente tesis de grado

Para  $S_1 = 0,83 \text{ mm}^2$  el número AWG es de 18 y el diámetro del conductor es 1,024 mm.

### 2.1.2. Esquema del circuito eléctrico utilizado.

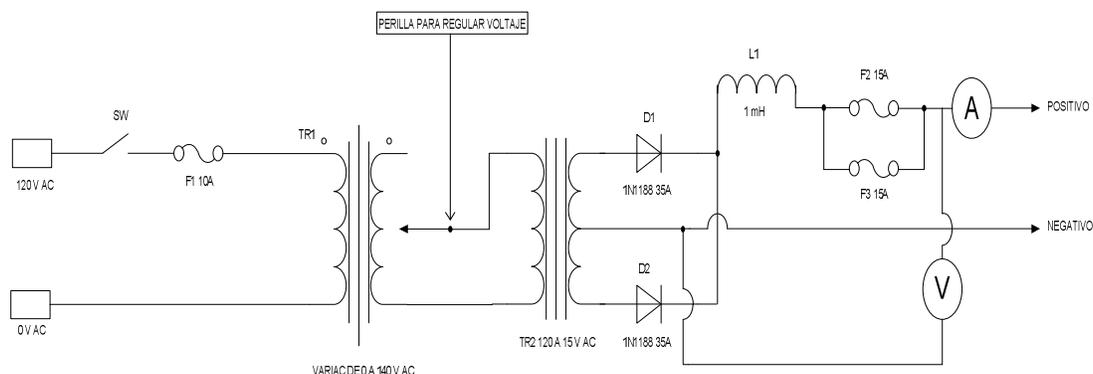


Fig. 2.2 Esquema del circuito eléctrico utilizado<sup>56</sup>

### 2.1.3. Cálculo de calentamiento de las soluciones de níquel y cromo duro.

Fórmula de cálculo del número de Kcal = Q

$$Q = kcal = VTDCp^{57}$$

V= volumen a calentar

T= Diferencia de temperatura en °C entre la temperatura de partida  $T_0$ , y la temperatura a alcanzar  $T_1$

$$T = T_1 - T_0^{58}$$

D= Peso específico (densidad) de la solución.

$C_p$ = Calor específico de la solución.

#### 2.1.3.1. Calores específicos de los electrolitos y de los disolventes clorados

	Valor de $C_p$ en Kcal/Kg °C
Baño de cromo	1,00
Baño de níquel clásico	0,99

Tabla 2.1 Calores específicos de los electrolitos de cromo duro y níquel<sup>59</sup>

<sup>56</sup> file:///E:/rectificador de doble onda con transformador con secundario dividido.htm. En el esquema eléctrico para calcular la bobina se parte de la idea de que la característica para que sea un filtro inductivo es que la impedancia inductiva  $X_L$  es igual a la resistencia obtenida por la ley de ohm,  $R = \frac{V}{I} = \frac{15V}{20A}$  y se la calcula mediante la ecuación  $L = \frac{X_L}{2\pi f}$ , cuya f es la suma de las dos frecuencias otorgadas por los dos diodos, es decir, 120 Hz.

<sup>57</sup> J. Glayman.; G Farkas. (1969) Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. Pag 197.

<sup>58</sup> J. Glayman.; G Farkas. (1969) Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. Pag 197.

<sup>59</sup> J. Glayman.; G Farkas. (1969) Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. Pag 197. Tabla 78.

### 2.1.3.2. Peso específico de los electrolitos y de los disolventes clorados

	Peso específico D g/cm <sup>3</sup>
Baño de cromo	7,2
Baño de níquel	8,9

Tabla 2.2 *Peso específico de los electrolitos de cromo duro y níquel*<sup>60</sup>

### 2.1.3.3. Temperatura habitual del cromo y níquel

Electrolito para electrodeposito	Temperatura habitual
Baño de cromo	40/60
Baño de níquel	40/60

Tabla 2.3 *Temperatura habitual de trabajo de cromo duro y níquel*<sup>61</sup>

El volumen utilizado tanto de níquel como de cromo es de 1 litro por motivo de cálculo es decir 1dm<sup>3</sup>.

### 2.1.4. Conversión de unidades:

Peso específico D g/cm<sup>3</sup>

Baño níquel:

$$8,9 \frac{g}{cm^3} \times \frac{1Kg}{1000g} \times \frac{1000cm^3}{1dm^3} = 8,9 \frac{Kg}{dm^3}$$

Baño de cromo:

$$7,2 \frac{g}{cm^3} = 7,2 \frac{Kg}{dm^3}$$

### 2.1.5. Cálculo del número de Kcal = Q

Baño níquel:

$$T = T_1 - T_0$$

$$T = 55^\circ C - 19^\circ C$$

$$T = 36^\circ C$$

$$Q = kcal = VTDCp$$

$$Q = kcal = 1dm^3 \times 36^\circ C \times 8,9 \frac{Kg}{dm^3} \times 0,99 \frac{Kcal}{Kg \text{ } ^\circ C}$$

$$Q = 317.196 kcal$$

<sup>60</sup> tecnocrom@smc.es . TECNOCROM INDUSTRIAL, S.A. Especificaciones Técnicas de cromo duro y níquel químico

<sup>61</sup> Datos tomados de las condiciones de operación del níquel y cromo solución fuerte págs. 19 y 23 de la presente tesis de grado.

Baño de cromo:

$$T = T_1 - T_0$$

$$T = 55^\circ\text{C} - 19^\circ\text{C}$$

$$T = 36^\circ\text{C}$$

$$Q = \text{kcal} = VTDCp$$

$$Q = \text{kcal} = 1\text{dm}^3 \times 36^\circ\text{C} \times 7,2 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \times 1,00 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

$$Q = 259.2 \text{ kcal}$$

El cálculo realizado anteriormente representa la cifra teórica y corresponde a la cantidad de Kcal, o militermias necesarios para llevar V litros de baño, de un calor específico  $C_p$ , y de una densidad D, de la temperatura  $T_0$  a  $T_1$ , o sea, T.

Debido a que el calentamiento se realiza por electricidad la potencia calorífica en Kcal admitiendo un rendimiento del 100% se basa en la siguiente conversión de unidades.

$$860 \text{ Kcal} = 1 \text{ kWh}^{62}$$

Por lo tanto:

**Baño níquel:**

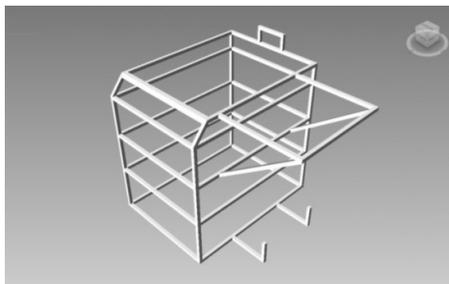
$$Q = 317.196 \text{ kcal} \times \frac{1 \text{ Kwh}}{860 \text{ kcal}} = 0.368 \text{ Kwh}$$

**Baño de cromo:**

$$Q = 259.2 \text{ kcal} \times \frac{1 \text{ Kwh}}{860 \text{ kcal}} = 0.301 \text{ Kwh}$$

## 2.2. Diseño Mecánico.

Para la parte estructural de la maquina se optó por una estructura en tubo cuadrado de 1 pulgada unido entre sí mediante soldadura eléctrica, el mismo que sirve de apoyo para el equipo.



*Fig. 2.3 Estructura metálica del equipo de galvanotecnia*

<sup>62</sup> **J. Glayman.; G Farkas.** (1969) Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. Pag 199. Tabla 79. Potencia calorífica de los diferentes fluidos calefactores.

El equipo va a ser recubierto por madera (Los planos tanto de la estructura metálica como la de madera se encuentran en el Anexo 9).

## 2.3. Diseño de Instrumentación

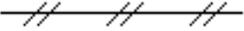
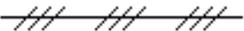
### 2.3.1. Esquema de Instrumentación:

En instrumentación y control, se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de transmitir de una forma más fácil y específica la información. Esto es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

Un sistema de símbolos ha sido estandarizado por la ISA (Sociedad de Instrumentistas de América). La norma utilizada para estos diagramas es la norma ANSI/ISA-S5.1-1984.

Las necesidades de varios usuarios para sus procesos son diferentes. La norma reconoce estas necesidades, proporcionando métodos de simbolismo alternativos. Se mantienen varios ejemplos agregando la información o simplificando el simbolismo, según se desee.

#### Líneas de instrumentación:

	Conexión a proceso, o enlace mecánico o alimentación de instrumentos.
	Señal neumática
	Señal eléctrica
	Señal eléctrica (alternativo)
	Tubo capilar
	Señal sonora o electromagnética guiada (incluye calor, radio, nuclear, luz)
	Señal sonora o electromagnética no guiada
	Conexión de software o datos
	Conexión mecánica
	Señal hidráulica

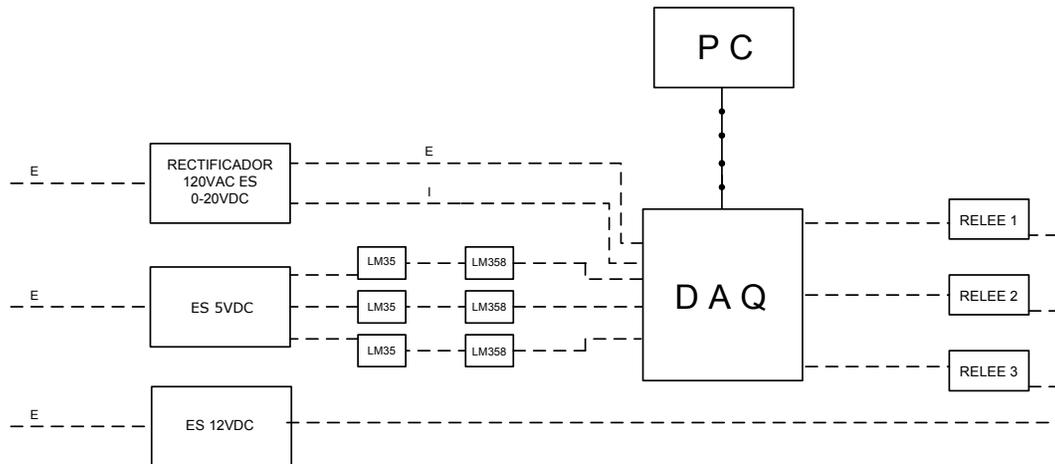
Los instrumentos de los lazos de control se representan por un círculo en cuyo interior se colocan las letras que designan al instrumento.

- El bucle al que pertenece se identifica por un número y el símbolo indica la localización física del instrumento
- La identificación del tipo de instrumento se realiza con dos o más letras:
  - La primera indica el tipo de variable que se mide, se indica, se transmite o se controla. (T indica temperatura).
  - La segunda letra indica la función que realiza el instrumento en el bucle (control (C), indicación (I), registro (R), etc).

Identificación de procesos. Norma ANSI/ISA-S5.1-1984<sup>63</sup>.

1ª letra		1ª letra:	Variable medida o relacionada	
A	análisis	2ª letra:	puede cualificar a la primera	
D	densidad		D	diferencial
E	voltaje		F	relación
F	caudal		S	seguridad
I	corriente		Q	integración
J	potencia	3ª y siguientes:	Función del Instrumento	
L	nivel		I	indicador
M	humedad		R	registro
P	presión		C	control
S	velocidad		T	transmisor
T	temperatura		V	válvula
V	viscosidad		Y	cálculo
W	Peso		H	alto
Z	posición		L	bajo

<sup>63</sup> Norma de símbolos e indicadores utilizados en diseño de instrumentación.

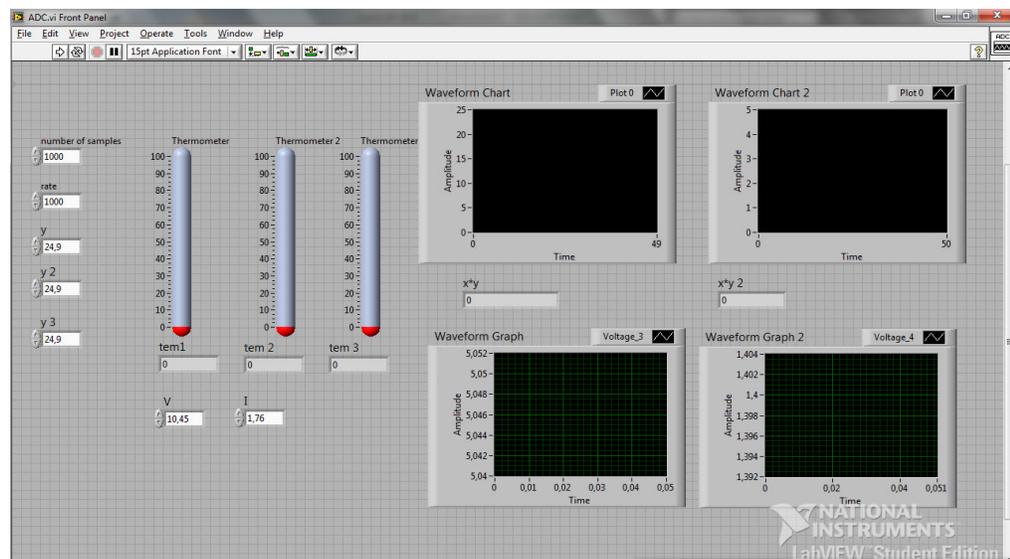


*Fig. 2.4. Esquema de instrumentación del equipo de Galvanotecnia.*

### 2.3.2. Diseño de programación en LabVIEW

Para iniciar la programación en LabVIEW se inició con la configuración del primer VI llamado **ADC** el mismo que es el que lee todas las señales que llega a la tarjeta tanto como de voltajes, intensidad y temperatura.

El panel Frontal de este VI se pueden visualizar todos los valores de las temperaturas, el voltaje y la intensidad.



*Fig. 2.5 Panel de visualización de temperatura, voltaje e intensidad*

El diagrama de bloque queda de la siguiente manera para simplificar la explicación de este diagrama se lo va a dividir en tres partes para su explicación:

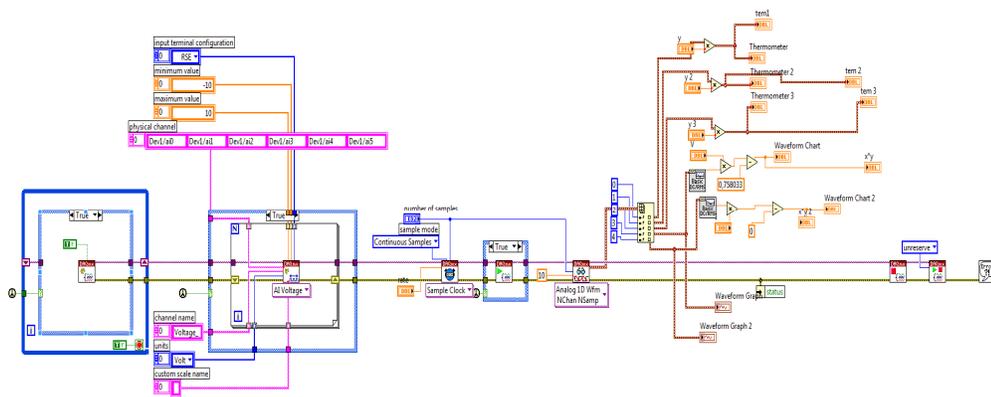


Fig. 2.6 Diagrama de bloques del VI ADC

Primera parte.

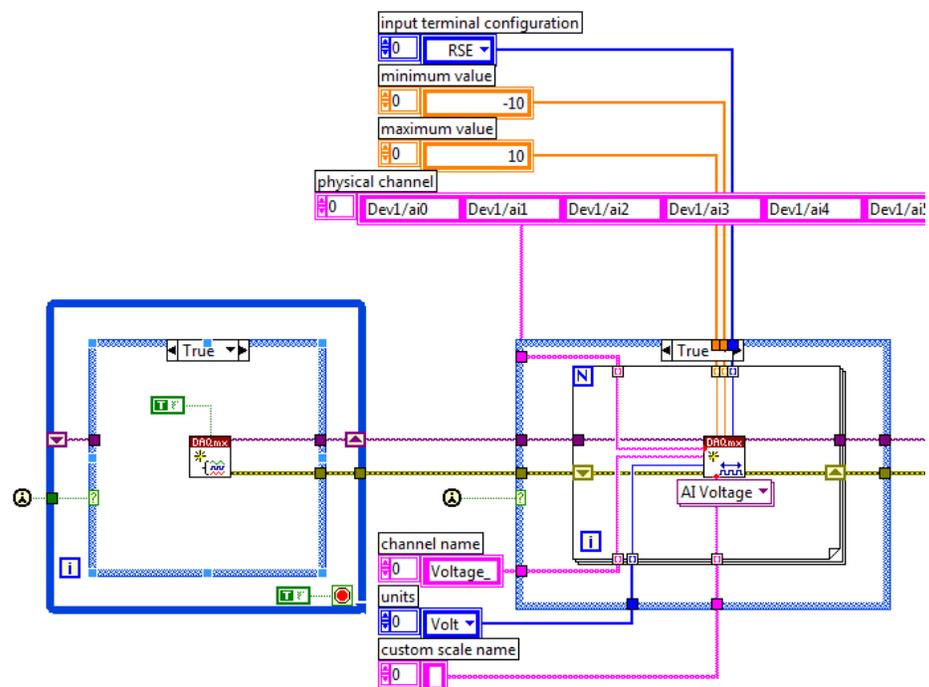


Fig. 2.7 Diagrama de bloques del VI ADC primera parte

Para la primera parte se utiliza el VI Firstcall  el mismo que nos indica cual es la parte del diagrama de bloques que debe ejecutarse primero, en este caso debe ejecutarse

primero el VI DAQmxCreateTask  que es el que crea la tarea en la tarjeta Daq,

para seguidamente pasar al DAQmxCreateChannel en el cual se configura todos los parámetros de medición de la tarjeta como son tipo de conexión (RSE, Diferencial), valor mínimo y máximo de medida, el dispositivo con el cual se va a realizar las mediciones en nuestro caso Dev1 ya que solo tenemos un dispositivo conectado, y los puertos de la tarjeta que se están utilizando (ai0.....ai6), también se configura lo que se va a medir, (voltaje, corriente, temperatura, resistencia) en nuestro caso voltaje, las unidades de medición y la escala.

Todos los errores están conectados en caso que ocurra un error en cualquier loop le informa al siguiente y así hasta llegar al error y mostrar el mensaje de cuál es el error que ha ocurrido.

Segunda parte:

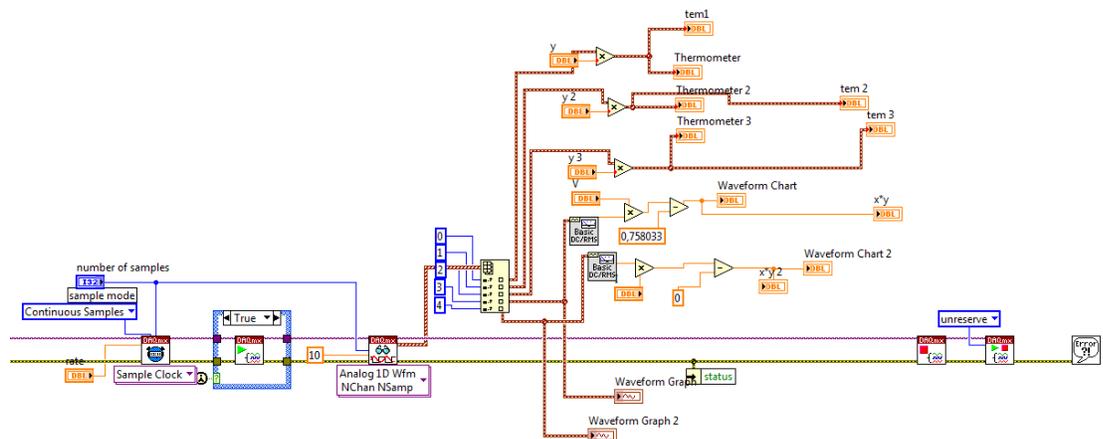


Fig. 2.8 Diagrama de bloques del VI ADC segunda parte

Continuando se utiliza al VI DAQmxtiming el mismo que nos sirve para configurar el número de muestras que quiere adquirir o generar en nuestro caso son

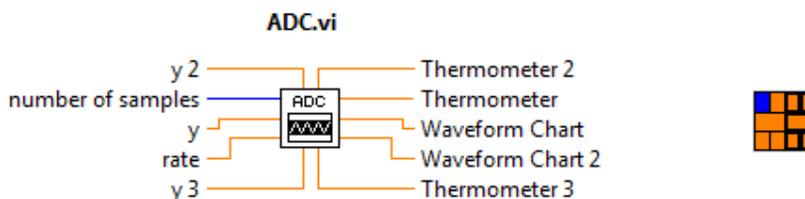
muestras continuas, seguidamente usamos el VIDAQmxStarTask, con este VI estamos iniciando la adquisición de datos, luego se utiliza un VI indexArray para separar cada una de las entradas de datos.

Finalmente se separa cada una de las entradas de datos en nuestro caso la entrada ai0 pertenece al termómetro uno, ai1 al termómetro 2, ai2 al termómetro 3, ai3 al voltaje y ai4 a la intensidad, como la tarjeta es susceptible a perturbaciones y estando sin conectar

en sus canales nos daba un valor de 0,758033, se procedió a restar este valor para poder obtener una medida exacta, como también se utilizó un circuito que reduce el voltaje para proteger la tarjeta que tiene una relación de 10:1 se multiplica el valor del voltaje obtenido por 10 para tener la medida real.

En la parte de la temperatura se utilizó sensores LM35 los mismos que funcionan variando el voltaje conforme varíe la temperatura, de la misma forma para lograr una medida precisa se lo multiplico por un valor de 24.9.

Todo este VI llamado ADC se lo va a utilizar en todos los procesos donde se necesite la adquisición de voltajes, intensidades o temperaturas para lo cual se crea un SubVI para simplificar la programación el Sub VI creado queda de la siguiente manera:



*Fig. 2.9 Sub VI ADC*

El SubVi creado consta de 5 entradas y 5 Salidas las mismas que corresponden: las entradas, al número de muestras, coeficientes de multiplicación para calibrar la temperatura y la velocidad de muestreo, y las salidas a las tres temperaturas y el voltaje y la corriente.

De la misma manera se creó un SubVI llamado **Digital** el mismo que controla cada una de las salidas de la tarjeta la que nos sirve para el control del paso de corriente a los ganchos catódicos, control de los calefactores de Níquel y Cromo y también de la alarma que indica la finalización de cada uno de los procesos.

El diagrama de bloques de este SubVI quedo de la siguiente manera:

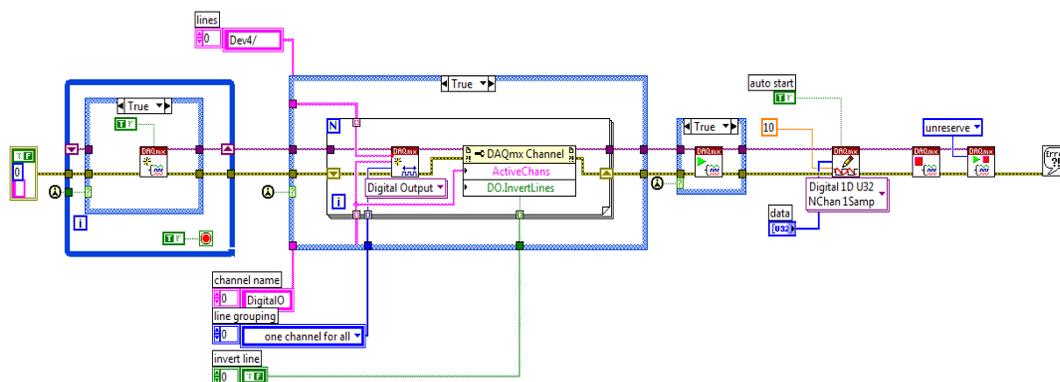
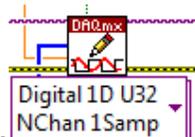


Fig. 2.10 Diagrama de bloques del VI Digital

Para la realización de este SubVI de la misma manera se inicio con el VI DAQmxCreateTask para crear la tarea, seguidamente se utilizó el DAQmxCreateChannel para la configuración de la tarea se seleccionó salida digital y se configuro el dispositivo con el que se va a trabajar, para seguidamente utilizar el VIDAQmxStarTask para empezar con la tarea en este caso generar señales analógicas.



Luego de esto se utilizó el VI DAQmxwrite que es el cual se selecciona cada una de los puertos en los cuales se quiere generar la señal.

Como este SubVI también va a ser utilizado en todos los VI para permitir el paso de la corriente a los ganchos catódicos y a los calefactores, se crea un SubVI para simplificar la programación el Sub VI creado queda de la siguiente manera:

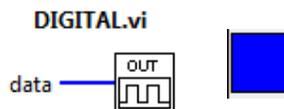
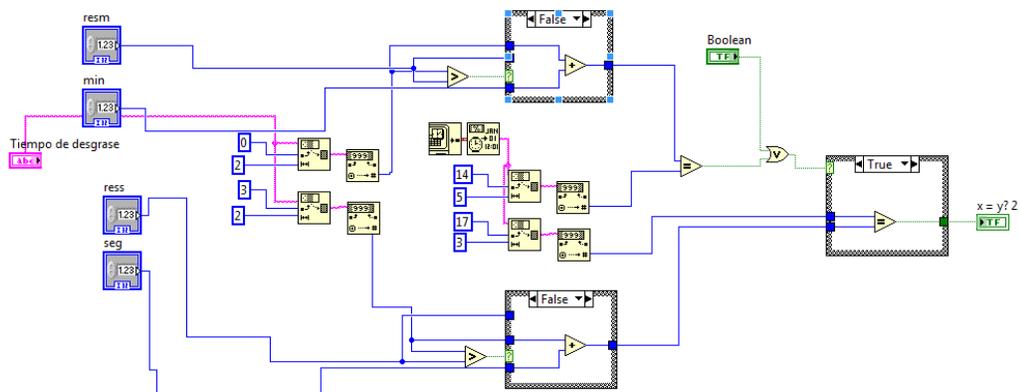


Fig. 2.11 Sub VI Digital

El Sub VI creado consta de 1 entradas la misma que indica cual canal de la tarjeta recibe la señal los canales están distribuidos de la siguiente manera: canal 1 controla el relé que permite el paso de la corriente a los ganchos catódicos, el canal 3 que controla el calefactor del cromo duro, el canal 5 el calefactor del Níquel y el canal 9 que controla la alarma que indica la finalización de cada uno de los procesos.

Se tiene también la necesidad de controlar el tiempo de la electrodeposición por lo cual se crea un SubVI llamado CLOCK el mismo que se detalla a continuación:



**Fig. 2.13 Diagrama de bloques del Sub VI CLOCK**

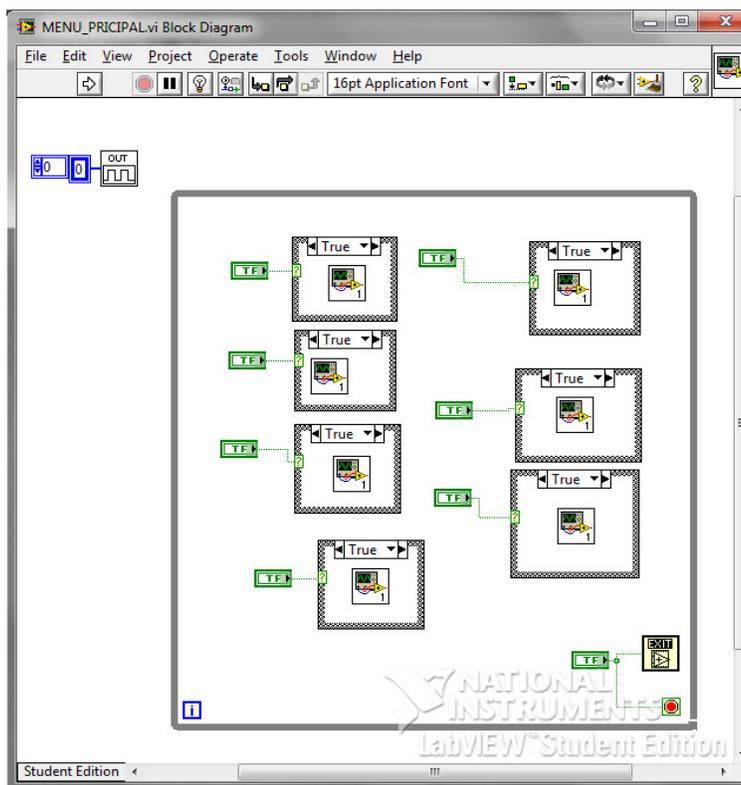
Con este Sub Vi se controla el tiempo de deposición y de desengrase el mismo que puede ser detallado en minutos y segundos.

Estos tres SubVI son los principales para la ejecución de este proyecto para el funcionamiento mismo del equipo y un fácil uso se crearon diferentes VI's, el primer VI creado fue el VI Menú principal mediante el cual se selecciona cada uno de los diferentes baños que se le pueden dar a las piezas como son: cobre alcalino, cobre ácido, níquel, cromo decorativo, cromo duro, latón y zinc, esta es la pantalla del panel Frontal del VI Menú Principal.



**Fig. 2.14 Panel de acceso al monitoreo de electrodeposición de soluciones (MENU PRINCIPAL)**

El diagrama de Bloques de este VI queda de la siguiente manera:



*Fig. 2.15 Diagrama de bloques del monitoreo de electrodeposición de soluciones (MENU PRICIPAL)*

En este VI se coloca el SubVI llamado digital el mismo que está en la posición 0, al momento de conectar la tarjeta al computador todas las salidas se encuentran encendidas por este motivo se lo coloca en la posición 0 para que al momento de iniciar este vi se apaguen todas las salidas.

Este VI cuenta con varios pulsadores los mismos que seleccionan cada uno de los baños, también cuenta con un botón de salida que cierra el programa.

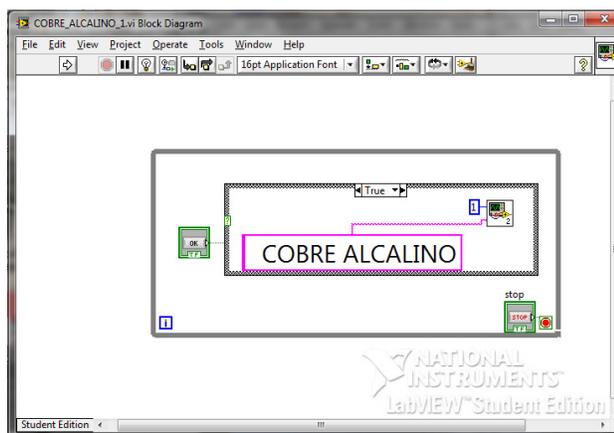
Al presionar cualquiera de los diferentes baños en este caso Cobre Alcalino se despliega el siguiente VI.



*Fig. 2.16 Panel de visualización de la composición de soluciones y sus condiciones de operación*

El diagrama de bloques de este VI nos indica la ubicación del baño en el banco, también nos da una ligera descripción de este tipo de baño, existe un VI de este tipo para cada uno de los Baños que nos permite realizar el banco.

El diagrama de bloques de este VI queda de la siguiente manera:



*Fig. 2.17 Diagrama de Bloques de visualización de la composición de soluciones y sus condiciones de operación*

En este VI es igual para cada uno de los diferentes baños lo único que cambia es el nombre y la descripción, en este VI se numera cada uno de los baños para poder utilizarlos en los VI's siguientes, el cobre alcalino es el número 1, cobre ácido número

2, cromo decorativo número 3, latón número 4, cromo duro número 5, níquel número 6, y zinc número 7.

Se pueden observar dos botones uno de inicio y uno de salida, el botón de salida nos lleva nuevamente al menú principal y el botón de inicio nos lleva al VI llamado desengrase, el mismo que está en todos los procesos de electrodeposición.

El panel Frontal del VI desengrase aparece de la siguiente manera:



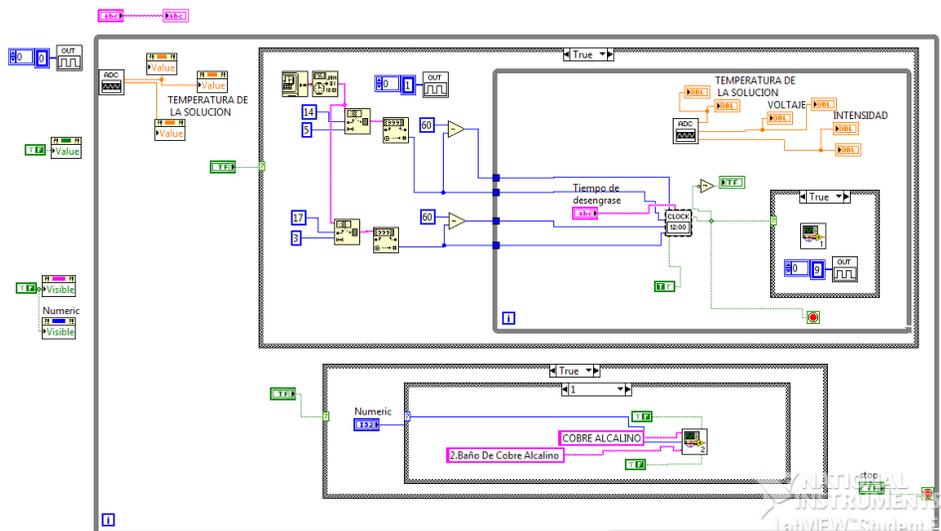
*Fig. 2.18 Panel de visualización del proceso de desengrase electrolítico*

Este VI es común para todos los baños del banco por este motivo en el cuadro superior se o encuentra vacío, este nombre aparece según sea el baño que se le esté dando a la pieza.

En este VI aparece ya la temperatura de la solución en este caso el desengrase también desde este VI se puede controlar el tiempo de desengrase, en la parte superior se puede ver el voltaje para poder regularlo según sea la necesidad.

Los Osciloscopios permanecen apagados hasta el momento de dar clic a inicio en este momento se activa el rele que controla el paso de corriente a los ganchos catódicos, y empieza a graficarse las formas de onda en los osciloscopios.

El diagrama de bloques de este VI es el siguiente:



**Fig. 2.19** Diagrama de bloques de la visualización del proceso de desengrase electrolítico

En este VI se empieza como siempre apagando todas las salidas de la tarjeta, seguidamente se colocó el SubVI ADC para empezar a monitorear la temperatura y el voltaje que está entregando nuestro rectificador, luego de configurar el tiempo deseado y dar clic a inicio se ejecuta el siguiente loop el mismo que primeramente activa la salida 1 de la tarjeta que corresponde al relé que controla el paso de corriente a los ganchos catódicos y también se colocó nuevamente el SubVI ADC para empezar a monitorear el Voltaje y la intensidad en nuestros osciloscopios.

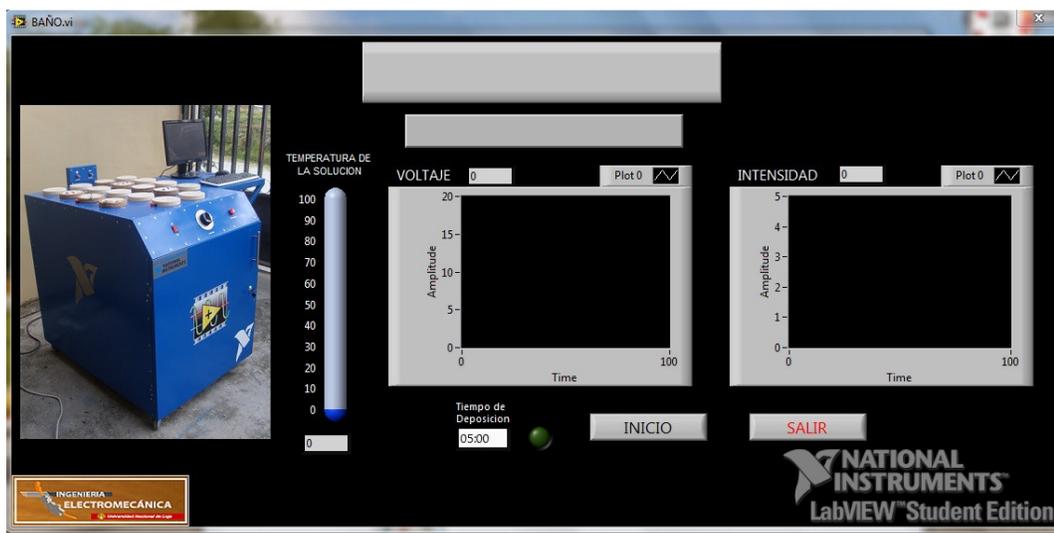
Una vez terminado este tiempo automáticamente se abre un VI llamado indicador y también activa la salida 9 de la tarjeta la misma que controla la alarma que indica la finalización del tiempo de desengrase, el VI indicador es el siguiente:



**Fig. 2.20** VI Indicador de que el tiempo de desengrase ha terminado

Al momento de presionar Aceptar automáticamente volvemos al VI llamado desengrase y al momento de presionar siguiente se nos abre automáticamente el VI llamado Baño.

El panel Frontal del VI Baño se lo indica continuación:



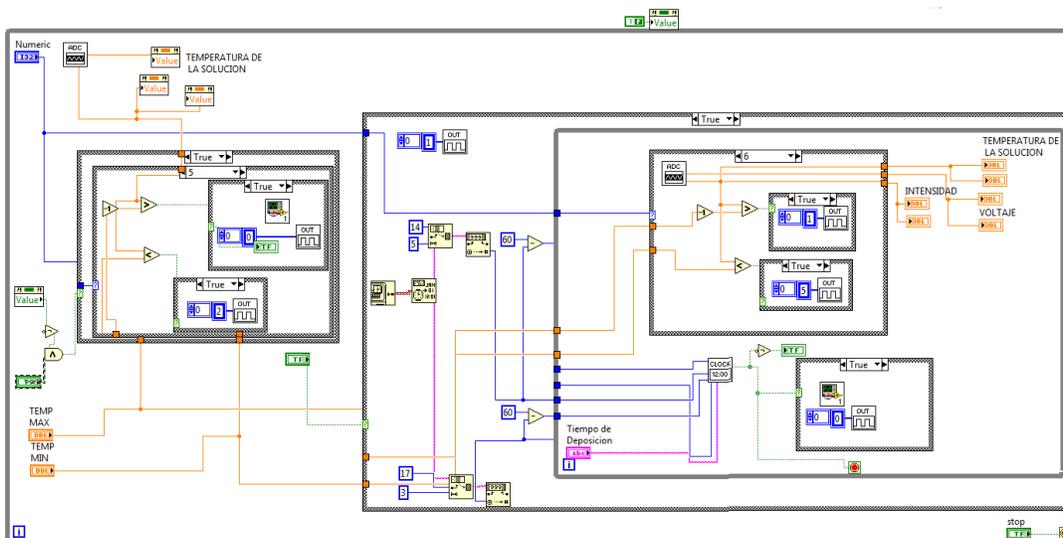
*Fig. 2.21 Panel de visualización del proceso de deposición de soluciones electrolíticas a excepción de níquel y cromo duro*

Este VI es similar al VI desengrase la diferencia es que el tiempo en el VI desengrase solo se lo da en Segundos y en este VI se lo da en minutos, otra diferencia es que este VI en los baños de níquel y cromo duro nos permite realizar el control de la temperatura la misma que puede ser configurada en su rango máximo y mínimo como se ve en la siguiente figura:



*Fig. 2.22 Panel de visualización del proceso de deposición de níquel y cromo duro.*

Con este control de temperatura se controla a los relees de los calefactores para trabajar a una temperatura óptima, el diagrama de bloques de este VI es el siguiente:



**Fig. 2.23** Diagrama de bloques del diseño de instrumentación utilizado en el proceso de deposición de níquel y cromo duro.

Se inicia con el SubVI ADC para empezar a monitorear la temperatura y el voltaje, seguidamente se ingresan los valores de temperatura máxima y mínima y se presiona el botón calefactor, si la temperatura de la solución es mayor o igual a la temperatura mínima la salida de la tarjeta para controlar el calefactor permanece apagada, pero si la temperatura es menor a la temperatura mínima activa el rele calefactor hasta alcanzar la temperatura deseada.

Una vez alcanzada la temperatura deseada se abre el VI llamado indicador 3 el cual nos indica que la temperatura deseada ha sido alcanzada.



**Fig. 2.24** VI Indicador de que la temperatura adecuada ha sido alcanzada

Seguidamente de alcanzar la temperatura adecuada según sea el caso, se da clic a aceptar y volvemos al VI Baño en el cual se configura el tiempo de deposición y se da clic a inicio, una vez iniciado activa el rele de los ganchos catódicos y se inicia el proceso de electrodeposición, una vez terminado este tiempo la alarma sonora nos

indica la finalización de este proceso y se abre el VI llamado indicador 2 que es el que nos indica que el proceso de electrodeposición ha terminado.



*Fig. 2.25 VI Indicador de que el tiempo de deposición ha concluido.*

### 3. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS:

#### 3.1. Descripción de la construcción del equipo de galvanotecnia

##### 3.1.1. Mecánico:

La construcción del equipo de galvanotecnia basada en instrumentación virtual se inicio en la parte mecánica puesto que se nos hizo necesario una estructura metálica que le diera consistencia al equipo. Para ello se hizo primeramente el diseño de la estructura que se puede ver en los planos adjuntados en la tesis.

Basados en el diseño, iniciamos la medición precisa y el corte riguroso del tubo cuadrado de 1" x 1" y por 1 mm, para darle forma a la estructura metálica que es la base de nuestro equipo galvánico.



*Fig. 3.1 Proceso de medición y corte de la estructura metálica*

Una vez que contamos con todos los tubos medidos con precisión y adecuados en las esquinas para facilitar su soldadura, iniciamos este proceso, dándole la forma de un cubo. Para la soldadura se utilizó electrodo AGA E-6011 puesto que tienen una resistencia a la tracción de 60,000 libras por pulgada cuadrada. (42,2 kg. /mm<sup>2</sup>) y un

revestimiento con un alto contenido de materia orgánica (celulosa), que permite un excelente acabado.



*Fig. 3.2 Proceso de soldadura de la estructura metálica*

Teniendo la estructura externa, procedimos a medir los compartimentos internos basados en los requerimientos de longitud, ancho y espesor de los componentes que iban a ser colocados en los mismos y soldamos de acuerdo a dichas medidas.



*Fig. 3.3 Proceso de soldadura de los compartimentos de la estructura metálica*

Posteriormente se soldó 4 ruedas para darle movilidad al equipo, las ruedas posteriores son fijas, mientras que las delanteras son giratorias para que actúen a manera de volante.



*Fig. 3.4 Estructura Metálica*

Para facilitar la colocación de la carcasa y las bases de los compartimentos internos hechos en madera, se amoló completamente la estructura metálica, dejándola lisa y sin abultamientos de soldadura.



*Fig. 3.5 Cubierta de la estructura metálica en madera*

En la parte superior de la carcasa se realizó orificios basados en el diseño que se pueden ver en los planos adjuntos a la tesis, para colocar cada una de las soluciones que permiten el proceso de electrodeposición. La estructura de colocación del computador y

CPU se las realizó una vez colocada la carcasa, puesto que si se lo hacía al contrario se dificultaba su soldadura.

Seleccionamos la pintura a nuestro gusto, para darle un tratamiento anticorrosivo a la estructura y un acabado llamativo a la carcasa del mismo, este procedimiento inicio con la limpieza de las piezas de madera, continuo con el aplicado del sellador y por último la aplicación de la pintura.



*Fig. 3.6 Proceso de aplicación de pintura y sellador a la carcasa del equipo de galvanotecnia*

### **3.1.2. Eléctrico:**

Una vez terminado la construcción de la estructura externa del equipo de galvanotecnia, se realizó la conexión de la parte eléctrica de la siguiente manera:

Armamos el circuito rectificador en base al diseño del mismo, en el compartimento inferior se ubicó el transformador de 120 a 15V AC y los diodos rectificadores 1N1188 35 A, además se ubicó tres tomas corriente conectados en serie, para dar funcionamiento a todos los instrumentos que necesiten corriente, incluyendo el computador, y ser puestos en funcionamiento a base de un solo enchufe. En el tercer compartimento se colocó la bobina de 1mH que actúa como filtro pasa bajos en el circuito, el transformador de corriente que se lo colocó para poder implementar un circuito compatible con LabVIEW y un voltímetro con su mirilla para comparar valores, con los otorgados por la tarjeta DAQ 6008.

En la parte posterior del equipo se puede ver los fusibles colocados para evitar cualquier sobrecarga en el mismo, conectados de acuerdo al esquema del rectificador y a la tabla de valores de fusibles de acuerdo a requerimientos de diseño.



*Fig. 3.7 Proceso de conexión eléctrica en el equipo de galvanotecnia*

En la parte delantera se colocó el variac que es un autotransformador que se encarga de regular el voltaje a través de una perilla y que se conectó en base al circuito del rectificador de diseño, se colocó también un interruptor y una mirilla que anuncia el encendido del equipo. En la parte posterior los plugs de corriente anódica y catódica.



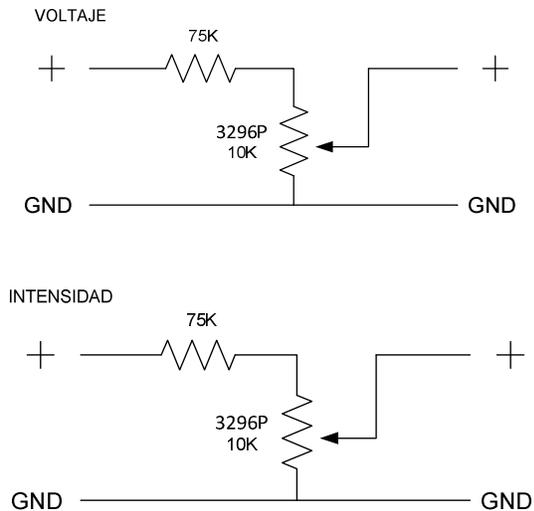
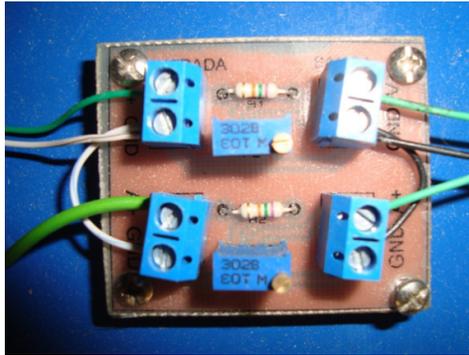
*Fig. 3.8 Proceso de conexión para instrumentación del equipo de galvanotecnia*

En el segundo compartimento se ubicó la tarjeta DAQ 6008, que es la parte principal de la automatización del equipo de galvanotecnia y sus correspondientes circuitos

electrónicos que se los explicara más adelante en la descripción de los pasos para la instrumentación. Al circuito de los relés se conectó tres switch ojo de cangrejo que servirán para activar y desactivar los calefactores de níquel y cromo duro, y la chicharra que anuncia la finalización de cada proceso electrolítico.

### 3.1.3. Instrumentación:

Para la parte de la instrumentación virtual y la adquisición de datos de la tarjeta DAQ 6008, primero se utilizó un circuito para reducir el voltaje y la intensidad para evitar que la tarjeta sufra desperfectos.

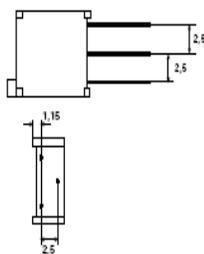
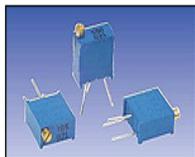


*Fig. 3.9 Circuito reductor de voltaje e intensidad*

Para lograr esta reducción se utilizaron dos potenciómetros multivuelta 3296P los mismos que nos ayudan a reducir el voltaje que recibe la tarjeta, como se sabe la tarjeta mide un voltaje de  $\pm 10V$  en una conexión con tierra referenciada, entonces se colocó este potenciómetro con una relación de 10 a 1 eso quiere decir que por cada voltio que

se tiene en los ganchos catódicos a la tarjeta llega 0.1V de esta manera se asegura que la tarjeta nunca sufra daños por sobrepasar los voltajes admisibles.

### POTENCIÓMETROS MULTIVUELTA



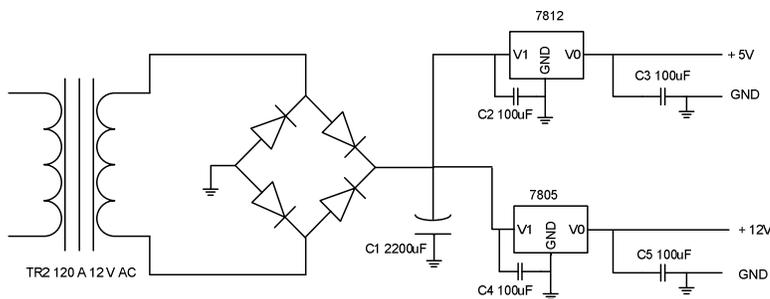
Cermet trimmer

- Ajuste vertical
- Resistencia nominal: 50W - 2MW
- Tolerancia:  $\pm 10\%$
- Voltaje: Máx. 640V AC
- Máxima intensidad de los contactos: 100mA
- Potencia: (315V máx.) 0,5W 70°C, 0W 125°C
- Temperatura: -55°C - +125°C
- TCR:  $\pm 250\text{ppm} / ^\circ\text{C}$
- Colisión: 390m / s2, 4000c ciclos ?R = 5%R
- Resistencia mecánica: 200 cidos ?R = 10%R, CRV = 3%R 5?
- Embalaje estándar: 50 uds. por tubo

3296 P 101.....100H	3296 P 205.....2M
3296 P 102.....1K	3296 P 253.....25K
3296 P 103.....10K	3296 P 254.....250K
3296 P 104.....100K	3296 P 500.....50K
3296 P 105.....1M	3296 P 501.....500H
3296 P 201.....200H	3296 P 502.....5K
3296 P 202.....2K	3296 P 503.....50K
3296 P 203.....20K	3296 P 504.....500K
3296 P 204.....200K	

**Fig. 3.10 Características de los potenciómetros multivuelta**

También se utilizó una fuente de voltaje para suministrar 5V a los circuitos de los sensores de temperatura y 12V al circuito que controla los calefactores y el paso de corriente a los ganchos catódicos.



**Fig. 3.11 Circuito regulador de voltaje a 5V y a 12V y controlador del paso de corriente a ganchos catódicos**

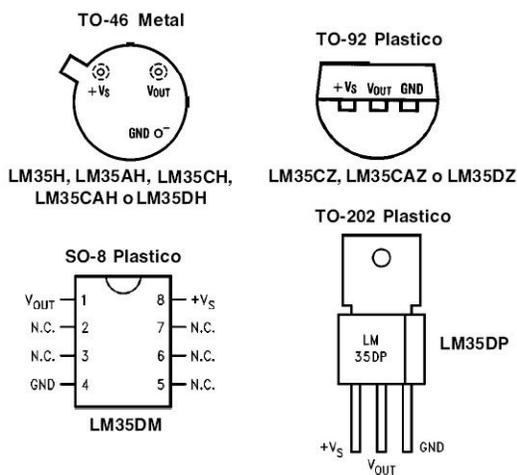
Para este circuito se utilizó un transformador de 120V a 12V un rectificador monofásico de onda completa de 1,5 amperios W10M, un condensador de 220uF/50V para eliminar

el voltaje de rizado, y un regulador de voltaje 7805 para la salida de 5V, y un regulador de voltaje 7812 para la salida de 12V, estos dos últimos dispositivos poseen como protección un limitador de corriente por cortocircuito, y además, otro limitador por temperatura que puede reducir el nivel de corriente. Y también se utilizó cuatro condensadores cerámicos de 100uF.

Para poder medir la temperatura de las diferentes soluciones se utilizó un sensor LM 35, el LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150°C.

El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo.

Con el LM35 sobre la mesa las patillas hacia nosotros y las letras del encapsulado hacia arriba tenemos que de izquierda a derecha los pines son: VCC - Vout - GND.

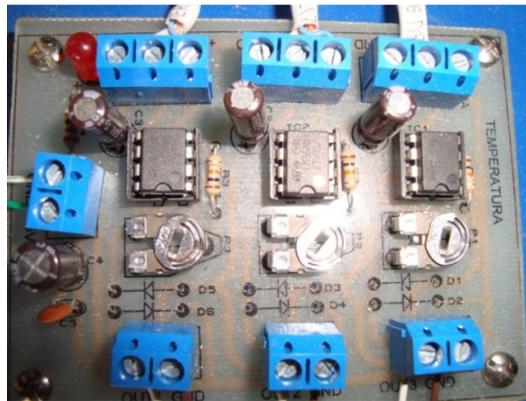
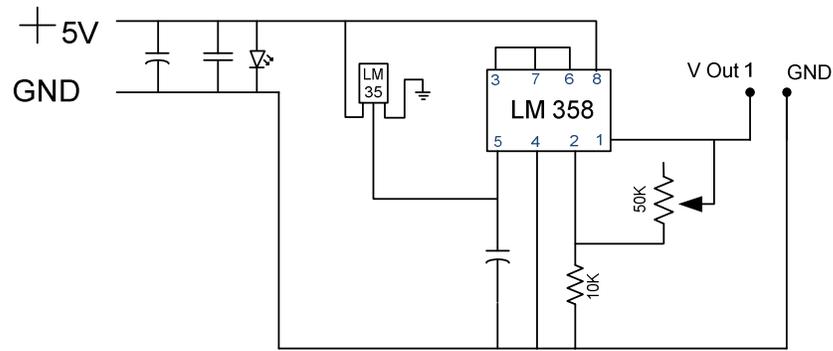


*Fig. 3.12 Características del sensor LM35 y su amplificador de señal*

La salida es lineal y equivale a 10mV/°C por lo tanto:

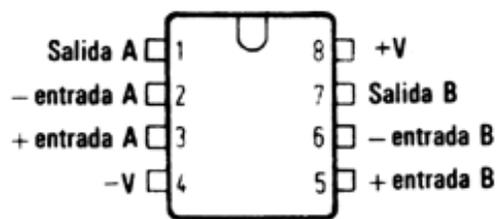
- +1500mV = 150°C
- +250mV = 25°C
- -550mV = -55°C

La señal que este sensor nos entrega es en un rango de mili voltios y el rango de medida de la tarjeta Daq 6008 es de +/- 20 a +/- 0.05 V por este motivo se vio la necesidad de utilizar un circuito amplificador para poder ingresar estos valores a LabVIEW, el circuito utilizado es el siguiente:



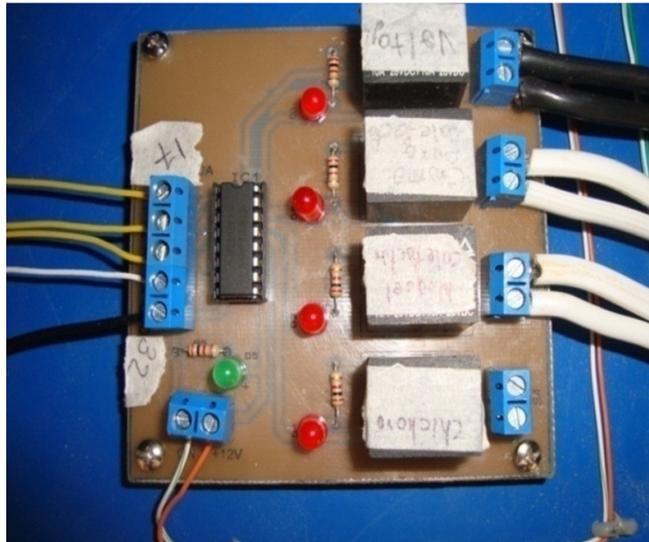
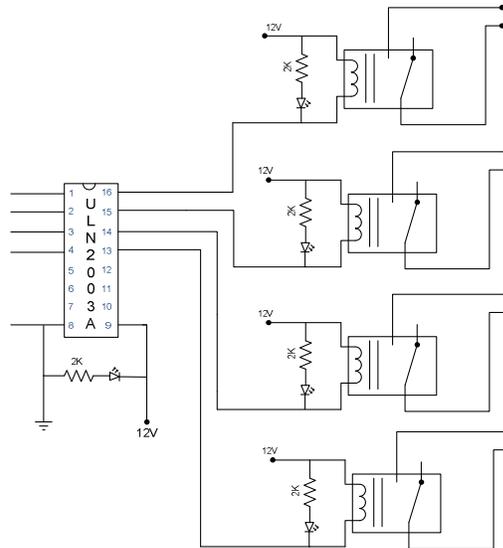
*Fig. 3.13 Circuito amplificador de señal de los sensores Lm35*

Para este circuito se utilizó el amplificador LM358, El LM358 es un amplificador operacional que puede ser alimentado con una sola fuente positiva, el cual se muestra en la siguiente imagen. En algunos proyectos se necesita un amplificador donde no se cuenta con fuentes +V-V y este integrado es una buena opción.



*Fig. 3.14 LM358 Integrado Amplificador de señal de temperatura*

Se implementó también un circuito para que las señales que envía la tarjeta puedan ser amplificadas y controlen cada uno de los relees.

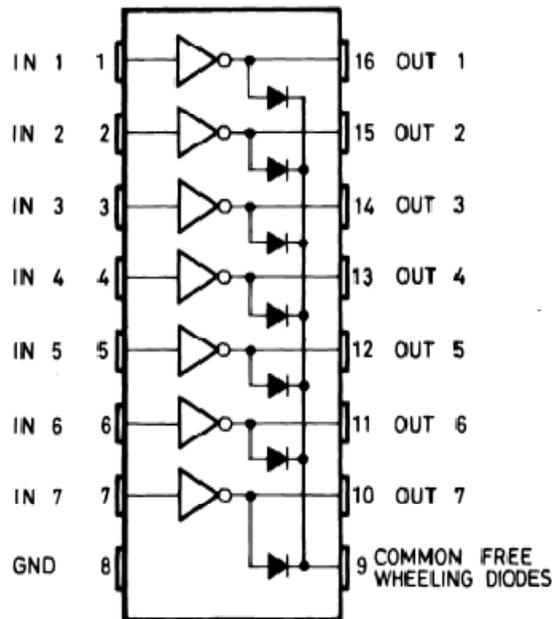


*Fig. 3.15 Circuito controlador de relés que permiten la activación de los calefactores de níquel y cromo y la señal sonora.*

Debido a la pequeña potencia que suministra la Daq, sólo podemos hacer funcionar directamente unos LED y poco más. Por este motivo es necesario amplificar las salidas en función de las cargas que vayamos a controlar. Un método sencillo y económico es emplear el integrado ULN2003A, que es un conjunto de Darlington (Darlington array) montados en un chip con el que podemos controlar cargas de hasta medio amperio. El chip lleva diodos de protección contra las sobretensiones producidas por cargas inductivas. Esto lo hace ideal para gobernar relés. Las siete órdenes de Darlington es utilizado para controlar relees mediante un puerto paralelo de PC, la tarjeta utiliza las salidas digitales para enviar la señal al integrado y controlar cada uno de los relés.

### 3.1.3.1. Características del chip ULN2003A

- Intensidad por canal = 500mA
- Tensión máxima de alimentación = 50 v
- Protección interna contra sobretensiones producidas por cargas inductivas
- Señal mínima de entrada = 2 v
- Los pares Darlington pueden colocarse en paralelo para gobernar cargas que consumen intensidades elevadas, como por ejemplo, pequeños motores.



*Fig. 3.16* Chip ULN2003A

Se utilizó también relees para controlar el paso de corriente a los ganchos catódicos y dispositivos de calefacción, el relé o relevador (del francés relais, relevo) es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes



*Fig. 3.17* relé o relevador

En la Figura se representa, de forma esquemática, la disposición de los elementos de un relé de un único contacto de trabajo.

Para finalizar la construcción del equipo de galvanotecnia se colocó los rótulos de identificación de: corriente anódica y catódica, calefactores de níquel y cromo duro, chicharra, botón de encendido, OFF y ON, valores de fusibles en Amperios, variación de voltaje de 0-20V en el variac, identificación de cada solución a utilizar en el proceso de electrodeposición.



*Fig. 3.18 Equipo de Galvanotecnia*

### **3.2. Proceso de manejo del equipo de galvanotecnia**

#### **3.2.1. Encendido del equipo y preparación de los ánodos electrolíticos:**

Se conecta el equipo a corriente alterna de 110V, una vez conectado se enciende con el botón de encendido que lleva su nombre ubicado en la parte frontal del equipo, posteriormente se realiza el encendido del computador a través del CPU. Es necesario verificar que los switch ojo de cangrejo que controlan el encendido de los calefactores de níquel, cromo duro y la chicharra estén en la posición de OFF para evitar que se activen antes de que sean requeridos, es decir, al iniciar el proceso de electrodeposición.



*Fig. 3.19 Switch ojo de cangrejo*

Dichos calefactores se encienden cuando sea necesario aplicar níquel y cromo duro que son las soluciones que se aplican con una temperatura de 40 a 45°C. La chicharra se enciende cuando se inicie el proceso de desengrase electrolítico y se mantiene encendida durante todo el proceso de electrodeposición.

Antes de iniciar el proceso de electrodeposición es conveniente lijar todos los ánodos a utilizarse, llenar todos los envases de enjuague con agua, filtrar las soluciones con un pedazo de tela blanca, ubicar cada ánodo en su respectiva solución y conectar la tarjeta DAQ6008 una vez encendido el computador y el equipo para no tener el inconveniente de que la tarjeta no sea leída por el mismo, y que al abrir el menú principal nos dé un mensaje de error.

### **3.2.2. Aplicación de desoxidante y su enjuague**

Las piezas que posteriormente serán sometidas al proceso de electrodeposición, utilizadas en las pruebas, son placas metálicas de 1mm de espesor, las mismas que se depositan en una cuba plástica con desoxidante (desoxidación por inmersión), el tiempo de desoxidación esta dado en función de la liberación de óxido de la placa metálica, posteriormente se sumerge la placa en el enjuague destinado para el desoxidante agitando la pieza en sentido circular para terminar con este proceso correctamente.

Antes de efectuar del paso 3 en adelante es conveniente saber que la corriente anódica se conecta directo al ánodo de cada sustancia que debe ser del mismo componente químico que el de la sustancia en la que se está trabajando (para el desengrase electrolítico se necesita un ánodo que puede ser una placa metálica, para el depósito de cobre alcalino y cobre ácido se necesita un ánodo de cobre, para el zinc un ánodo de zinc, etc.)

### **3.2.3. Aplicación de desengrase electrolítico y su enjuague**

Antes de realizar el proceso de desengrase electrolítico es necesario abrir la pantalla de menú inicio ubicado en el escritorio del computador, en la pantalla de menú se

encuentra el nombre de las soluciones que se van a depositar por electrolisis a la placa metálica como se indica a continuación:



*Fig. 3.20 MENU PRICIPAL*

Cada uno tiene su número en orden de uso, al seleccionar el icono de cobre alcalino que es la sustancia con la que se inicia el proceso, se abrirá automáticamente la pantalla de desengrase electrolítico.



*Fig. 3.21 Panel de visualización de desengrase electrolítico*

Para iniciar el proceso de desengrase electrolítico la corriente anódica debe estar conectada al ánodo del desengrase y la corriente catódica a la pieza que se va a desengrasar, luego se coloca el tiempo de duración del proceso que es de 5 segundos y

se pulsa el botón de inicio, transcurrido el tiempo propuesto el desengrase termina y el programa da un aviso de término conjuntamente con el sonido de una chicharra. Posteriormente seleccionamos aceptar para continuar con el proceso.



*Fig. 3.22 VI Indicador desengrase terminado*

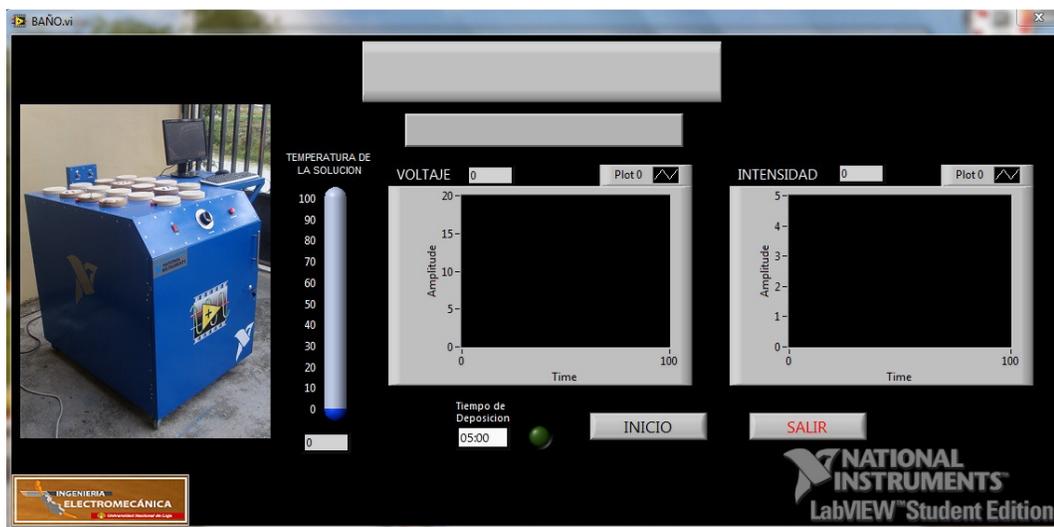
En la pantalla de desengrase se puede visualizar el chart de voltaje e intensidad que muestran las gráficas de onda de las mismas y un termómetro que señala la temperatura ambiente a la que se está trabajando.

### 3.2.4. Aplicación de cobre alcalino y su enjuague

En la pantalla del desengrase electrolítico seleccionamos el botón siguiente para darnos paso a la pantalla de descripción de cobre alcalino



*Fig. 3.23 Panel de visualización de composición y condiciones de operación de soluciones electrolíticas*  
En esta pantalla seleccionamos el botón inicio que nos mostrara la pantalla del baño de cobre alcalino



*Fig. 3.24 Panel de visualización de proceso electrolítico*

Cambiamos la corriente anódica al ánodo de cobre y la corriente catódica a la pieza dentro del envase lleno de la sustancia de cobre alcalino. Seleccionamos el tiempo de duración en minutos del depósito y damos inicio al proceso pulsando el botón de inicio. En los charts se visualiza de igual manera las gráficas de onda de voltaje e intensidad en el momento de funcionamiento y en el termómetro la temperatura ambiente a la que se está trabajando. Terminado el tiempo seleccionado el programa da un mensaje de término conjuntamente con el sonido de una chicharra avisándonos que la deposición ha concluido.



*Fig. 3.25 VI Indicador de deposición terminada*

Seleccionamos aceptar y lavamos la pieza metálica con el enjuague que corresponde a la sustancia de trabajo.

### **3.2.5. Aplicación de cobre ácido y su enjuague**

Se procede de la misma forma que en el caso del cobre alcalino con la diferencia que la pieza debe estar cubierta previamente con cobre alcalino y se debe cambiar la corriente

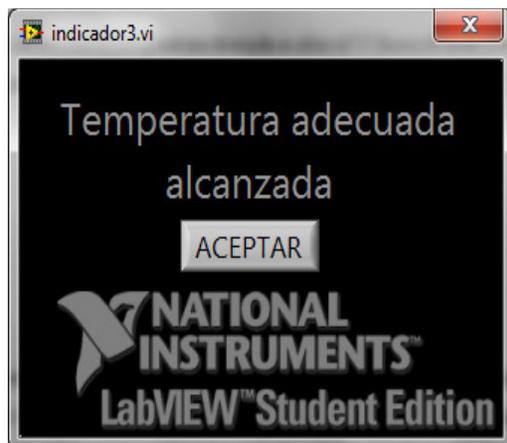
anódica al nuevo ánodo de cobre depositado dentro del envase de cobre ácido y la corriente catódica a la pieza dentro del mismo envase.

### 3.2.6. Aplicación de níquel y su enjuague

En el caso de níquel se debe tener en cuenta que para un correcto depósito del mismo la pieza metálica debe ser sometida previamente a una aleación de cobre ácido y cobre alcalino, por cuanto el níquel se adhiere de una mejor manera a dicha aleación.

El proceso de niquelado es similar a las realizadas anteriormente con el cobre alcalino y cobre ácido con la diferencia que este tiene que permanecer en un rango de temperatura de 40 a 50°C, para ello se utiliza un calefactor que se activa automáticamente cuando la temperatura es menor a 40°C y se desactiva cuando sobrepasa los 50 °C.

Cuando la temperatura idónea es alcanzada el programa ofrece un mensaje de que esto ha sucedido.



*Fig. 3.26 VI Indicador de temperatura adecuada alcanzada.*

Se coloca aceptar y se continúa con el proceso electrolítico.

### 3.2.7. Aplicación del cromo decorativo y su enjuague

Su depósito se lleva a efecto de la misma manera que en el cobre alcalino, con la diferencia de que previo a su depósito la pieza debe tener una aleación de cobre alcalino, cobre ácido y níquel.

### 3.2.8. Aplicación de latón y su enjuague

La aplicación del latón se realiza de la misma forma que el de cobre alcalino, con la diferencia que es necesaria la aleación de cobre alcalino, cobre ácido y zinc previas al depósito del mismo.

### **3.2.9. Aplicación de zinc y su enjuague**

El proceso de aplicación de zinc se realiza de la misma forma que el de cromo decorativo, cambiando la corriente anódica al ánodo de zinc y la corriente catódica a la pieza metálica ubicada dentro del envase que contiene la solución de zinc.

### **3.2.10. Aplicación de cromo duro y su enjuague**

La aplicación de cromo duro se realiza de la misma forma que en el níquel, con la diferencia que este, se realiza directo sin presencia de aleaciones y con menos tiempo de deposición.

### **3.2.11. Aseo del equipo**

Una vez terminado todo el proceso electrolítico es conveniente lavar bien los envases de los enjuagues para evitar posibles contaminaciones de las sustancias utilizadas en el proceso electrolítico, y llenarlos nuevamente cuando se vaya a realizar prácticas de galvanotecnia. Se debe tapar bien los envases cada uno con la tapa que le corresponda de acuerdo a su nombre.

### **3.2.12. Apagado del equipo.**

Una vez terminado el uso del equipo de galvanotecnia, se apaga el equipo con el mismo botón de encendido que al inicio, ya que este funciona a manera de interruptor, se colocan nuevamente los switch ojo de cangrejo en la posición de OFF y se apaga el computador desde el CPU.

## **3.3. Manual de prácticas**

En el manual de prácticas se detallan todas las pruebas realizadas en el equipo de galvanotecnia (para mayor información revisar el anexo 8).

#### 4. ANALISIS ECONÓMICO Y AMBIENTAL

##### 4.1. Análisis económico.

MATERIAL	CANT.	PRECIO USD
Copias de libros de galvanotecnia y procedimientos para recubrimientos electrolíticos	2	10,47
Asesoramiento técnico sobre galvanotecnia y adquisición de las soluciones químicas y ánodos electrolíticos necesarias para el proceso de electrodeposición	1	400,00
Tubo cuadrado de 1 x 1 utilizado en la estructura metálica de la carcasa del equipo de galvanotecnia	3	30,35
Rectificador	1	507,00
Calentadores de agua	2	7,00
Reposteros Stanley	18	46,62
Construcción de tarjetas de interfaz para Daq6008	3	40,00
Curso básico de manejo de la tarjeta Daq6008 en base al software de control de Labview.	1	110,00
Tarjeta Daq6008	1	250,00
Computador (Pantalla, CPU, teclado, mouse)	1	454,46
MDF 2.14x 2.60 x 12 mm	2	60,95
Pintura azul preparada, sellador, masilla, secante (gal.)	2	40,00
toma corrientes	3	4,50
Switch ojo de cangrejo	3	3,00
Plugs banana hembra y macho	4	0,65
Rotulado	-	10,00
Cable 2 x 14 (m)	5	3,50
cable 8-7 hilos (m)	5	8,75
Gastos adicionales:	-	49,47
<b>TOTAL</b>		<b>2036,72</b>

*Tabla 4.1 Análisis económico de la ejecución de la tesis de grado*

## 4.2. Análisis ambiental.

Nuestro tema de tesis en su forma más sencilla versa sobre un equipo de galvanotecnia destinado al proceso de recubrimientos metálicos, cuya naturaleza es de origen químico y eléctrico, es decir, es una fuente de generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.

La incidencia medioambiental de un proceso de recubrimientos metálicos, a pesar del reducido tamaño que este tenga, se centra fundamentalmente, en el vertido de aguas residuales y la generación de residuos peligrosos.

La presencia de metales pesados en el agua, compuestos cianurados vertidos y la emanación de vapores que son difíciles de destruir o de estabilizar y de disponer en una forma ambientalmente adecuada, son generadas principalmente por el uso de cuatro materiales en específico:

- Cadmio
- Cianuros, especialmente para Zinc, Cobre, Bronce, Plata y latón.
- Cromo hexavalente.
- Soluciones electrolíticas basadas en Cromo/Formaldehido

Un impacto ambiental importante es la pérdida de químicos al ser removidos de las soluciones de recubrimiento a lo que se conoce como arrastre de químicos, estas pérdidas se dan en el momento que las piezas pasan de un baño a otro provocando que estas dejen caer gotas de las soluciones en el suelo, lo cual a más de ser una pérdida económica es una potencial fuente de contaminación.

Otro punto a tratar en el tema del impacto ambiental sería el uso del agua, pues, por ejemplo, en el enjuague se puede utilizar cerca del 95% de toda el agua del proceso de recubrimiento haciendo que este recurso sea el principal bien y materia prima. La conservación del agua se basa en el control de la contaminación de las soluciones de recubrimiento.

Cada etapa del proceso de recubrimientos electrolíticos tiene su impacto sobre el aire, el agua y/o la generación de residuos sólido respectivamente así:

Proceso	Componente del ambiente		
	Humo, gases y vapores, polvos y partículas finas	Aguas ácidas, alcalinas, con grasas y aceites, cloruradas, crónicas, ricas en metales pesados	Lodos, cenizas, restos de materias primas, productos y empaques
Tratamiento mecánico			X
Desengrase/enjuague		X	X
Decapado/enjuague	X	X	
Activado/enjuague		X	
Baño de recubrimiento	X	X	
Recuperador		X	
Enjuague		X	
Pasivado/enjuague		X	
Secado y pintado	X		X

**Fig. 4.1 Etapas del proceso de recubrimiento electrolítico y su impacto ambiental**

Cabe recalcar que nuestro equipo de galvanotecnia está realizado con fines prácticos y de laboratorio lo cual reduce el impacto ambiental antes mencionado al mínimo de su expresión.

#### 4.2.1. Salud ocupacional

El tema de interés dentro de la seguridad ocupacional orientado a nuestro tema de tesis son los riesgos químicos para la salud.

Nuestro cuerpo tiene una capacidad considerable para purificar sustancias peligrosas. El hígado y los riñones son los que se encargan principalmente de este trabajo, pero si el cuerpo se ve expuesto a un producto químico durante un largo período de tiempo, nuestras defensas ya no pueden hacerlo inofensiva. La sustancia es entonces almacenada en el cuerpo y puede causar diversos problemas médicos.

#### Un producto químico puede causar lesiones de varias formas:



**Fig. 4.2 Formas de riesgo químico para la salud**

Desde el punto de vista práctico, los principales riesgos químicos para la salud pueden dividirse en:

- Contaminación atmosférica (polvo, emanaciones y humo).

- Gases.
- Líquidos y vapores (solventes, ácidos y álcalis).
- Metales (plomo, níquel, cromo, etc.).

#### **4.2.1.1. Límites de exposición ocupacional**

Para la mayoría de las sustancias tóxicas, existe una estrecha relación entre la cantidad de sustancia absorbida por el cuerpo y sus efectos sobre la salud. Sabiendo esta relación exposición-efecto, es posible evaluar el riesgo de exposición. Este conocimiento puede ser utilizado para establecer un límite seguro de exposición ocupacional. Se lo llama límite de exposición. Por debajo del límite de exposición, no debería haber riesgo para la salud de las personas, ni deterioro en el grado de comodidad necesario para mantener la producción y reducir al mínimo los riesgos de accidente.

#### **4.2.1.2. Recomendaciones útiles**

##### **a. Etiquetas, información y medidas de emergencia**

Todos los recipientes con productos químicos tienen etiquetas que indican el contenido y advierten sobre el riesgo.

En la etiqueta o como instrucciones escritas se da la información necesaria sobre el manejo seguro y las medidas de primeros auxilios.

En el lugar de trabajo deben existir lavamanos de emergencia y puestos para lavarse los ojos.

##### **b. Medidas técnicas**

Se usan procesos de trabajo que minimizan la emisión de gases, vapores, partículas o emanaciones.

Las posiciones de trabajo se eligen de tal manera que la exposición a los gases, vapores, partículas o emanaciones sea mínima.

Se instala ventilación local efectiva para los escapes a fin de extraer gases, vapores, partículas y emanaciones.

##### **c. Equipamiento de protección personal**

Deben implementarse todas las mejoras técnicas necesarias antes de recurrir al uso del equipamiento de protección personal.

Se usa tipos adecuados de equipamiento de protección personal:

- Gafas, máscaras o protector para ojos
- Guantes

- calzado de seguridad
- Delantales o ropa de protección

El equipamiento de protección personal es adecuado para el trabajo que se realiza.

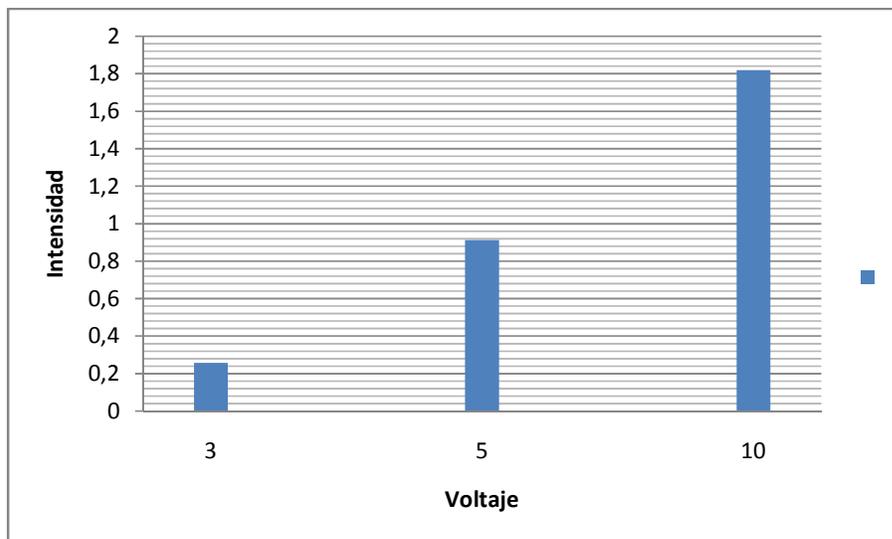
Se cuenta con la cantidad adecuada de equipamiento de protección personal.

El equipamiento de protección personal es mantenido completo y limpio.

**RESULTADOS:****Resultados de desengrase electrolítico**

N°	T (°C)	t (s)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	22	3	3	0,257	No se visualiza nada en el cátodo
2	22	5	5	0,913	Burbujas pequeñas en cátodo
3	22	10	10	1,82	Burbujas grandes en el cátodo Pieza quemada

La tabla muestra los valores de intensidad obtenidos a partir del voltaje regulado del equipo y las observaciones realizadas a diferentes voltajes. A mucho voltaje la pieza metálica se quema.



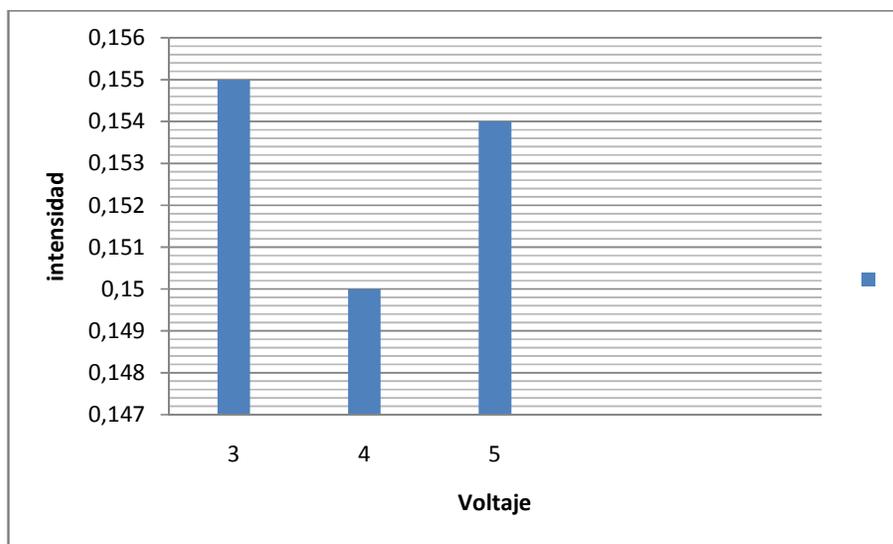
La grafica denota que en el desengrase electrolítico a mayor voltaje suministrado aumenta también la intensidad de corriente, siendo la de menor voltaje la de 3 voltios corresponde a una intensidad de 0,257 A y la de mayor voltaje 10 V corresponde a una intensidad de 1,82 A.

### Resultados de depósito de cobre alcalino

En placas metálicas rectangulares

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	18,7	3	3	0,155	Baja calidad de depósito de cobre alcalino
2	18,7	4	4	0,15	Mejor calidad de cobreado
3	18,7	5	5	0,154	Piezas cobreadas exitosamente

La tabla muestra los valores casi constantes de intensidad y el progreso de calidad al variar el voltaje en el depósito de cobre alcalino para piezas metálicas rectangulares.

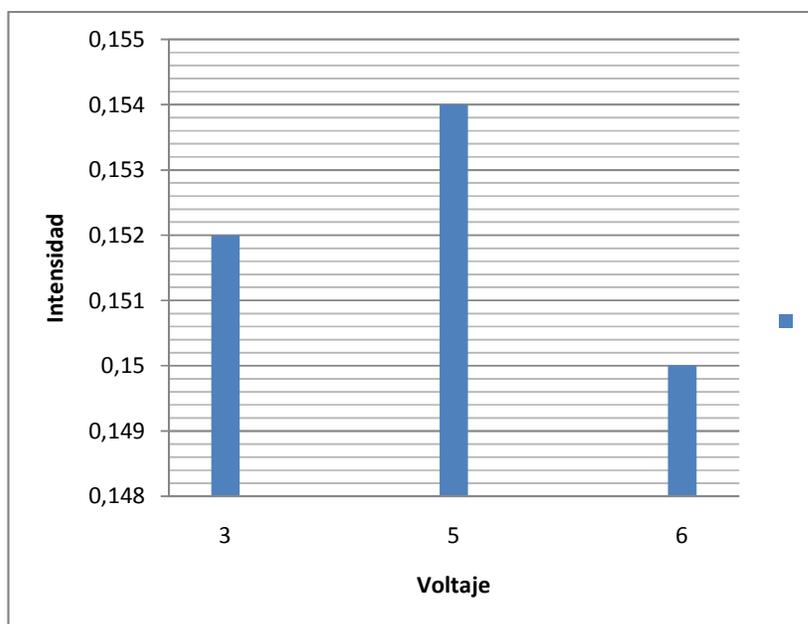


De la grafica se puede deducir que no existe un incremento considerable en la intensidad al variar el voltaje. Se observa que para valores de 3, 4 y 5 voltios la intensidad de corriente varia en milésimas de 1 a 5.

### En piezas metálicas cilíndricas

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	18,7	3	3	0,152	Baja calidad de depósito de cobre alcalino
2	18,7	4	5	0,154	Mejor calidad de cobreado
3	18,7	5	6	0,15	Piezas cobreadas exitosamente

La tabla muestra los valores casi constantes de intensidad y el progreso de calidad al variar el voltaje en el depósito de cobre alcalino para piezas metálicas cilíndricas.

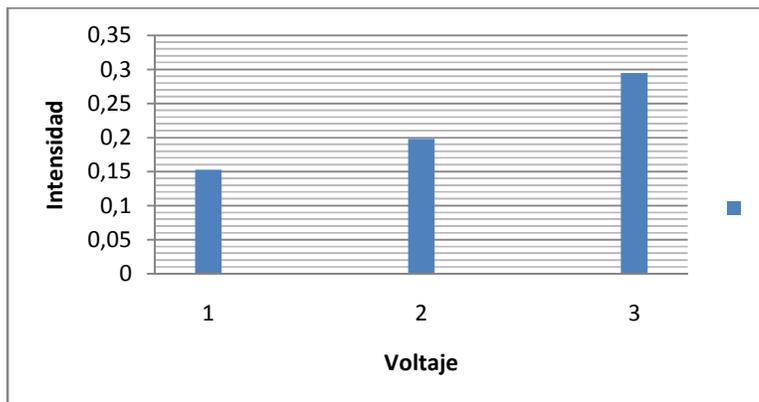


En la grafica para el depósito de cobre alcalino para piezas cilíndricas se puede observar que la intensidad presenta ciertas irregularidades al aumentar el voltaje pero que son mínimas considerando que la intensidad de corriente varia en milésimas de 2 a 4.

### Resultados de depósito de cobre ácido

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	OBSERVACIONES
1	18,4	2	1	0,153	Desprendimiento del recubrimiento de cobre ácido de la pieza cilíndrica
2	18,4	3	2	0,198	Mejor calidad de cobreado ácido
3	18,4	5	3	0,295	Excelente acabado superficial de cobre ácido

Para el cobre ácido, la tabla muestra el incremento de intensidad para bajos voltajes, y la mejora en el acabado superficial de piezas metálicas al aumentar el mismo.



En la grafica resulta evidente que para mayor voltaje corresponde mayor intensidad de corriente, siendo la de menor intensidad la de 0,153 correspondiente a 1 V y la de mayor intensidad la de 0,295 correspondiente a un voltaje de 3V.

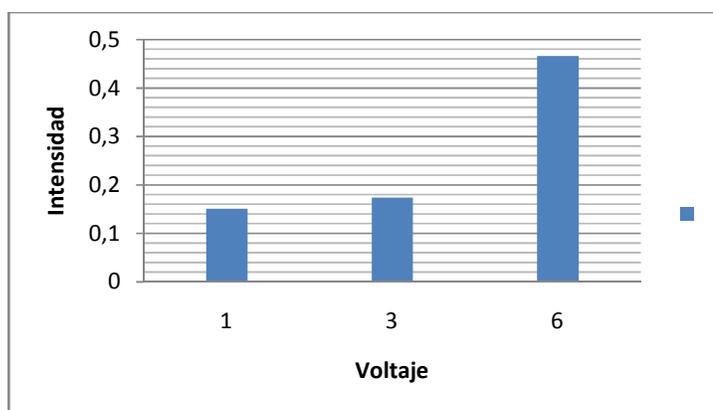


La fotografía muestra el depósito de cobre ácido sobre una pieza cilíndrica realizado a 3V en un tiempo de 5min.

### Resultados de depósito de níquel

N°	Dimensiones de las piezas (cm)	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	8,2 x 4,7	47	40 s	1	0,151	Bajo recubrimiento de níquel
2	6,7 x 4,6	27	1	3	0,174	Desprendimiento del recubrimiento de níquel
3	8,1 x 4,2	48.1	5	6	0,466	Excelente niquelado

De la tabla se puede observar que la temperatura y el tiempo de electrodeposición ha la cual es aplicado el níquel, influye directamente en el acabado superficial de la pieza metálica



Para el recubrimiento de níquel se puede observar en la grafica que al aumentar el voltaje, aumenta considerablemente la intensidad de corriente.

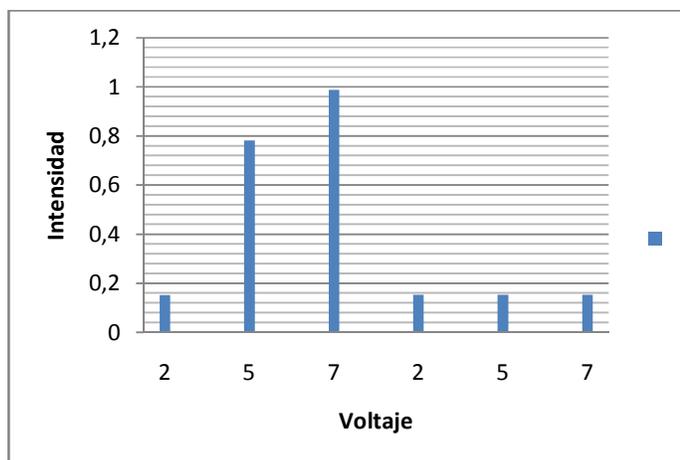


Las fotografías muestran el acabado superficial del níquel sobre una superficie rectangular y otra cilíndrica y la mejora de la superficie de la pieza cilíndrica después del proceso electrolítico.

### Resultados de depósito de cromo duro

N°	Dimensiones de las piezas (cm)	T (°C)	t (s)	VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	OBSERVACIONES
1	ø 2,2 cm; espesor 1,1 cm	42,5	5	2	0,152	Recubrimiento brillante de cromo
2		34,7	40	5	0,782	Baja calidad de cromo, bajo recubrimiento
3		30	1 min	7	0,988	Desprendimiento del recubrimiento de cromo
1	ø 1,2 cm; espesor 0,7 cm	42	5	2	0,153	Acabado brillante por áreas de la pieza, ligeros desprendimientos del recubrimiento.
2		48	40	5	0,153	Mejor recubrimiento de cromo parte interna de la pieza cilíndrica, parte externa quemada.
3		56,8	1 min	7	0,153	Acabado brillante parte interna de la pieza cilíndrica, parte externa quemada.

La tabla muestra una comparación de resultados entre piezas cilíndricas de diferentes dimensiones, de la cual se deduce que para piezas cilíndricas de mayor diámetro y espesor corresponde una mayor intensidad de corriente al variar el voltaje gradualmente. Las condiciones idóneas de trabajo deben ser a una temperatura superior a los 40 °C pero inferior a los 48 °C en un tiempo de 5 s



De la grafica anterior se puede manifestar que para piezas cilíndricas con mayores dimensiones la intensidad de corriente en el ánodo de níquel es directamente proporcional al voltaje suministrado por el rectificador de corriente, mientras que para piezas con menores dimensiones la intensidad permanece constante al variar el voltaje.

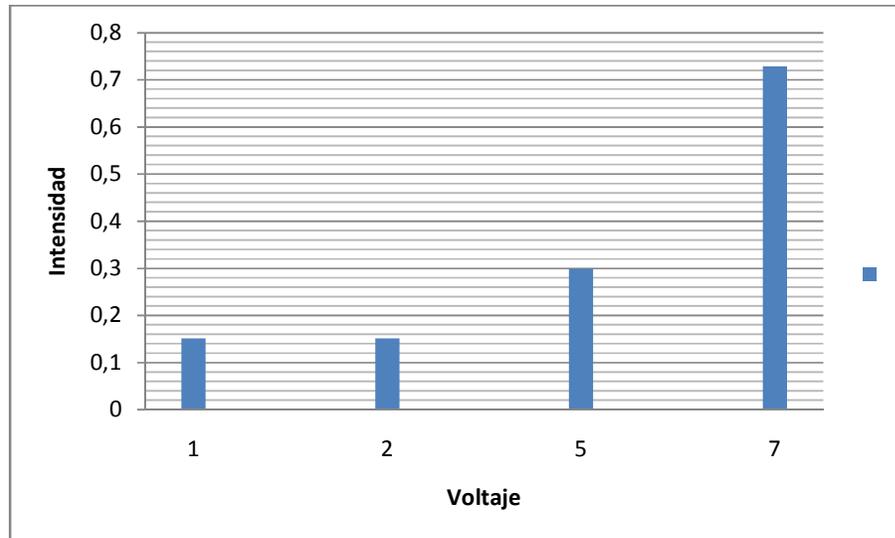


Uno de los mejores acabados superficiales se logro con el cromo duro en piezas cilíndricas como se puede evidenciar en la fotografía.

#### **Resultados de depósito de zinc**

<b>N°</b>	<b>T (°C)</b>	<b>t (min)</b>	<b>VOLTAJE(V)</b>	<b>INTENSIDAD(A)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>1</b>	18,4	40 s	1	0,151	<b>Zinc brillante</b>
<b>2</b>	18,4	1	2	0,152	<b>Zinc brillante</b>
<b>3</b>	18,4	2	5	0,3	<b>Zinc mate (condición ideal)</b>
<b>4</b>	18,4	5	7	0,729	<b>Zinc mate excelente acabado</b>

La tabla muestra que para lograr un acabado de zinc mate, es necesario suministrar más voltaje al cual corresponde una mayor intensidad de corriente, por ser estos directamente proporcionales, el acabado de zinc mate se realiza con la finalidad de poder depositar una capa de latón sobre dicha superficie, ya que la adherencia de la misma depende de la mayor concentración de zinc en la pieza metálica.



La grafica de cromo duro expresa la relación de proporcionalidad directa entre el voltaje y la intensidad de corriente durante el depósito. Para un voltaje mínimo de 1 V corresponde una intensidad de 0,151 y para un voltaje máximo de 7 V corresponde una intensidad de 0,729. El zinc es la solución que más soporta altos voltajes e intensidades sin ocasionar daños en las piezas metálicas.

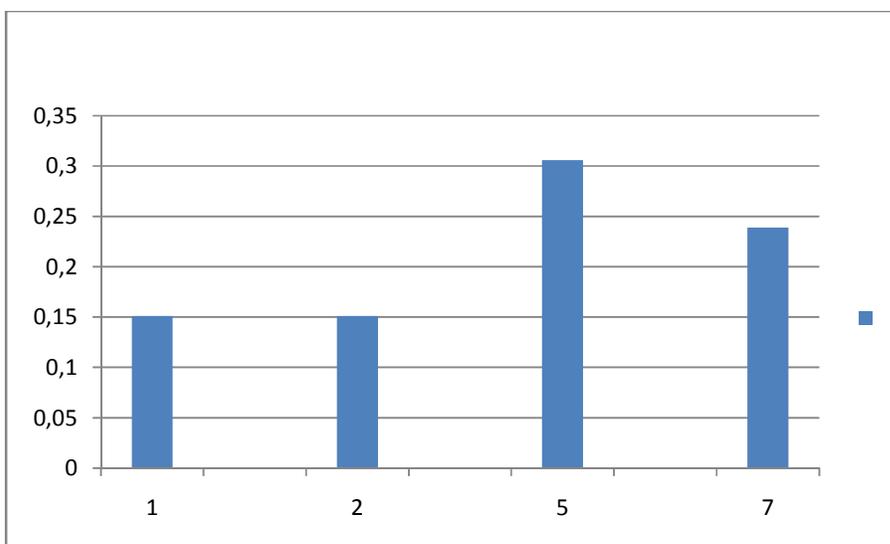


La fotografía muestra el aspecto que debe tomar la pieza al ser sometido a un depósito de zinc mate

**Resultados de depósito de latón**  
**En placas metálicas rectangulares**

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	18,4	40 s	1	0,151	Recubrimiento de latón muy bajo
2	18,4	1	2	0,151	Recubrimiento de latón muy bajo
3	18,4	2	5	0,306	Latón brillante (condición ideal)
4	18,4	5	7	0,239	Pieza quemada demasiado voltaje

De la tabla se puede deducir que para una condición ideal de depósito de latón en superficies metálicas el voltaje no debe exceder los 5 V de lo contrario la pieza se ve afectada.



La grafica denota que a los 5 voltios es alcanzada la intensidad máxima de 0,306 A idónea para el depósito de latón sobre la pieza a tratarse electrolíticamente con dicha solución, superado este voltaje la pieza sufre desperfectos que se ve evidenciada en la grafica con una disminución abrupta de intensidad.

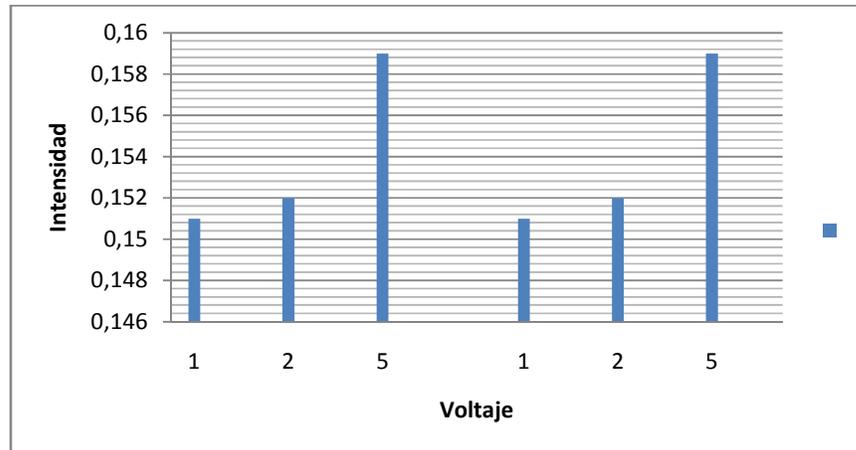


La fotografía muestra la calidad de latón en una pieza metálica no cilíndrica al alcanzar el voltaje de 5 V.

### En piezas metálicas cilíndricas

N°	Ø (cm)	Esesor (cm)	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	2,2	1,1	16,9	40 s	1	0,151	No hay depósito de latón.
2	2,2	0,9	16,9	1	2	0,152	Baja calidad de latón
3	2,2	0,6	16,9	5	5	0,159	Latón brillante (condición ideal)
1	1,2	0,7	16,9	40 s	1	0,151	No hay depósito de latón.
2	1,2	0,5	16,9	1	2	0,152	Baja calidad de latón
3	1,2	0,4	16,9	5	5	0,159	Latón brillante (condición ideal)

La tabla hace una comparación entre el depósito de latón realizado en piezas cilíndricas de diferentes dimensiones, en la cual no se haya diferencia ni de intensidad ni de acabado superficial. Para ambos casos la intensidad aumenta despreciablemente conforme aumenta el voltaje y se logra un depósito idóneo para un voltaje de 5V y una intensidad de corriente de 0,159 A.



La grafica muestra la equivalencia de resultados entre las pruebas de depósito de latón, realizadas en piezas cilíndricas de diferentes dimensiones. Para ambos casos la intensidad aumenta despreciablemente conforme aumenta el voltaje, y se logra un valor máximo de intensidad de corriente de 0,159 A para el máximo de voltaje que es de 5V.



La fotografía muestra el acabado superficial que se logra con el depósito de latón para un voltaje de 5V y una intensidad de corriente de 0,159.

**DISCUSIÓN:**

- En el desengrase electrolítico la pieza llega a quemarse al alcanzar el voltaje de 10 voltios debido al efecto Joule que dice que "La cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica, depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente". Debido a que la intensidad aumenta conforme aumenta el voltaje la cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica también aumenta.
- En el depósito de cobre alcalino no varía cuantiosamente la intensidad de corriente debido a que por la ley de ohm que afirma que "la corriente que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia siempre y cuando su temperatura se mantenga constante". La intensidad no varía al aumentar el voltaje pues la resistencia de la pieza sumergida aumenta al aumentar el voltaje.
- En soluciones como cobre ácido y níquel la relación de proporcionalidad es directa entre el voltaje e intensidad de corriente puesto que la resistencia se mantiene casi constante en la deposición de estas soluciones sobre una pieza metálica.
- En el cromo duro la diferencia de intensidad para piezas de dimensiones superiores con respecto a las de menores dimensiones, radica en que cuando las dimensiones de la pieza disminuyen la resistencia del ánodo aumenta, caso contrario cuando las dimensiones de la pieza son grandes la resistencia disminuye.
- En soluciones como el zinc y el latón Al sumergir la pieza en la correspondiente solución electrolítica, el voltaje regulado disminuye inmediatamente después de sumergir la pieza, debido a que la resistencia del material disminuye. Esto se debe a que estas soluciones atacan al ánodo pasivándolo. Al pasivarse aumenta la resistencia eléctrica del ánodo.

## CONCLUSIONES:

**Nuestro trabajo de tesis fue basado inicialmente en una hipótesis de investigación, en la cual se pretendía diseñar y construir un equipo de galvanotecnia utilizando la técnica de corriente directa de deposición, y que además pueda ser controlada y monitoreada mediante el software LabVIEW. Al concluir nuestro trabajo se logró la verificación de dicha hipótesis en base a las conclusiones descritas a continuación:**

- Se diseñó y construyó un equipo de Galvanotecnia para realizar electrodeposiciones con la técnica de corriente directa de deposición.
- Se logró la adquisición de los valores de voltajes, intensidad y temperatura durante el proceso de electrodeposición, gracias a la programación acertada que se consigue con el Software LabVIEW.
- Se logró temperar las soluciones de níquel y Cromo duro, gracias a los valores de temperatura obtenidos mediante los sensores Lm35 y se realizó el control de los calefactores utilizando las salidas digitales de la tarjeta Daq y su configuración mediante el Software LabVIEW.

**RECOMENDACIONES:**

- En vista que el equipo de galvanotecnia permite interactuar los conocimientos prácticos con los de instrumentación virtual perteneciente al software LabVIEW, recomendamos utilizar el mismo, para desarrollar conocimientos, creatividad y destrezas en los estudiantes con respecto a la automatización de equipos mediante este software.
- Dar mantenimiento a los ánodos de cada solución (lijar la superficie del ánodo), para evitar que se contaminen las mismas.
- Filtrar las soluciones para garantizar un mejor recubrimiento de piezas metálicas.
- Enjuagar y secar los calefactores de níquel y cromo para garantizar su vida útil.
- Colocar los recipientes en su lugar correcto de acuerdo al rotulado.
- Cerciorarse que el desoxidante y desengrase se hayan realizado correctamente para garantizar un correcto proceso de electrodeposición.
- Cambiar los enjuagues para cada solución después de haber utilizado el equipo de galvanotecnia.

**BIBLIOGRAFÍA:****LIBROS:**

- **BENJAMIN C. KUO.** Sistemas de Control Automático. Séptima Edición. Edimsa S.A. Iztapalapa Mexico. 1996.
- **CARLOS A. REYES.** Microcontroladores PIC. Segunda edición. Rispergraf Quito Ecuador. 2006.
- **COIFA.** Seguridad-Salud Y Condiciones De Trabajo. Primera edición. Talleres Abya-Yala Cayambe-Ecuador. 1994.
- **CREUS SOLE ANTONIO,** Instrumentación Industrial. Sexta edición. Alfaomega Grupo editor, S.A de C.V. Barcelona España. 1997
- **E. A. OLLARD.; E. B. SMITH.** Manual de Recubrimientos Electrolíticos Industriales. Séptima edición Editorial Compañía Editorial Continental, S. A. México. D.F. 1963
- **HENRY ANTONIO RONCANCIO.** Tutorial De LabVIEW. Universidad Distrital "Francisco Jose de Caldas" 2001.
- **J. GLAYMAN.; G FARKAS.** Galvanotecnica, Técnica y Procedimiento. Séptima edición Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. 1969
- **JOSE S. LOPEZ DIAZ.** NORMAS ANSI / ISA S 5.1- 1984 (R1992). Universidad Tecnica Federico Santa Maria. 2003.
- **JOSEPH A. BABOR.; JOSE IBARZ AZNAREZ.** Química General Moderna. Séptima edición. Editorial Marín Barcelona España. 1970
- **LUZ BARRERA A.; JAIRO VALDERRAMA V.** Como Citar. Primera edición. Universidad de la Sabana. 2007.
- **MICHELL J. SIENKO.; ROBERT A. PLANE.** Química. Séptima edición. Aguilar S.A. Ediciones. España. 1967
- **NATIONAL INSTRUMENTS.** Users Manual. April 2003 Edition.

## PAGINAS WEB.

- **Catalog of Electronic Components.** [En línea]. Disponible en <http://www.chipcatalog.com/>. (consultado el 14 de julio del 2009).
- **FRANK DE COPENHAGUE.** [En línea] Niquelado electrolítico. Disponible en <http://www.cientificosaficionados.com/tecnicas/niquelado%20electrolitico.htm>. (consultado el 14 de julio del 2009).
- **INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO, AMBIENTE Y SALUD (ISTAS).** [En línea] Proceso productivo galvánico. Disponible en [http://www.istas.net/fitema/att/li4.htm#PROCESO PRODUCTIVO](http://www.istas.net/fitema/att/li4.htm#PROCESO_PRODUCTIVO). (consultado el 14 de julio del 2009).
- **TOMAS BRUZOS.** [En línea] Galvanotecnia. Disponible en <http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/galvanotecnia/galvanotecnia.html>. (consultado el 14 de julio del 2009).
- **ADAN ZEVALLOS CERVANTES.** [En línea] Curso de Galvanotecnia. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/3882816/GALVANOTECCIA>. (consultado el 14 de julio del 2009).
- **FUNDES.** [En línea] Guía de Buenas Prácticas para el Sector Galvanotecnia. Disponible en [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Gu%C3%ADa%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20Galvanotecnia.pdf](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Gu%C3%ADa%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20Galvanotecnia.pdf). (consultado el 14 de julio del 2009).
- **TODINI Y CO S.P.A.** [En línea] Productos químicos a base de níquel. Disponible en <http://www.todiniandco.es/productos/niquel/index.html>. (consultado el 14 de julio del 2009).

## SOFTWARE.

- **Autodesk.** Software AutoCAD 2010 Spanish.
- **Autodesk.** Autodesk Design Review 2010.
- **FALL 2009.** Software NI LabVIEW 2009 Student Edition.

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Pag.</b>
Tabla 1.1 Propiedades del zinc	7
Tabla 1.2 Características de los ánodos de los principales electrolitos para electrodeósitos	12
Tabla 1.3. Composición química de la solución limpiadora electrolítica	17
Tabla 1.4. Composición química de la solución de Latón electrolítico	18
Tabla 1.5. Condiciones de operación de Latón electrolítico	18
Tabla 1.6. Composición química de la solución fuerte de Cromo	19
Tabla 1.7. Condiciones de operación de la solución fuerte de cromo	19
Tabla 1.8. Composición química de la solución ligera de cromo	19
Tabla 1.9. Condiciones de operación de la solución ligera de cromo	20
Tabla 1.10. Composición química de cobre ácido	21
Tabla 1.11. Condiciones de operación de la solución de cobre ácido	21
Tabla 1.12. Composición química de la solución de cobre alcalino	22
Tabla 1.13. Condiciones de operación de la solución de cobre alcalino	22
Tabla 1.14. Composición química de la solución de níquel rápido caliente	23
Tabla 1.15. Condiciones de operación de la solución de níquel rápido caliente	23
Tabla 1.16. Composición química de la solución de Zinc ácido	24
Tabla 1.17. Condiciones de operación de la solución de de Zinc ácido	24
Tabla 1.18 Capacidad del fusible	28
Tabla 1.19 Densidad de corriente a partir de la corriente en amperios	35
Tabla 1.20 Hoja de datos del Diodo 1N1188	36
Tabla 2.1 Calores específicos de los electrolitos de cromo duro y níquel	45
Tabla 2.2 Peso específico de los electrolitos de cromo duro y níquel	46
Tabla 2.3 Temperatura habitual de trabajo de cromo duro y níquel	46
Tabla 4.1 Análisis económico de la ejecución de la tesis de grado	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1.1. Proceso de electrodeposición	4
Figura 1.2. Pantalla de inicio de LabVIEW	9
Fig. 1.3. Diagrama de adquisición de datos basada en PC	10
Fig. 1.4. Tarjeta DAQ NI USB-6008 OEM	11
Fig. 1.5. Interruptor eléctrico	27
Fig. 1.6. Fusibles	28
Fig. 1.7. Variac	29
Fig. 1.8. Transformador	29
Fig. 1.9. Devanados del Transformador	30
Fig. 1.10. Núcleos del transformador	31
Fig. 1.11. Sección del núcleo	32
Fig. 1.12. Diodo 1N118	36
Fig. 1.13. Característica del KTY81.	37
Fig. 1.14. Sensor de temperatura LM35	37
Fig. 1.15. Calefactor eléctrico	38
Fig. 2.1. Sección del núcleo para cálculos	41
Fig. 2.2. Esquema del circuito electrico del equipo de Galvanotecnia.	45
Fig. 2.3 Estructura metálica del equipo de galvanotecnia	47
Fig. 2.4. Esquema de instrumentación del equipo de Galvanotecnia.	50
Fig. 2.5 Panel de visualización de temperatura, voltaje e intensidad	50
Fig. 2.6 Diagrama de bloques del VI ADC	51
Fig. 2.7 Diagrama de bloques del VI ADC primera parte	51
Fig. 2.8 Diagrama de bloques del VI ADC segunda parte	52
Fig. 2.9 Sub VI ADC	53
Fig. 2.10 Diagrama de bloques del VI Digital	54
Fig. 2.11 Sub VI Digital	54
Fig. 2.13 Diagrama de bloques del Sub VI CLOCK	55
Fig. 2.14 Panel de acceso al monitoreo de electrodeposición de soluciones (MENU PRINCIPAL)	55
Fig. 2.15 Diagrama de bloques del monitoreo de electrodeposición de soluciones (MENU PRINCIPAL)	56

Fig. 2.16 Panel de visualización de la composición de soluciones y sus condiciones de operación	57
Fig. 2.17 Diagrama de Bloques de visualización de la composición de soluciones y sus condiciones de operación	57
Fig. 2.18 Panel de visualización del proceso de desengrase electrolítico	58
Fig. 2.19 Diagrama de bloques de la visualización del proceso de desengrase electrolítico	59
Fig. 2.20 VI Indicador de que el tiempo de desengrase ha terminado	59
Fig. 2.21 Panel de visualización del proceso de deposición de soluciones electrolíticas a excepción de níquel y cromo duro	60
Fig. 2.22 Panel de visualización del proceso de deposición de níquel y cromo duro	60
Fig. 2.23 Diagrama de bloques del diseño de instrumentación utilizado en el proceso de deposición de níquel y cromo duro.	61
Fig. 2.24 VI Indicador de que la temperatura adecuada ha sido alcanzada	61
Fig. 2.25 VI Indicador de que el tiempo de deposición ha concluido.	62
Fig. 3.1 Proceso de medición y corte de la estructura metálica	63
Fig. 3.2 Proceso de soldadura de la estructura metálica	64
Fig. 3.3 Proceso de soldadura de los compartimentos de la estructura metálica	64
Fig. 3.4 Estructura Metálica	65
Fig. 3.5 Cubierta de la estructura metálica en madera	65
Fig. 3.6 Proceso de aplicación de pintura y sellador a la carcasa del equipo de galvanotecnia	66
Fig. 3.7 Proceso de conexión eléctrica en el equipo de galvanotecnia	67
Fig. 3.8 Proceso de conexión para instrumentación del equipo de galvanotecnia	67
Fig. 3.9 Circuito reductor de voltaje e intensidad	68
Fig. 3.10 Características de los potenciómetros multivuelta	69
Fig. 3.11 Circuito regulador de voltaje a 5V y a 12V y controlador del paso de corriente a ganchos catódicos	69
Fig. 3.12 Características del sensor LM35 y su amplificador de señal	70
Fig. 3.13 Circuito amplificador de señal de los sensores Lm35	71
Fig. 3.14 LM358 Integrado Amplificador de señal de temperatura	71
Fig. 3.15 Circuito controlador de relés que permiten la activación de los calefactores de níquel y cromo y la señal sonora.	72

Fig. 3.16 Chip ULN2003A	73
Fig. 3.17 relé o relevador	73
Fig. 3.18 Equipo de Galvanotecnia	74
Fig. 3.19 Switch ojo de cangrejo	75
Fig. 3.20 MENU PRINCIPAL	76
Fig. 3.21 Panel de visualización de desengrase electrolítico	76
Fig. 3.22 VI Indicador desengrase terminado	77
Fig. 3.23 Panel de visualización de composición y condiciones de operación de soluciones electrolíticas	77
Fig. 3.24 Panel de visualización de proceso electrolítico	78
Fig. 3.25 VI Indicador de deposición terminada	78
Fig. 3.26 VI Indicador de temperatura adecuada alcanzada	79
Fig. 4.1 Etapas del proceso de recubrimiento electrolítico y su impacto ambiental	83
Fig. 4.2 Formas de riesgo químico para la salud	83

## ÍNDICE

Portada.	I
Índice.	II
Agradecimiento.	IV
Certificación.	V
Autoría	VI
Dedicatoria.	VII
Glosario.	VIII
Resumen	XV
Simbología	XVI
CAPITULO I	
ESTADO DEL ARTE:	1
Introducción.	1
Situación internacional, nacional y local.	3
Galvanotecnia	3
Explicación del fenómeno de electrolisis desde el punto de vista químico aplicado al zinc.	7
Instrumentación virtual:	9
La electrodeposición:	11
La instalación de electrodeposición.	15
Fórmulas para las soluciones.	17
Preparación de superficies	25
Desengrase	25
Fuentes de corriente eléctrica a baja tensión	26
Rectificadores:	26
Transformador	29
Cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia	31
Diodo 1N1188 Hoja de datos.	36
Dispositivos utilizados como complemento para la automatización del equipo de galvanotecnia.	36
CAPITULO II	
DISEÑO DEL EQUIPO DE GALVANOTECNIA.	40
Diseño Eléctrico.	40
Diseño Mecánico.	47
Esquema de Instrumentación	50
Diseño de programación en LabVIEW	50
CAPITULO III.	
CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS:	63
Descripción de la construcción del equipo de galvanotecnia	63

Mecánico:	63
Eléctrico:	66
Instrumentación:	68
Proceso de manejo del equipo de galvanotecnia	74

#### CAPITULO IV.

ANALISIS ECONÓMICO Y AMBIENTAL	81
--------------------------------	----

Resultados:	86
Discusión	97
Conclusiones:	98
Recomendaciones	99
Bibliografía	100
Índice de tablas	102
Índice de figuras	103
Anexos.	106

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestros padres por su apoyo incondicional.

Agradecemos sinceramente la colaboración de:

Ing. Carlos Espitia. **DIRECTOR  
GENERAL DE LA EMPRESA  
CROMO DURO GUAYAQUIL.**

Ing. Francisco Aleaga. **DOCENTE  
DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA.**

Ing. Richard Quinche e Ing. Carlos  
Quinche. **PROPIETARIOS DE  
LA ELECTRÓNICA  
MEGACHIP LOJA.**

## CERTIFICACIÓN

**Ing. LEONEL FRANCISCO ALEAGA LOAIZA**, Director de Tesis, cuyo tema versa en “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE GALVANOTECNIA BASADO EN INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL, UTILIZANDO LA TÉCNICA DE CORRIENTE DIRECTA DE DEPOSICIÓN**” de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja, a petición de la parte interesada;

### CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por los señores egresados: Marvin Xavier Araque Idrovo y Fredy Rodrigo Castro Reyes, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Noviembre del 2010

.....

**Ing. Leonel Francisco Aleaga Loaiza.**

DIRECTOR DE TESIS.

## AUTORÍA

Este trabajo de investigación y aplicación tecnológica así como todos los criterios emitidos en la presente tesis denominada: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE GALVANOTECNIA BASADO EN INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL, UTILIZANDO LA TÉCNICA DE CORRIENTE DIRECTA DE DEPOSICIÓN**, son responsabilidad exclusiva de los autores que firman a continuación.

.....  
**Marvin Xavier Araque Idrovo.**  
Egdo. Ingeniería Electromecánica.

.....  
**Fredy Rodrigo Castro Reyes.**  
Egdo. Ingeniería Electromecánica.

## DEDICATORIA

Le dedico el presente trabajo primeramente a Dios, por abrirme las puertas que realmente debía cruzar, protegiéndome y cuidándome para que si tropezara, poderme levantar, a mis padres Fredi y Marianela por ser fuente inspiradora de trabajo y fortaleza, a mis hermanos Ivanova y Kevin para que sigan mi ejemplo, a mis familiares y amigos que se vieron afanosos en mi avance hacia un peldaño más de mi vida profesional.

*Marvin Xavier Araque:*

El presente trabajo está dedicado:

A Dios que me dio la oportunidad de vivir y por regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, aquí está lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.

A mis hermanas Mayra y Gabriela gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, las quiero mucho.

A Verónica por ser siempre mi apoyo y ayudarme cada día a ser una mejor persona.

A todos mis familiares y amigos que ayudaron a que todo esto sea posible.

*Fredy Rodrigo.*

## GLOSARIO

### A

**Acabado (en el sentido de tratamiento de superficies):**

Operación de fin de tratamiento químico, electroquímico o por cualquier otro medio, destinado a conferir un aspecto particular a la pieza tratada.

**Adherencia (de un depósito):**

Es la propiedad de un depósito de permanecer ligado a la superficie sobre la que ha sido depositado, a pesar de los esfuerzos hechos por separarlo.

**Amperio A:**

Unidad de intensidad de corriente: un amperio es la intensidad de corriente cuyo paso a través de una solución conveniente de plata provoca por segundo el depósito de 1,118 mg de plata, bajo condición de que el rendimiento catódico del electrolito sea del 100%.

**Amperímetros:**

Aparato que sirve para medir el número de amperios de una corriente eléctrica.

**Ánodos:**

Electrodo positivo, en donde se descargan los iones negativos.

### B

**Baño electrolítico:**

Término impropio que significa solución o electrolito.

**Bar:**

Unidad de presión utilizada para medir la presión de un fluido.

**Bit(dígito binario):**

Un bit es un dígito del sistema de numeración binario.

Mientras que en el sistema de numeración decimal se usan diez dígitos, en el binario se usan sólo dos dígitos, el 0 y el 1. Un bit o dígito binario puede representar uno de esos dos valores, **0** ó **1**. El bit es la unidad mínima de información, con él, podemos representar dos valores cuales quiera, como verdadero o falso, abierto o cerrado, blanco o negro, norte o sur, masculino o femenino, rojo o azul, etc.

### C

**Calefactores:**

Aparato eléctrico que sirve para calentar una solución.

**Calor específico de un cuerpo:**

Es la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centígrado un Kg de este cuerpo (generalmente se indica a que temperatura se ha hecho la medida). Símbolo “Cp”

**Caloría:**

Cantidad de calor requerida para aumentar la temperatura de un Kg de agua en un grado centígrado. Igual a 1000 calorías pequeñas = 0,001 termias. Símbolo “Kcal”

**Campo electrolítico:**

Es la porción de electrolito situada entre los dos electrodos de sentidos opuestos atravesadas por una corriente eléctrica continua preferentemente.

**Capa:**

Sustancia aplicada sobre otra.

**Catómetro:** Aparato que permite medir la densidad de corriente catódica.

**Catosfera:**

Variedad de Catómetro, en la cual la medida se efectúa sobre una esfera pulida de 1 dm<sup>2</sup>

**Célula electrolítica:**

Es el conjunto constituido por un continente inerte químicamente y eléctricamente, un electrolito y los dos electrodos ánodo y cátodo, que pueden estar eventualmente divididos.

**Corriente electrolítica:**

Cantidad de corriente que atraviesa una célula electrolítica.

**Cátodos:**

Electrodo negativo, en donde se descargan los iones positivos.

**Cobreado:**

Operación que consiste en depositar una capa de cobre sobre una superficie.

**Cromado:**

Término general que designa todo proceso de formación de un revestimiento metálico de cromo sobre una superficie.

**Culombio:**

Cantidad de corriente eléctrica producida por un amperio durante un segundo, dicho de otra forma y volviendo a la definición de amperio, cantidad de corriente que depositará 1,118 mg de plata por su paso en una solución adecuada de sal de plata, considerando que el rendimiento catódico del electrolito sea del 100%.

$$C \text{ culombios} = I \text{ amperios} \times T \text{ segundos}$$

## D

**Decapar (un metal):**

Efectuar una acción que tiene por fin limpiar una superficie metálica desembarazándola de los óxidos metálicos que la cubren.

**Densidad de corriente electrolítica:**

Cantidad de corriente por unidad de superficie determinada que atraviesa un punto o lugar determinado de un electrodo.

**Depósito electrolítico o electrodeposito:**

Capa obtenida por vía electrolítica.

**Desengrasar (un metal):**

Efectuar una acción que tiene por fin limpiar una superficie metálica desembarazándola de las grasas que la recubren.

**Desoxidar:**

Acción de quitar el óxido de una superficie de hierro.

**Diodo:**

Conjunto que no permite pasar más que en un sentido la corriente eléctrica alterna.

**Dispositivos DAQ:**

Hardware de adquisición de datos.

## E

**Electrodeposición:** Es el proceso que permite a una sustancia depositarse sobre un electrodo gracias a un fenómeno de electrolisis.

**Electrodepositos:**

Es el depósito catódico obtenido por el paso de la corriente eléctrica en una célula electrolítica.

**Electrodo:**

Sustancia conductora a través de la cual entra o sale la corriente eléctrica en una célula electrolítica, y a nivel de la cual los iones pierden su carga eléctrica.

**Electrólisis:**

Es la operación que permite una modificación química por el paso de corriente eléctrica a través de un electrolito.

**Electrolito:**

Solución que contiene un cuerpo ionizado.

**Enjuague:**

Pasar por agua lo que ha sido sometido a corriente.

**Entradas analógicas:**

Entradas representadas mediante variables continuas, análogas a las magnitudes correspondientes.

**Entradas digitales:**

Entradas referentes a los números dígitos y en particular a los instrumentos de medida que la expresan con ellos.

**F****FPGA:**

Es un dispositivo semiconductor que contiene bloques de lógica, cuya interconexión y funcionalidad se puede programar. La lógica programable puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinacional hasta complejos sistemas en un chip.

**G****Galvanizado:**

Acción de depositar zinc, generalmente sobre una aleación de hierro

**Galvanoplastia:**

Operación por la cual se deposita sobre un objeto cualquiera una capa de metal, gracias a la electrolisis de una solución que contiene una sal de este metal.

**Galvanostegia:**

Industria de la galvanización.

**J****Joule (Ley de):**

Determina la producción de calor en un circuito eléctrico en función de su resistencia, de la intensidad y del tiempo; se define:  $JQ = r I^2 t$

Julios calor = resistencia del circuito eléctrico en ohmios x intensidad que atraviesa el circuito en amperios x tiempo en segundos.

## L

### **Labview:**

Entorno de desarrollo gráfico con funciones integradas, que permite realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentación de datos.

### **Latonado:**

Término general, que designa todo proceso de formación de un revestimiento metálico de latón sobre una superficie.

## M

### **Mate (Aspecto, electrodeposito, depósito, decapado)**

Falta de brillo, esté o no pulida la superficie subyacente.

### **Metal:**

Elemento químico generalmente dotado de un brillo particular, llamado brillo metálico, que conduce el calor y electricidad.

## N

### **Niquelado:**

Término general, que designa todo proceso de formación de un revestimiento metálico de níquel sobre una superficie.

## O

### **Ohmio:**

Unidad de resistencia eléctrica, se escribe  $\Omega$

### **Oxidación:**

Acción de oxidar, es decir, una operación en la cual se combinan ciertos metales y metaloides con el oxígeno.

### **Óxido:**

Compuesto oxigenado de un metal o de un metaloide.

## P

### **Puerta lógica:**

O compuerta lógica, es un dispositivo electrónico que es la expresión física de un operador booleano en la lógica de conmutación. Cada puerta lógica consiste en una red de dispositivos interruptores que cumple las condiciones booleanas para el operador particular. Son esencialmente circuitos de conmutación integrados en un chip.

En electricidad y electrónica, las leyes del álgebra de Boole y de la lógica binaria, pueden estudiarse mediante circuitos de conmutación. Un circuito de conmutación estará compuesto por una serie de contactos que representarán las variables lógicas de entrada y una o varias cargas que representarán las variables lógicas o funciones de salida.

## R

### **Rectificador de corriente (eléctrica):**

Aparato eléctrico que recibe corriente alterna y suministra corriente continua gracias al empleo de células rectificadoras, o diodos, que tienen la característica de no permitir el paso de la corriente más que en un solo sentido.

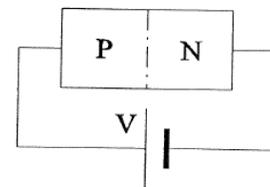
## S

### **Semiconductores y unión p-n polarizada directamente.**

Dos tipos de portadores de corriente:

Electrones (n): carga negativa

Huecos (p): carga positiva



**Polarización en directo**

**Sistema combinacional:** O lógica combinacional es todo sistema digital en el que sus salidas son función exclusiva del valor de sus entradas en un momento dado, sin que intervengan en ningún caso estas dos anteriores de las entradas o de las salidas. Las funciones (OR,AND,NAND,XOR) son booleanas (de Boole) donde cada función se puede representar en una tabla de la verdad. Por tanto, carecen de memoria y de retroalimentación.

**T****Tensión de descomposición:**

Diferencia de potencial mínima necesaria para que se descarguen los primeros iones sobre los electrodos.

**Tensión interna (electrodepositos):**

Se conoce como tensión interna a las fuerzas que aparecen en un electrodeposito y que se concretan por fuerzas.

- Tensiones de contracción
- Tensiones de dilatación

Cuando las tensiones internas son importantes, y pueden ser considerables, perjudican la calidad del depósito electrolítico: el tiempo o la acción de factores o de influencia externas, pueden llevarles a crear en la superficie, o en su interior, ampollas, fisuras, incluso separarse de la superficie subyacente y anular la adherencia.

**Termómetros:**

Instrumento que sirve para medir la temperatura.

**Tratamiento electrolítico:**

Tratamiento que tiene por fin la modificación química de la superficie del metal base.

**V**

**Voltímetros:** Aparato que se emplea para medir potenciales eléctricos.

**Z**

**Zincado electrolítico:** Electrodeposición de zinc, los productos así revestidos se denominan electrozincados.

## **RESUMEN**

El presente Proyecto de Tesis, tiene la finalidad de “DISEÑAR Y CONSTRUIR UN EQUIPO DE GALVANOTECNIA UTILIZANDO LA TÉCNICA DE CORRIENTE DIRECTA DE DEPOSICIÓN”, misma que permite contribuir en la formación teórica práctica de los estudiantes del Área de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

La Máquina presentada en este proyecto, consta de tres partes fundamentales: La parte mecánica o estructural, la eléctrica, y la parte de instrumentación virtual.

En esta tesis se utiliza el software LabVIEW como herramienta para la adquisición de los valores de voltaje, intensidad y temperaturas de las soluciones durante el proceso de electrodeposición, también realiza el control de calefactores que mantienen las soluciones de níquel y cromo duro a una temperatura idónea de trabajo.

## **SUMMARY**

The present Thesis Project has the purpose to “DESIGN AND BUILD A GALVANOTECHNIA EQUIPMENT USING THE DIRECT FLUID OF DEPOSITION TECHNIQUE”, which allows us to contribute in the theoretical and practical students training of the Energy, Industries and Non-Renewable Resources Area of National University of Loja.

The presented machine in this project has three basic components: mechanical or structural part, the electrical one and virtual implementation.

In this thesis the LabVIEW software is used as tool for acquisition of voltage, intensity and temperature values of the solutions during the electrodepositing process, and it also controls the heating utensils which maintain the solutions of nickel and hard chromium to a suitable temperature to work.

**SIMBOLOGÍA:**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>
Calor específico de la solución $C_p$	Kcal/Kg °C.
Carga eléctrica	Coulombio (C)
Densidad de la solución (D)	$g/cm^3$
Densidad de corriente	Amperio por decímetro cuadrado ( $\frac{A}{dm^2}$ )
Diferencia de potencial	Voltio (V)
Espesor del electrodeposito	Micras $\mu$
Frecuencia	Hertz (Hz)
Inducción Magnética	Gauss ( $\frac{Weber}{A \times m}$ )
Intensidad de corriente	Amperio (A)
Número de Kcal (Q)	Kcal
Perdidas en chapa de hierro silicio ( $\alpha$ )	Watt por Kilo
Peso de electrodeposito	Miligramos (mg)
Potencia útil del transformador	Watts (W ó $\frac{J}{s}$ )
Sección del núcleo del transformador (S)	$cm^2$
Temperatura (T); Temperatura inicial ( $T_0$ ) Temperatura a alcanzar ( $T_1$ )	Grados centígrados (°C)
Tiempo	Minutos o segundos (min o s)
Trabajo	Joule (J)

# 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES ELECTROLITOS PARA ELECTRODEPOSITOS<sup>1</sup>

Electrolito para electrodeposito	Temperatura habitual	pH	Contenido metal g/l	refrigeración	filtrado	Agitación		Densidad de corriente A/dm <sup>2</sup>	Relación litro/amperio	Poder de		Inversión periódica	Rendimiento %	
						Catódica	Aire			penetración	repartición		anódico	catódico
<b>Plateado</b>	15/25	12,0	25/60		+	+		0,2/10	0,1 a 0,4/1	TB	TB	+/-	100	100
<b>Cadmio</b>	15/25		25/45	+/-	\+			1,0/2,5	2/1	TB	B		100	90/95
<b>Cromado: Decorativo</b> <b>DuroSO<sub>4</sub></b> <b>Duro fluosilicato</b>	20/55 40/60 40/60		250/400 <sup>(1)</sup> 250/300 <sup>(1)</sup> 250/300 <sup>(1)</sup>	+/- +/-					0,7/1 0,7/1 0,7/1	F F Mo	Ma Ma Ma			12/18 15/22 18/28
<b>Cobre: Cianurado</b> <b>Ácido sulfato</b> <b>Pirofosfato</b> <b>Fluoborato</b>	15/50 15/60 30 25/50	12/12,8 8,5/8,9 0,2/1,0	15/50 35/65 20/30 60/130		+ \+ + +	+ + + +	+ + +	1 a 6 ≤20 4 a 6 ≤50	0,4 a 1/1 1/1 2/1 1/1	B AB TB	B B B	+	90 100 100 100	60 100 100 100
<b>Estaño: Sulfato</b> <b>Fluoborato</b> <b>Estannato</b>	15/30 20/40 60/80	0,2/0,5	10/35 80 30/50		+	+	+	1 a 5 3 a 15 ≤6	0,5/1 1/1 a 2/1 1/1	TB B TB	B B B		100 60/80	100 60/80
<b>Níquel: Sulfato mate</b> <b>Sulfato brillante</b> <b>Sulfamato</b>	15/60 40/60 30/70	4,2/5 4,2/4,6 3/5	30/60 50/60 60/90		+ + +	+ + +	+ + +	0,5 a 5 3 a 6 3 a 22	0,5/1 0,5/1 0,5/1	B B B	Mo Mo Mo		90/98 90/98 90/98	90/95 90/95 90/95
<b>Oro</b>	50/70	11,8	1/8		\+	+		0,5 a 3	3/1	B	B			60/98
<b>Rodio</b>	40/50	Eleve	2/6			+			0,1/1	B	B			
<b>Zinc: Cianurado</b> <b>Ácido sulfato</b> <b>Ácido Fluoborato</b>	15/25 <sup>(2)</sup> 20/40	12/12,5 3,5/4,0	25/45 60/80	+	\+ \+ +	+ + +		2 a 5 2 a 10 ≤85	3/1 2/1 2/1	B Ma B	B Ma B		90/100	85/95

<sup>1</sup> J. GLAYMAN.; G FARKAS. Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Séptima edición Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. 1969. Tabla 16, pág.26

**2. TABLA DE VALORES TEORICOS Y PRACTICOS DE LOS PESOS Y ESPEORES DE ELECTRODEPOSITOS DE NIQUEL EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE Y DEL TIEMPO<sup>2</sup>**

	VALORES TEORICOS RENDIMIENTOS CATODICOS 100%										VALORES PRACTICOS RENDIMIENTOS CATODICOS 100%									
	Espesores medios en micras					Peso en miligramos por dm <sup>2</sup> (mg/dm <sup>2</sup> )					Espesores en micras					Peso en miligramos por dm <sup>2</sup> (mg/dm <sup>2</sup> )				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Densidad de corriente A/dm <sup>2</sup>																				
Tiempo en minutos																				
1	0,21	0,41	0,62	0,82	1,03	18,2	36,5	54,7	73,0	91,2	0,19	0,37	0,56	0,74	0,93	16,4	32,9	49,2	65,7	82,1
2	0,41	0,82	1,23	1,64	2,05	36,5	73,0	109,5	146,0	182,5	0,37	0,74	1,11	1,48	1,85	32,9	65,7	98,5	131,4	164,2
3	0,62	1,23	1,85	2,46	3,08	54,7	109,5	164,2	218,9	273,7	0,56	1,11	1,67	2,21	2,77	49,2	98,5	147,8	197,0	246,3
4	0,82	1,64	2,46	3,28	4,10	73,0	146,0	218,9	291,9	364,9	0,74	1,48	2,21	2,95	3,69	65,7	131,4	197,0	262,7	328,4
5	1,03	2,05	3,08	4,10	5,13	91,2	182,5	273,7	364,9	456,1	0,93	1,85	2,77	3,69	4,62	82,1	164,2	246,3	328,4	410,5
6	1,23	2,46	3,69	4,92	6,15	109,5	218,9	328,4	437,9	547,4	1,11	2,21	3,32	4,42	5,54	98,5	197,0	295,5	394,1	492,6
7	1,44	2,87	4,31	5,74	7,18	127,7	255,4	383,2	510,9	638,6	1,30	2,58	3,88	5,17	6,46	114,9	229,9	344,7	459,8	574,7
8	1,64	3,28	4,92	6,56	8,20	146,0	291,9	437,9	583,9	729,8	1,48	2,95	4,43	5,91	7,38	131,4	262,8	394,1	525,6	656,8
9	1,85	3,69	5,54	7,38	9,23	164,2	328,4	492,6	656,8	821,1	1,67	3,32	4,99	6,64	8,31	147,8	295,5	443,3	591,2	739,0
10	2,05	4,10	6,15	8,20	10,25	182,5	364,9	547,4	729,8	912,3	1,85	3,69	5,54	7,38	9,23	164,2	328,4	492,6	656,8	821,1

<sup>2</sup> J. GLAYMAN.; G FARKAS. Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Séptima edición Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. 1969. Tabla 24. Págs. 32-33

**3. PESOS DE LOS ELECTRODEPOSITOS HABITUALES EN FUNCION DE LOS ESPESORES DE 1 A 10 MICRAS, CALCULADOS EN LIMIGRAMOS POR  $\text{dm}^2$  ( $\text{mg}/\text{dm}^2$ )<sup>3</sup>**

ELECTRODEÓSITO	PLATA	CADMIO	CROMO	COBRE	ESTAÑO	LATÓN	NIQUEL	ORO	RODIO	ZINC
Esesores en micras										
1	105,0	86,4	69,0	89,3	72,8	84,0	89,0	193,0	124,4	72,8
2	210,0	172,8	138,0	178,6	145,6	168,0	178,0	386,0	248,8	145,6
3	315,0	259,2	207,0	267,9	218,4	252,0	267,0	579,0	373,2	218,4
4	420,0	345,6	276,0	357,2	291,2	336,0	356,0	772,0	497,6	291,2
5	525,0	432,0	345,0	446,5	364,0	420,0	445,0	965,0	622,0	364,0
6	630,0	518,4	414,0	535,8	436,8	504,0	534,0	1158,0	746,4	436,8
7	735,0	604,8	483,0	625,1	509,6	588,0	623,0	1351,0	870,8	509,6
8	840,0	691,2	552,0	714,4	582,4	672,0	712,0	1544,0	995,2	582,4
9	945,0	777,6	621,0	803,7	655,2	756,0	801,0	1737,0	1119,6	655,2
10	1050,0	864,0	690,0	893,0	728,0	840,0	890,0	1930,0	1244,0	728,8
La densidad del metal es la misma que la del electrodeposito.										

<sup>3</sup> J. GLAYMAN.; G FARKAS. Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Séptima edición Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. 1969. Tabla 19. Pág. 55

#### 4. METODOS DE PREDESENGRASE<sup>4</sup>

MEDIO DE DESENGRASE	NOMBRE DE LA TECNICA DE DESENGRASE	PRODUCTOS UTILIZADOS	METODO DE APLICACIÓN
<b>FISICO - QUIMICOS</b>	Con hidrocarburos	Benceno, White spirit, petróleo	Inmersión y frotado
	Con disolventes clorados	Tricloretileno Percloretileno	Inmersión: En frio En caliente Al vapor Mixta: Inmersión al caliente al vapor
<b>QUIMICO</b>	Disolventes emulsionables Emulsión	A mezclar a los hidrocarburos	
	Disolventes en dos fases	Eliminación de grasas adherentes. Generalmente templada	Inmersión, seguido de un enjuague con o sin precisión.
	Desengrase alcalino: sosa ÷ sales alcalinas ÷ surfactantes	Generalmente caliente	
<b>MECANICO</b>	Al tampón	Badana, etc...	Pulidora manual
	En bombo	Agentes de desgaste superficial, esmeril, piedras, chips diversos, etc. adicionadas o no de soluciones acuosas diversas	Bombos rotativos Vibradores
<b>TÉRMICO</b>	Quemado	Llama	Al soplete

<sup>4</sup> J. GLAYMAN.; G FARKAS. Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Séptima edición Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. 1969. Tabla 30, pág. 70



## 6. ACCESORIOS DE SERVICIO DE LAS CUBAS DE INSTALACIONES DE GALVANOPLASTIA<sup>6</sup>

Operación	Calentamiento regulación	Aspiración (Materiales)	Inversión de polaridad		Equipo electrolítico	Agitación			refrigeración	filtrado	LLEGADA DE AGUA			Vaciado		
			periódica	manual		catódica	Por aire	Por bomba			Por válvula de agua		Por pulverización	Por válvula		
											Ordinaria	desmineralizada				
Desengrase electrolítico		Chapa de acero dulce		+	+						+					
Decapado electrolítico		Plástico			+		+				+					
Cobreado Cianurado	+	Chapa de acero dulce	+		+	+			+		+					
Cobreado ácido	±	<b>Plástico</b>			+	+			+			+				
Niquelado brillante o mate	+					+	+		+							
Cromado ácido sulfúrico	+	Chapa de acero dulce			+						+					
Cromado fluosilícico	} decorativo	Chapa de acero dulce			+						+					
Cromado Idem..... duro		Chapa de acero dulce		+	+				±	±		+				
Cadmiado		<b>Chapa de acero dulce</b>			+											
Zincado		<b>Chapa de acero dulce</b>			+				+							
Plateado	±		±		+	+				+		+				
Dorado, rodiado	+				+	+				±		+				
Enjuague frío												+				+
Enjuague caliente												+				+
Electrolitos de Fluoborato	+	<b>Inox 18/8</b>									+					+
Oxidación anódica del aluminio		Plástico			+	+				+						+
Baños sulfúricos		<b>Plástico</b>			+	+					+					
Baños crómicos	+		Chapa de acero dulce			+	+	+			+					
Coloración	+	<b>Inox 18/8</b>														+
Fijado	+	<b>Inox 18/8</b>														+
Decapado químico clorhídrico		Plástico									+					+
Decapado químico sulfúrico	±	Plástico									+					+
Decapado químico nítrico		Plástico									+					+

(<sup>1</sup>) La pulverización se alimentará con agua desmineralizada cuando el enjuague este situado antes de una operación alimentada con agua desmineralizada.  
Los signos subrayados o las palabras en negrilla significan "a veces".

<sup>6</sup> J. GLAYMAN.; G FARKAS. Galvanotecnia, Técnica y Procedimiento. Séptima edición Editorial Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona - España. 1969. Tabla 74, pág.178

## 7. CARACTERÍSTICAS PARA EL CÁLCULO DE TRANSFORMADORES<sup>7</sup>

AWG	Diam. mm	Area mm <sup>2</sup>	AWG	Diam. mm	Area mm <sup>2</sup>
1	7.35	42.40	16	1.29	1.31
2	6.54	33.60	17	1.15	1.04
3	5.86	27.00	18	1.024	0.823
4	5.19	21.20	19	0.912	0.653
5	4.62	16.80	20	0.812	0.519
6	4.11	13.30	21	0.723	0.412
7	3.67	10.60	22	0.644	0.325
8	3.26	8.35	23	0.573	0.259
9	2.91	6.62	24	0.511	0.205
10	2.59	5.27	25	0.455	0.163
11	2.30	4.15	26	0.405	0.128
12	2.05	3.31	27	0.361	0.102
13	1.83	2.63	28	0.321	0.0804
14	1.63	2.08	29	0.286	0.0646
15	1.45	1.65	30	0.255	0.0503

<sup>7</sup> <http://www.scribd.com/doc/3191697/Calculo-de-transformadores>. Informe sobre el cálculo simplificado de transformadores de pequeña potencia. Autor: Ingeniero Electricista Rivas Rolando Roberto.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 1

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 21- 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Manejo de la corriente catódica y anódica utilizadas en el proceso electrolítico.

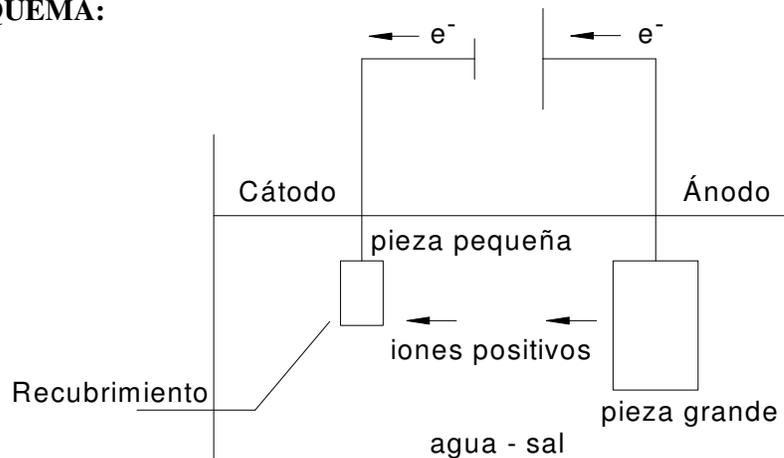
**2. OBJETIVO:**

➤ Facilitar el manejo de las corrientes anódica y catódica para agilizar el proceso de electrodeposición.

**3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
1	Recipiente plástico
n	Agua
n	Sal
1	Pieza metálica grande
1	Pieza metálica pequeña

**4. ESQUEMA:**



## 5. PROCEDIMIENTO:

- a. En un recipiente de plástico se mezcla agua con un poco de sal
- b. La corriente anódica del equipo de galvanotecnia se conecta a la pieza grande que va actuar a manera de ánodo en la práctica.
- c. La corriente catódica del equipo se conecta a la pieza pequeña que va a actuar a manera del elemento, al cual se pretende depositar la sustancia de la que está hecha el ánodo.
- d. Abrir la pantalla de menú inicio ubicada en el escritorio del computador, pulsar cobre alcalino y visualizar la pantalla de desengrase electrolítico
- e. Se hace variar el voltaje en parámetros distintos con el variac y se puede observar en la pantalla del desengrase electrolítico el comportamiento del voltaje y la intensidad en un determinado tiempo, luego de pulsar el botón de inicio.

## 6. RESULTADOS:

N°	T( °C)	Tiempo ( s)	VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	OBSERVACIONES
1	21	3	5	0,16	-----
2	22.7	5	10	0,373	Burbujeo cátodo
3	22.7	10	15	0,733	Burbujeo intenso en el cátodo

## 7. SISTEMA CATEGORIAL

**Corriente catódica:** Es la cantidad de corriente que atraviesa un cátodo de una superficie de un  $\text{dm}^2$  y definida por una superficie lo más próxima a la ideal.

**Corriente anódica:** Corriente que atraviesa uno o más ánodos

**Ánodo:** Electrodo positivo, en donde se descargan los iones negativos.

**Cátodo:** Electrodo negativo, en donde se descargan los iones positivos.

## 8. PREGUNTAS DE CONTROL:

- a. ¿Qué sucede con el agua sal al variar los voltajes en distintos periodos de tiempo? Explique el resultado.

El agua sal actúa como conductor de iones positivos de la pieza grande a la pequeña, al variar los voltajes el proceso solo se agiliza.

**b. ¿Qué pasa con la intensidad al variar los voltajes en distintos periodos de tiempo?**

La intensidad aumenta con proporcionalidad directa al tiempo y al voltaje.

**c. Que sucede con la pieza metálica pequeña.**

Es la que recibe los iones positivos, evidenciados en la práctica por medio de burbujas que se vuelven intensas a medida que aumenta el voltaje y el tiempo.

**d. Que sucedería si se cambian las posiciones de las piezas metálicas.**

Se invertirían las funciones, la pieza pequeña actuaría como ánodo y la pieza grande como cátodo, la pieza grande sería la que recibiría los iones positivos de la pieza pequeña.

**9. CONCLUSIONES:**

- La intensidad aumenta en proporcionalidad directa con el tiempo y el voltaje.
- La corriente anódica, es la que permite liberar los iones positivos del ánodo y enviarlos hacia el cátodo, que por estar cargado negativamente a causa de la corriente catódica, atrae a los mismos, quedando la pieza con un recubrimiento superficial distinto al que tenía inicialmente.
- En caso de que la pieza que actúa como ánodo este oxidada, se forma cloruro ferroso en la pieza que actúa como cátodo, y el sodio queda en el agua dando una apariencia verdosa.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

Identificación:

Práctica N: 2

Autores: Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

Fecha: 21 - 07 - 2010

Director: Ing. Francisco Aleaga

1. **TEMA:** Aplicación de desoxidante por inmersión y desengrase electrolítico

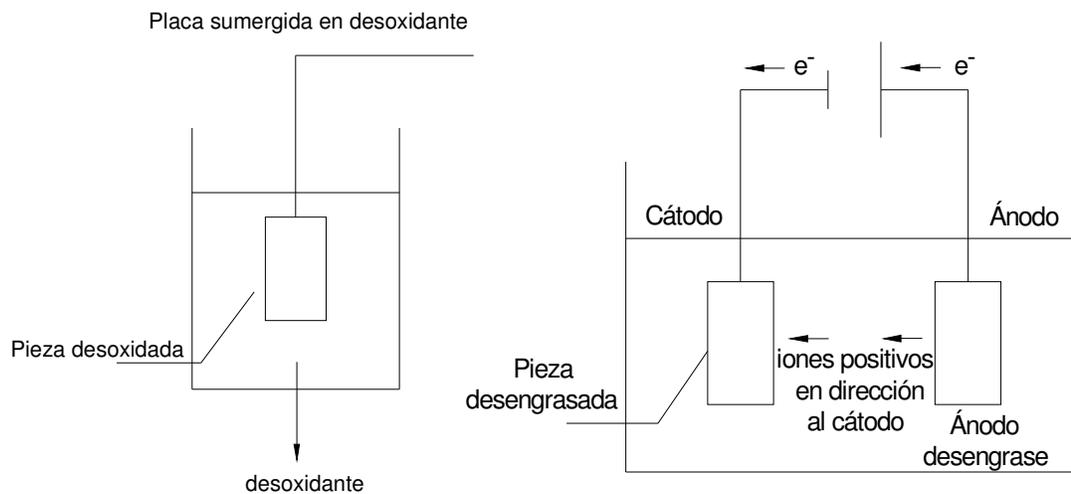
2. **OBJETIVOS:**

- Lograr desoxidar correctamente una pieza metálica.
- Observar el comportamiento de la intensidad al aplicar el desengrase electrolítico.

3. **MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
n	Placas de metal de 5 x 5 cm; espesor 1mm
n	desoxidante
n	desengrase
1	Placa metálica (ánodo de desengrase)

4. **ESQUEMA:**



## 5. PROCEDIMIENTO:

- a. Se sumerge la pieza oxidada en el desoxidante por un tiempo prudente y luego se la sumerge en el enjuague correspondiente al desoxidante.
- b. Se abre la pantalla de menú principal ubicada en el escritorio del computador, se selecciona cobre alcalino y se visualiza la pantalla de desengrase.
- c. En el envase de desengrase electrolítico, se coloca el ánodo de desengrase, que es una pieza metálica sumergida con el extremo inferior en el desengrase electrolítico y el extremo superior conectado a la corriente anódica.
- d. La pieza a desengrasarse se coloca con el extremo superior conectada a corriente catódica y el inferior sumergida en el desengrase electrolítico frente al ánodo de desengrase.
- e. Se varía el voltaje en distintos tiempos y se observa el valor de la intensidad y su comportamiento en la gráfica de onda.

## 6. RESULTADOS:

N°	T (°C)	t (s)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	22	3	3	0,257	No se visualiza nada en el cátodo
2	22	5	5	0,913	Burbujas pequeñas en cátodo
3	22	10	10	1,82	Burbujas grandes en el cátodo Pieza quemada

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

**Desengrasar (un metal):** Efectuar una acción que tiene por fin limpiar una superficie metálica desembarazándola de las grasas que la recubren.

**Desoxidar:** Acción de quitar el óxido de una superficie de hierro.

**Ion:** Es una partícula cargada constituida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutra. Conceptualmente esto se puede entender como que a partir de un estado neutro, se han ganado o perdido electrones, y este fenómeno se conoce como ionización.

Los iones cargados negativamente, producidos por la ganancia de electrones, se conocen como aniones (que son atraídos por el ánodo) y los cargados positivamente, consecuencia de una pérdida de electrones, se conocen como cationes (los que son atraídos por el cátodo). **Anión:** Tiene carga eléctrica negativa. **Catión:** Tiene carga eléctrica positiva.

## **8. PREGUNTAS DE CONTROL:**

### **a. ¿Cuál es el comportamiento de la intensidad durante el proceso de desengrase electrolítico?**

La intensidad que se visualiza en el chart de corriente, permanece constante, hasta que se regula el voltaje, conforme este aumenta lo hace también la corriente.

### **b. ¿Qué sucede con la grasa que se encuentra en la pieza metálica?**

La composición química del desengrase permite diluir las partículas de grasa que se encuentran en la pieza metálica, aunque cuando es muy abundante, esta queda flotando en la solución, por lo que es conveniente filtrar el desengrase.

### **c. ¿Qué sucedería si el ánodo de la solución está oxidado?**

Se contamina la solución de desengrase, evitando que esta trabaje en condiciones normales, por otro lado la pieza a desengrasar, quedaría cubierta de óxido ferroso.

### **d. ¿Qué sucede cuando la pieza está sometida a más de 10V?**

La pieza se quema, puesto que al aumentar el voltaje, aumenta la intensidad a la que está sometida.

## **9. CONCLUSIONES:**

- El tiempo de desoxidación de las piezas metálicas está en función de la liberación del óxido de las mismas.
- La intensidad de corriente aumenta conforme aumenta el voltaje en periodos distintos.
- Las condiciones idóneas de desengrasado electrolítico se dan a mayor voltaje, mayor intensidad y mayor tiempo, pero no superando el voltaje de 7V porque la pieza se quema.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 3

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 21 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Aplicación de cobre alcalino a piezas metálicas rectangulares.

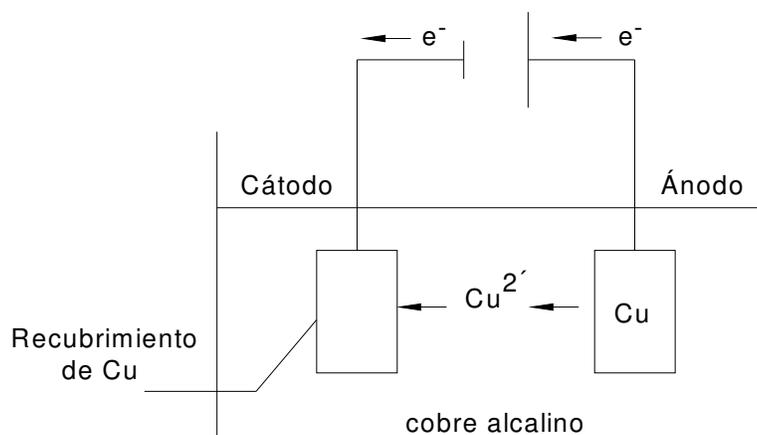
**2. OBJETIVOS:**

➤ Depositar correctamente cobre alcalino sobre una pieza metálica rectangular.

**3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
n	Placas de metal de 5 x 5 cm; espesor 1mm
1	Ánodo de cobre
n	Solución de cobre alcalino
n	Desengrase
1	Placa metálica (ánodo desengrase)

**4. ESQUEMA:**



## 5. PROCEDIMIENTO:

- a. La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b. En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c. Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 5s.
- d. Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e. Se coloca la corriente anódica en el ánodo de cobre, sumergido en la solución de cobre alcalino y la corriente catódica en la pieza metálica sumergida en la misma solución.
- f. Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas luego de aplicar el recubrimiento de cobre alcalino.

## 6. RESULTADOS:

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	18,7	3	3	0,155	Baja calidad de depósito de cobre alcalino
2	18,7	4	4	0,15	Mejor calidad de cobreado
3	18,7	5	5	0,154	Piezas cobreadas exitosamente

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3V}{0,155A} = 19,35\Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{4V}{0,15A} = 26,67\Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{0,154A} = 32,47\Omega$$

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

### Cobreado alcalino:

Operación que consiste en depositar una capa de cobre alcalino sobre una superficie.

### Cobre (Alcalino).

Composición de la solución	g/lit
Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	15
Oxalato de cobre ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )	10
Trietanolamina ( $\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_3$ )	22

### Condiciones de operación.

Temperatura	Ambiente
Densidad de corriente	0.3 – 0.6 A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia de la corriente	Bastante alta
Ánodo	Cobre
Tina	Cubierta de barro o de hule

## 8. PREGUNTAS DE CONTROL:

### a. ¿Qué sucede con el ánodo de cobre al iniciar el proceso electrolítico?

El ánodo se oxida a causa de los aniones atraídos por el ánodo de cobre, que se evidencian en la práctica en forma de partículas azules.

### b. ¿Qué sucede con la intensidad al variar el voltaje en periodos distintos, en el proceso de recubrir la pieza con cobre alcalino?

La intensidad permanece casi constante, puesto que la resistencia aumenta en una constante de  $6,56 \Omega$  independientemente del voltaje que se esté utilizando.

### c. Si la pieza no está correctamente desoxidada y desengrasada. ¿Qué sucede con el recubrimiento de cobre alcalino?

El recubrimiento de cobre alcalino no se adhiere a la pieza y existe el desprendimiento del mismo.

## **9. CONCLUSIONES:**

- Si la pieza no está correctamente desoxidada y desengrasada existe desprendimiento del recubrimiento de cobre alcalino.
- La intensidad de corriente no varía cuantiosamente al aumentar el voltaje y tiempo de recubrimiento con cobre alcalino.
- La calidad del recubrimiento mejora en dirección proporcional al voltaje y tiempo de deposición de cobre alcalino.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 4

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 23 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Aplicación de cobre alcalino a piezas metálicas cilíndricas.

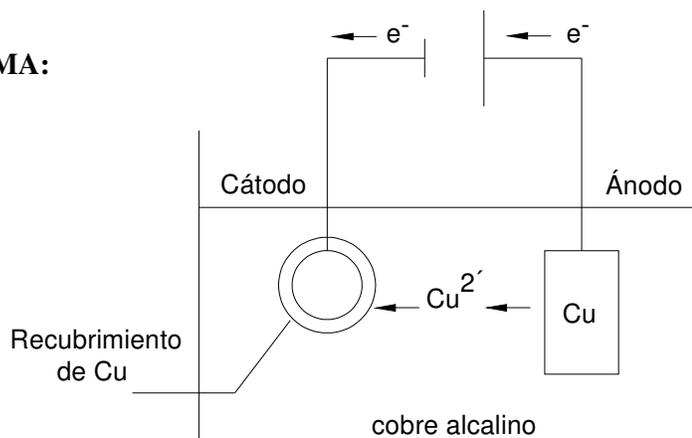
**2. OBJETIVOS:**

- Obtener las condiciones idóneas de voltaje e intensidad, para un mejor acabado de recubrimiento de piezas cilíndricas con cobre alcalino.

**3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
n	Piezas cilíndricas: $\phi$ 2,2 cm; espesor 1,1 cm
1	Ánodo de cobre
n	Solución de cobre alcalino
n	desengrase
1	Placa metálica (ánodo de desengrase)

**4. ESQUEMA:**



## 5. PROCEDIMIENTO:

- a. La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b. En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c. Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 5s.
- d. Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e. Se coloca la corriente anódica en el ánodo de cobre, sumergido en la solución de cobre alcalino y la corriente catódica en la pieza cilíndrica sumergida en la misma solución.
- f. Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas cilíndricas, luego de aplicar el recubrimiento de cobre alcalino.

## 6. RESULTADOS:

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	18,7	3	3	0,152	Baja calidad de depósito de cobre alcalino
2	18,7	4	5	0,154	Mejor calidad de cobreado
3	18,7	5	6	0,15	Piezas cobreadas exitosamente

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

**Cobreado alcalino en piezas cilíndricas:** Operación que consiste en depositar una capa de cobre alcalino sobre una superficie cilíndrica. Las partes convexas de las piezas necesitan de pequeños ánodos de cobre alcalino para recubrirse con mayor precisión.

## **8. PREGUNTAS DE CONTROL:**

### **a. Que sucede con el ánodo de cobre alcalino**

Existe un desprendimiento de partículas de color azul que son los iones negativos oxidando la pieza de cobre.

### **b. ¿Qué sucede con las partes convexas de las piezas cilíndricas?**

No se recubren fácilmente si es que no se colocan en ellas pequeños ánodos de cobre que desprendan iones positivos a las mismas.

### **c. ¿Si la pieza estuviere con abolladuras estas son rellenas por el recubrimiento de cobre?**

No, el recubrimiento de cobre adquiere la forma de la pieza en la que se realiza el recubrimiento de cobre alcalino, es conveniente tomar otras medidas para corregir dichos desperfectos en las piezas.

## **9. CONCLUSIONES:**

- El recubrimiento adquiere la forma de la pieza no la rellena.
- Las partes convexas de las piezas necesitan ánodos pequeños para mejorar la calidad de recubrimiento electrolítico con cobre alcalino.
- La intensidad no varía significativamente al variar el voltaje es distintos tiempos.
- Las condiciones idóneas de recubrimiento con cobre alcalino se dan a mayor voltaje y mayor tiempo.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 5

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 23 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Aplicación de cobre ácido a piezas cilíndricas

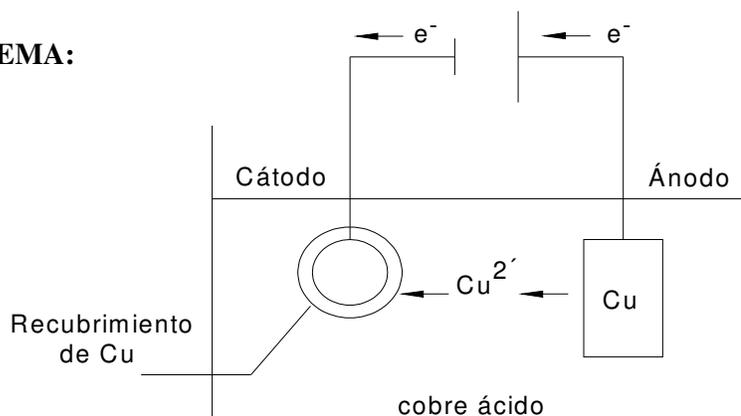
**2. OBJETIVOS:**

➤ Obtener las condiciones idóneas para depósito de cobre ácido por vía electrolítica.

**3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
n	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 2,2 cm; espesor 1,1 cm
2	Ánodo de cobre
n	Solución de cobre alcalino
n	desengrase
1	Placa metálica (ánodo de desengrase)
n	Solución de cobre ácido

**4. ESQUEMA:**



## 5. PROCEDIMIENTO:

- a. La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b. En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c. Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 5s.
- d. Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e. Se recubre la pieza cilíndrica con cobre alcalino a 3 V y 1min.
- f. Pulsamos salir en la pantalla de cobre alcalino, nuevamente salir y seleccionamos cobre ácido del menú principal, pulsamos siguiente en la pantalla de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre ácido
- g. Se coloca la corriente anódica en el ánodo de cobre, sumergido en la solución de cobre ácido y la corriente catódica en la pieza cilíndrica sumergida en la misma solución.
- h. Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas cilíndricas, luego de aplicar el recubrimiento de cobre ácido.

## 6. RESULTADOS:

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	OBSERVACIONES
1	18,4	2	1	0,153	Desprendimiento del recubrimiento de cobre ácido de la pieza cilíndrica
2	18,4	3	2	0,198	Mejor calidad de cobreado ácido
3	18,4	5	3	0,295	Excelente acabado superficial de cobre ácido

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

### Cobre (Acido):

Composición de la solución	g/lt
Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )	200
Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )	50
Fenol	1

Condiciones de operación:	
Temperatura	16 – 50°C
Densidad de la corriente	1 – 20A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia de la corriente	95 – 97%
Voltaje	1 – 3
Ánodos	Cobre puro
Tina	De madera o acero, forradas de plomo o hule.
Agitación	Necesaria para la densidad de corriente alta.
Filtración constante	Conveniente

Esta solución se utiliza para producir depósitos gruesos de cobre. Sin embargo, no puede ser usada sobre acero o sobre piezas con base de cinc fundidas en matriz, debido al contenido elevado de ácido en la solución. También se utilizan para engruesar depósitos hechos sobre acero por medio de la solución de cianuro de cobre o sobre artículos de acero que han sido niquelados previamente.

#### **8. PREGUNTAS DE CONTROL:**

**a. ¿A qué se debe el desprendimiento del depósito de cobre ácido de la pieza cilíndrica?**

En realidad hay varios factores que contribuyen a este fenómeno, el primero es que la pieza no está bien desoxidada, o está mal desengrasada, otro factor es que la solución de cobre alcalino que se coloca previo a esta solución, esté contaminada, o el voltaje y el tiempo es muy bajo y no se adhiere correctamente la solución a la pieza cilíndrica.

**b. ¿Por qué razón la pieza se quema al someterla a más voltaje y mayor tiempo de recubrimiento de cobre ácido?**

Porque al aumentar el voltaje en un periodo de tiempo más extenso, incrementa la intensidad afectando directamente a la pieza, por otro lado las condiciones químicas del cobre ácido influyen en este fenómeno al aumentar la intensidad.

**c. ¿Cuáles son las condiciones idóneas a las que debe recubrirse la pieza con cobre ácido?**

Las condiciones idóneas que se obtuvieron a través de la práctica fueron las siguientes:

T (°C): 18,4

Tiempo: de 1 a 2 min

Voltaje: 3V

## **9. CONCLUSIONES:**

- Entre menor sea el tiempo de cobreado electrolítico y el voltaje no sobrepase los 3V, la pieza cilíndrica no se quema, caso contrario lo hace.
- Cuando la pieza está sometida a bajo voltaje el recubrimiento corre el riesgo de desprenderse de la pieza metálica cilíndrica.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 6

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 23 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Aplicación de níquel (caliente) en piezas metálicas rectangulares de distintos tamaños.

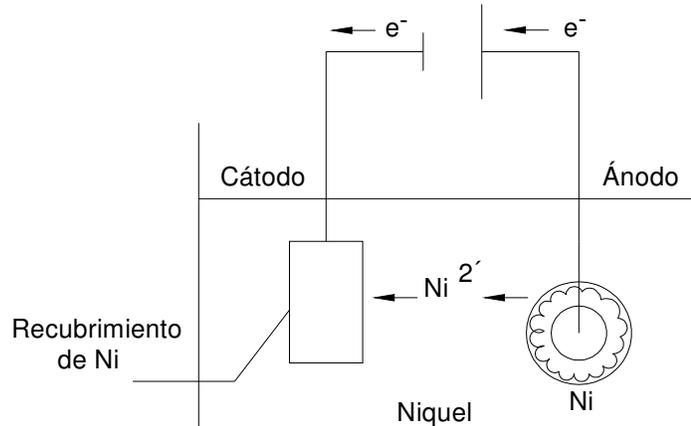
#### **2. OBJETIVOS:**

- Comprobar si influye el tamaño de las piezas metálicas en el recubrimiento con níquel electrolítico.
- Verificar si la temperatura influye en el recubrimiento de níquel por vía electrolítica.

#### **3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
n	Piezas metálicas distintos tamaños
2	Ánodos de cobre
1	Placa metálica (ánodo de desengrase)
n	desengrase
n	Solución cobre alcalino
n	Solución cobre ácido
1	Ánodo de níquel
n	Solución de níquel
1	calefactor

#### 4. ESQUEMA:



#### 5. PROCEDIMIENTO:

- a. La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b. En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c. Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 5s.
- d. Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e. Se recubre la pieza con cobre alcalino a 6 V y 5min.
- f. Volvemos al menú principal y seleccionamos cobre ácido, pulsamos siguiente.
- g. Se recubre la pieza con cobre ácido a 3 V y 2min.
- h. En la pantalla de menú principal seleccionamos níquel, pulsamos siguiente en la pantalla de desengrase y ok para iniciar el proceso de calentado de la solución.
- i. Se calienta la solución con ayuda del calefactor, encendiéndolo con el switch ojo de cangrejo correspondiente para el níquel. Una vez calentada la solución se retira el calefactor y se lo enjuaga.
- j. Se coloca la corriente anódica en el ánodo de níquel, sumergido en la solución de níquel y la corriente catódica en la pieza metálica sumergida en la misma solución.
- k. Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas metálicas, luego de aplicar el recubrimiento de níquel.

## 6. RESULTADOS:

N°	Dimensiones de las piezas (cm)	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	8,2 x 4,7	47	40 s	1	0,151	Bajo recubrimiento de níquel
2	6,7 x 4,6	27	1	3	0,174	Desprendimiento del recubrimiento de níquel
3	8,1 x 4,2	48.1	5	6	0,466	Excelente niquelado

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

**Níquel (Rápido Caliente):** Esta capa es particularmente apropiada para depositar una capa de níquel antes del cromado.

Composición de la solución	g/lt
Sulfato de Níquel ( $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	250
Cloruro de Níquel ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )	37.5
Ácido Bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	25
Fluoruro Sódico (NaF)	12.5

Condiciones de operación:	
Temperatura	30 – 40°C
Densidad de la corriente	1.5 – 3.5A/dm <sup>2</sup>
Rendimiento de la corriente	95%
Voltaje	3
pH	5.2 – 5.8
Ánodos	Níquel 99 – 100%, fundido o laminado
Tina	Forradas de plomo o de hule.
Agitación	Necesaria para altas densidades de corriente.
Filtración constante	Conveniente

## **8. PREGUNTAS DE CONTROL:**

### **a. ¿Influye el tamaño de las piezas rectangulares en la deposición de níquel electrolítico?**

No, porque los iones positivos se depositan sea cual sea el área de recubrimiento, por otro lado el recubrimiento se da de acuerdo a cuan sumergida se encuentre la pieza en la solución de níquel, es decir, si la pieza está totalmente sumergida, se niquela toda el área de la misma, caso contrario solo lo hace el área sumergida en la solución.

### **b. ¿Qué sucede cuando se deposita níquel en una pieza rectangular y la solución no se encuentra a temperatura reglamentaria?**

Si la temperatura es muy baja, existe el riesgo de que se dé el desprendimiento del recubrimiento y si la temperatura es muy alta la pieza puede quemarse.

### **c. ¿Qué sucedería si la intensidad aumenta considerablemente?**

La pieza y el recubrimiento se quemarían dando un mal acabado superficial a la misma.

## **9. CONCLUSIONES:**

- A mayor tiempo, mayor voltaje y mayor temperatura el recubrimiento de níquel es de excelente calidad.
- La intensidad aumenta en dirección proporcional al voltaje, temperatura y tiempo de niquelado electrolítico.
- El recubrimiento de níquel por vía electrolítica es independiente del tamaño de las piezas a tratarse.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:**

7

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

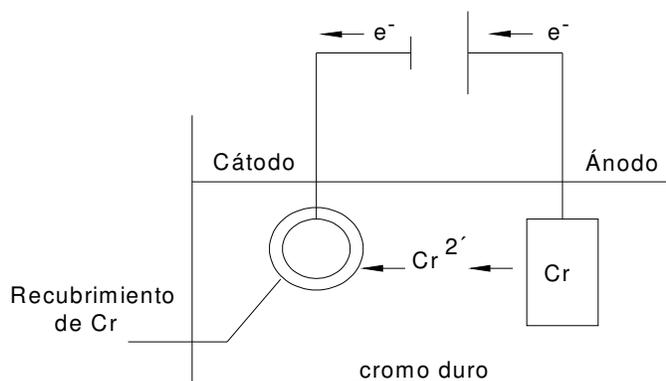
**Fecha:** 29 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

- 1. TEMA:** Aplicación de cromo (caliente) en piezas cilíndricas de diferentes diámetros y espesores
- 2. OBJETIVOS:**
  - Verificar si al cambiar las dimensiones de las piezas cilíndricas, los parámetros de voltaje, intensidad y tiempo tienen influencia sobre el recubrimiento de cromo en caliente.
- 3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
3	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 2,2 cm; espesor 1,1 cm
3	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 1,2 cm; espesor 0,7 cm
1	Ánodo de cromo
n	Solución de cromo duro

**4. ESQUEMA:**



## **5. PROCEDIMIENTO:**

- a.** La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b.** En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c.** Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 5s.
- d.** Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e.** Se recubre la pieza con cobre alcalino a 6 V y 5min.
- f.** Volvemos al menú principal y seleccionamos cobre ácido, pulsamos siguiente.
- g.** Se recubre la pieza con cobre ácido a 3 V y 2min.
- h.** En la pantalla de menú principal seleccionamos níquel, pulsamos siguiente en la pantalla de desengrase y ok para iniciar el proceso de calentado de la solución.
- i.** Se calienta la solución con ayuda del calefactor, encendiéndolo con el switch ojo de cangrejo correspondiente para el níquel. Una vez calentada la solución automáticamente, se retira el calefactor y se lo enjuaga.
- j.** Se recubre la pieza con níquel a una temperatura de 41,5°C, 4V y 2 min.
- k.** En la pantalla de menú principal seleccionamos cromo duro, pulsamos siguiente en la pantalla de desengrase y ok para iniciar el proceso de calentado de la solución.
- l.** Se calienta la solución con ayuda del calefactor, encendiéndolo con el switch ojo de cangrejo correspondiente para el cromo duro. Una vez calentada la solución automáticamente, se retira el calefactor y se lo enjuaga.
- m.** Se coloca la corriente anódica en el ánodo de cromo, sumergido en la solución de cromo duro y la corriente catódica en la pieza cilíndrica sumergida en la misma solución.
- n.** Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas cilíndricas, luego de aplicar el recubrimiento de cromo duro.

## 6. RESULTADOS:

N°	Dimensiones de las piezas (cm)	T (°C)	t (s)	VOLTAJE (V)	INTENSIDAD (A)	OBSERVACIONES
1	ø 2,2 cm; espesor 1,1 cm	42,5	5	2	0,152	Recubrimiento brillante de cromo
2		34,7	40	5	0,782	Baja calidad de cromo, bajo recubrimiento
3		30	1 min	7	0,988	Desprendimiento del recubrimiento de cromo
1	ø 1,2 cm; espesor 0,7 cm	42	5	2	0,153	Acabado brillante por áreas de la pieza, ligeros desprendimientos del recubrimiento.
2		48	40	5	0,153	Mejor recubrimiento de cromo parte interna de la pieza cilíndrica, parte externa quemada.
3		56,8	1 min	7	0,153	Acabado brillante parte interna de la pieza cilíndrica, parte externa quemada.

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

### Cromado Electrolítico:

El cromado es un galvanizado, basado en la electrólisis, por medio del cual se deposita una fina capa de cromo metálico sobre objetos metálicos e incluso sobre material plástico.

El recubrimiento electrolítico con cromo es extensivamente usado en la industria para proteger metales de la corrosión, mejorar su aspecto y sus prestaciones.

El llamado cromo duro son depósitos electrolíticos de espesores relativamente grandes (0,1 mm) que se depositan en piezas que deben soportar grandes esfuerzos de desgaste.

El cromo tiene poco poder de protección, menos aun si las capas que se depositan son tan delgadas como una micra. Por ello las superficies a cubrir deben estar bien pulidas, brillantes y desengrasadas. El cromo se aplica bien sobre el cobre, el níquel y el acero, pero no sobre el zinc o la fundición.

## **8. PREGUNTAS DE CONTROL:**

### **a. ¿Qué sucede con las gráficas de voltaje e intensidad durante el proceso de electrodeposición de cromo duro?**

Las gráficas tanto para el voltaje, como para la corriente presentan perturbaciones debidas a que 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 pasivandolo. Al pasivarse aumenta la resistencia eléctrica del cromo y se disminuye la adherencia de las capas subsiguientes.

### **b. Al variar las dimensiones de las piezas cilíndricas. ¿Qué sucede con la intensidad de corriente?**

Para piezas cilíndricas de mayor diámetro y espesor, la intensidad incrementa conforme aumenta el voltaje y el tiempo y disminuye la temperatura, mientras que para las piezas pequeñas al aumentar el voltaje y el tiempo de deposición e incrementar la temperatura de cromo duro, la intensidad permanece constante.

### **c. ¿Qué diferencia existe entre el cromo duro y el cromo decorativo?**

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.

## **9. CONCLUSIONES:**

- A mayor temperatura de la solución de cromo duro, mayores dimensiones de la pieza cilíndrica, menor voltaje y menor tiempo, el recubrimiento es de excelente calidad, obteniendo recubrimiento de cromo brillante.
- Para dar un buen acabado superficial de piezas cilíndricas pequeñas, el voltaje debe ser inferior a 2V y el tiempo debe ser lo más corto posible, se recomienda 5 s. La temperatura no debe exceder los 40 °C, caso contrario la pieza se quema.
- No se deben dejar las piezas a cromar inmersas en el electrolito sin corriente y cuando se sumerjan por primera vez deberán llevar la corriente conectada.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 8

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 27 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Aplicación de zinc en piezas metálicas rectangulares

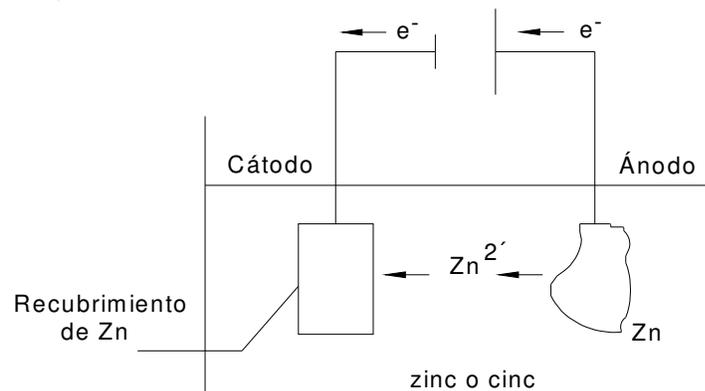
**2. OBJETIVOS:**

➤ Establecer las condiciones ideales de recubrimiento de zinc o cinc electrolítico.

**3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
n	Placas rectangulares de 5 x 5 cm; espesor 1mm
2	Ánodos de cobre
1	Placa metálica (ánodo desengrase)
n	Cobre alcalino
n	Cobre ácido
n	desengrase
1	Ánodo de zinc
n	Solución de zinc

**4. ESQUEMA:**



## 5. PROCEDIMIENTO:

- a. La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b. En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c. Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 40s.
- d. Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e. Se recubre la pieza con cobre alcalino a 6 V y 2min.
- f. Volvemos al menú principal y seleccionamos cobre ácido, pulsamos siguiente.
- g. Se recubre la pieza con cobre ácido a 3 V y 1min.
- h. Volvemos al menú principal y seleccionamos zinc, pulsamos siguiente.
- i. Se coloca la corriente anódica en el ánodo de zinc, sumergido en la solución de zinc y la corriente catódica en la pieza metálica sumergida en la misma solución.
- j. Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas metálicas, luego de aplicar el recubrimiento de zinc.

## 6. RESULTADOS:

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	18,4	40 s	1	0,151	Zinc brillante
2	18,4	1	2	0,152	Zinc brillante
3	18,4	2	5	0,3	Zinc mate (condición ideal)
4	18,4	5	7	0,729	Zinc mate excelente acabado

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{0,3A} = 16,67 \Omega \quad ; \quad R = \frac{V}{I} = \frac{4,91V}{0,3A} = 16,37 \Omega$$

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

**Cinc electrolítico:** Electrodeposición de zinc, los productos así revestidos se denominan electrozincados.

La solución acida de cinc se utiliza principalmente para galvanizar alambre, laminas, etc. También puede usarse sobre hierro gris.

Composición de la solución	g/lt
Sulfato de cinc ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ )	300
Cloruro de sodio (NaCl)	12.5
Acido Bórico ( $H_3BO_3$ )	19
Sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ )	19
Dextrina (Amarilla)	10

Condiciones de operación:	
Temperatura	Cerca de 16°C
Densidad de la corriente	1 – 10A/dm <sup>2</sup>
pH	3.5 – 4
Ánodos	99.9%
Tina	Forrada de plomo o de hule.
Agitación	Útil, necesaria para elevadas densidades de corriente.
Filtración constante	Necesaria para elevadas densidades de corriente.

## 8. PREGUNTAS DE CONTROL:

a. **¿Cuáles son las condiciones ideales para recubrir una pieza metálica con zinc electrolítico?**

Las condiciones ideales del recubrimiento electrolítico con zinc parten de obtener un zincado mate, en la práctica se obtuvo este resultado para los siguientes parámetros:

**T (°C):** 18,4

**Tiempo:** 2-5 min

**Voltaje:** 5 – 7 V

**b. ¿Qué sucede cuando el voltaje es menor o igual a 2 V y el tiempo es relativamente bajo?**

El acabado superficial de la pieza, es zinc brillante, lo cual sería factible si la pieza no fuese sometida a más procesos electrolíticos.

**c. A que se debe el fenómeno de que el voltaje regulado disminuya al introducir la pieza a la solución de cinc.**

Al introducir la pieza en la solución de zinc, existe una disminución brusca de la resistencia del material en un valor de  $0,3\Omega$ .

**9. CONCLUSIONES:**

- Al sumergir la pieza en el zinc electrolítico el voltaje disminuye de 5V regulados a 4,91 inmediatamente después de sumergir la pieza, debido a que la resistencia del material disminuye en  $0,3\Omega$ .
- A mayor voltaje y mayor tiempo de recubrimiento se consigue el acabado de zinc mate, que es el necesario para depositar sobre él, otro tipo de recubrimientos.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 9

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 27 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Aplicación de latón en piezas metalizas rectangulares.

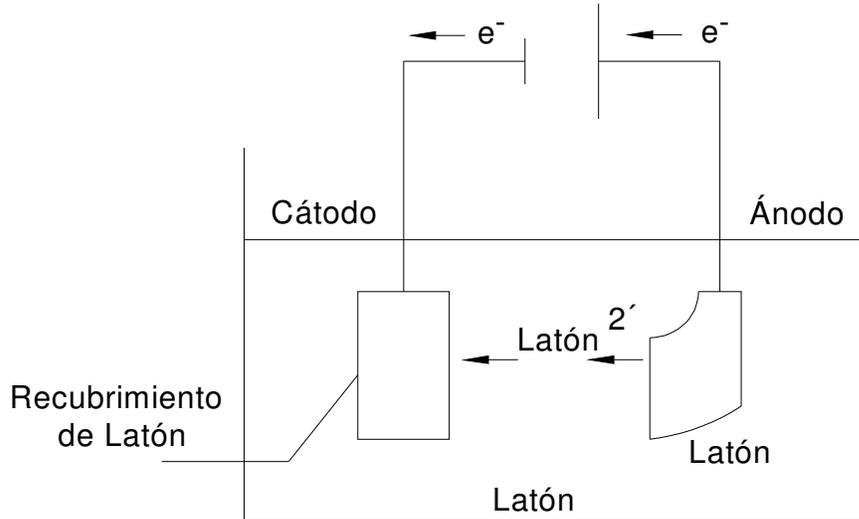
**2. OBJETIVOS:**

- Establecer las condiciones ideales de recubrimiento de latón electrolítico en piezas rectangulares.

**3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
n	Piezas rectangulares de 5 x 5 cm; espesor 1mm
2	Ánodos de cobre
1	Ánodo de desengrase (placa metálica)
n	Solución de cobre alcalino
n	Solución de cobre ácido
n	Solución de desengrase
1	Ánodo de zinc
n	Solución de zinc
1	Ánodo de latón
n	Solución de latón

#### 4. ESQUEMA:



#### 5. PROCEDIMIENTO:

- a. La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b. En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c. Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 40s.
- d. Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e. Se recubre la pieza con cobre alcalino a 6 V y 2min.
- f. Volvemos al menú principal y seleccionamos cobre ácido, pulsamos siguiente.
- g. Se recubre la pieza con cobre ácido a 3 V y 1min.
- h. Volvemos al menú principal y seleccionamos zinc, pulsamos siguiente.
- i. Se recubre la pieza con zinc a 5 V y 2min.
- j. Volvemos al menú principal y seleccionamos latón, pulsamos siguiente.
- k. Se coloca la corriente anódica en el ánodo de latón, sumergido en la solución de latón y la corriente catódica en la pieza metálica sumergida en la misma solución.
- l. Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas metálicas, luego de aplicar el recubrimiento de latón.

## 6. RESULTADOS:

N°	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	18,4	40 s	1	0,151	Recubrimiento de latón muy bajo
2	18,4	1	2	0,151	Recubrimiento de latón muy bajo
3	18,4	2	5	0,306	Latón brillante (condición ideal)
4	18,4	5	7	0,239	Pieza quemada demasiado voltaje

Comparación de la resistencia regulada y la obtenida al sumergir la pieza.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{7V}{0,239A} = 29,29 \Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6,91V}{0,239A} = 28,91 \Omega$$

Comparación de la resistencia al aumentar el voltaje.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5V}{0,306A} = 16,34 \Omega$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{7V}{0,239A} = 29,29 \Omega$$

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

**Latonado Electrolítico:** Proceso de formación de un revestimiento metálico de latón sobre una superficie metálica por vía electrolítica.

Composición de la solución	g/lit
Cianuro de sodio (NaCN)	60
Cianuro de cobre (CuCN)	30
Oxido de cinc (ZnO)	7.7
Bicarbonato de sodio (NaHCO <sub>3</sub> )	11
Amoniaco (0.880 NH <sub>4</sub> OH)	3 ml

Condiciones de operación:

Temperatura	35 – 40°C
Densidad de la corriente	Cátodo 1 A/dm <sup>2</sup> Ánodo 0.5 A/dm <sup>2</sup>
Eficiencia del cátodo	60 – 70%
Voltaje	3.5
pH	10.5 – 11.5
Ánodos	Latón fundido o laminado 70 – 30
Tina	Acero o acero forrado de hule
Abrillantador	Disolver 200g de sosa caústica en un litro de agua a la que se le añade 100g de arsénico blanco. Usar 15 – 30 mililitros por cada 100 litros de solución.
Cianuro libre	6.25 g/lit

## 8. PREGUNTAS DE CONTROL:

a. **¿Cuál es la razón por la que el latón se adhiere con mayor facilidad a la aleación de cobre y zinc?**

Para la formulación química del latón se utiliza las aleaciones de cobre y zinc es por ello que puede depositarse con bastante facilidad en cianuros mezclados.

b. **¿Cuáles son las características idóneas de depósito de latón electrolítico?**

Según la práctica se obtuvieron las siguientes condiciones idóneas de recubrimiento con latón electrolítico:

**T:** 18,4°C

**Voltaje:** 5V

**Tiempo:** 2 min

**Intensidad:** 0,306 A

c. **¿Qué sucede con la pieza a recubrirse con latón electrolítico, elevando el voltaje a más de 7 voltios? Explique su respuesta.**

La pieza se quema, puesto que al aumentar el voltaje aumenta con él la intensidad a la que está sometida la pieza, provocando en ella quemaduras evidenciadas por manchas negras en la misma.

## 9. CONCLUSIONES:

- Al sumergir la pieza en el latón electrolítico, el voltaje regulado a 7V disminuye a 6,91 inmediatamente después de sumergir la pieza, debido a que la resistencia del material disminuye en  $0,38\Omega$ .
- La intensidad disminuye al aumentar el voltaje de 5 V a 7V en distintos periodos, debido a que la resistencia del material aumenta en  $12,95\Omega$ .
- A mayor voltaje (no excediendo los 7 voltios) y menor tiempo el recubrimiento de latón electrolítico tiene un acabado brillante.

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## EQUIPO DE GALVANOTECNIA

### INFORME DE PRÁCTICA

**Identificación:**

**Práctica N:** 10

**Autores:** Marvin Xavier Araque Idrovo

Fredy Rodrigo Castro Reyes

**Fecha:** 28 - 07 - 2010

**Director:** Ing. Francisco Aleaga

**1. TEMA:** Aplicación de Latón en piezas metálicas cilíndricas variando los diámetros y espesores de las mismas.

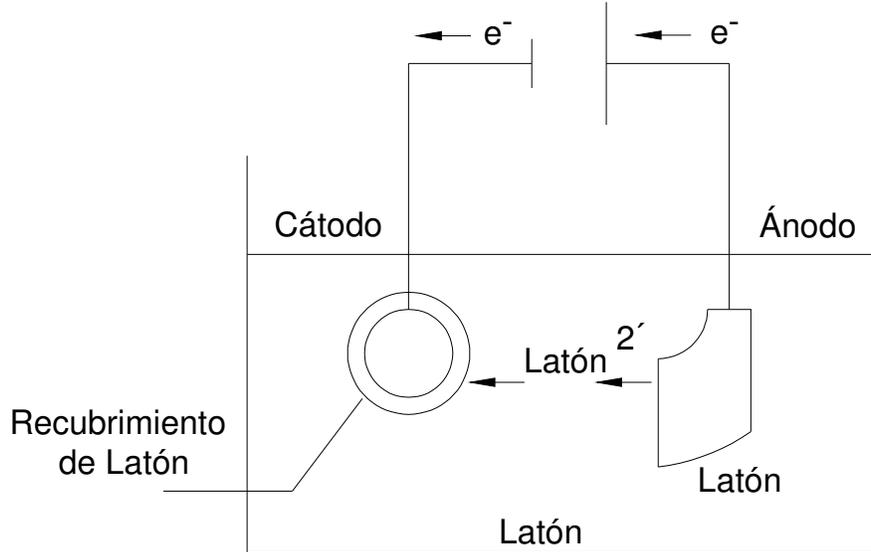
**2. OBJETIVOS:**

➤ Obtener y comparar resultados de deposición de latón electrolítico en piezas cilíndricas con diámetros y espesores distintos.

**3. MATERIALES:**

CANTIDAD	DESIGNACIÓN
1	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 2,2 cm; espesor 1,1 cm
1	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 2,2 cm; espesor 0,9 cm
1	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 2,2 cm; espesor 0,6 cm
1	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 1,2 cm; espesor 0,7 cm
1	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 1,2 cm; espesor 0,5 cm
1	Piezas cilíndricas: $\varnothing$ 1,2 cm; espesor 0,4 cm
2	Ánodos de cobre
1	Ánodo de desengrase (placa metálica)
n	Solución de cobre alcalino
n	Solución de cobre ácido
n	Solución de desengrase
1	Ánodo de zinc
n	Solución de zinc
1	Ánodo de latón
n	Solución de latón

#### 4. ESQUEMA:



#### 5. PROCEDIMIENTO:

- a. La pieza debe estar correctamente desoxidada antes de iniciar el proceso.
- b. En el escritorio del computador se selecciona el icono de menú principal, pulsamos cobre alcalino y visualizamos la pantalla de desengrase.
- c. Se somete la pieza a desengrase electrolítico a 6V en un tiempo de 40s.
- d. Pulsamos siguiente luego de terminar el proceso de desengrase y visualizamos la pantalla de baño de cobre alcalino.
- e. Se recubre la pieza con cobre alcalino a 6 V y 2min.
- f. Volvemos al menú principal y seleccionamos cobre ácido, pulsamos siguiente.
- g. Se recubre la pieza con cobre ácido a 3 V y 1min.
- h. Volvemos al menú principal y seleccionamos zinc, pulsamos siguiente.
- i. Se recubre la pieza con zinc a 5 V y 2min.
- j. Volvemos al menú principal y seleccionamos latón, pulsamos siguiente.
- k. Se coloca la corriente anódica en el ánodo de latón, sumergido en la solución de latón y la corriente catódica en la pieza cilíndrica sumergida en la misma solución.
- l. Se regula el voltaje en periodos distintos, se observa que sucede con la intensidad y las diferentes piezas cilíndricas, luego de aplicar el recubrimiento de latón.

## 6. RESULTADOS:

N°	Ø (cm)	Espesor (cm)	T (°C)	t (min)	VOLTAJE(V)	INTENSIDAD(A)	OBSERVACIONES
1	2,2	1,1	16,9	40 s	1	0,151	No hay depósito de latón.
2	2,2	0,9	16,9	1	2	0,152	Baja calidad de latón
3	2,2	0,6	16,9	5	5	0,159	Latón brillante (condición ideal)
1	1,2	0,7	16,9	40 s	1	0,151	No hay depósito de latón.
2	1,2	0,5	16,9	1	2	0,152	Baja calidad de latón
3	1,2	0,4	16,9	5	5	0,159	Latón brillante (condición ideal)

## 7. SISTEMA CATEGORIAL:

### LATÓN:

Los latones de acuerdo a los elementos minoritarios que intervengan en la aleación son maleables únicamente en frío, y no caliente, y algunos no lo son a ninguna temperatura. Todos los tipos de esta aleación se vuelven quebradizos cuando se calientan a una temperatura próxima al punto de fusión.

El latón es más duro que el cobre, pero fácil de mecanizar, grabar y fundir, es resistente a la oxidación, a las condiciones salinas y es dúctil por lo que puede laminarse en planchas finas. Su maleabilidad varía según la composición y la temperatura, y es distinta si se mezcla con otros metales, incluso en cantidades mínimas.

El latón no produce chispas por impacto mecánico, una propiedad atípica en las aleaciones. Esta característica convierte al latón en un material importante en la fabricación de envases para la manipulación de compuestos inflamables. Por su fácil mecanización y buen precio de recompra de las virutas se usa mucho para la fabricación de válvulas para uso industrial. Se utiliza en la fabricación de hélices de barco por su resistencia a la cavitación.

## **8. PREGUNTAS DE CONTROL:**

### **a. ¿A qué se deben las perturbaciones en la gráfica de voltaje al ingresar la pieza cilíndrica al interior de la solución de latón?**

Al ingresar la pieza en la solución de latón esta disminuye su resistencia y al mantenerse constante la intensidad las perturbaciones solo se evidencian en el voltaje, luego la pieza recupera su resistencia normal y el voltaje se estabiliza.

### **b. ¿Existe cambio en el recubrimiento de la pieza cilíndrica y en los parámetros para conseguir un mejor acabado, al variar las dimensiones de las piezas cilíndricas?**

No, los parámetros ni el recubrimiento no se alteran, son los mismos para ambas superficies, ya que no se está variando en sí, la forma de la pieza, siempre será cilíndrica.

### **c. ¿La intensidad depende de la forma de la pieza, es decir si esta es rectangular o cilíndrica influye en la misma?**

Si, debido a que la intensidad que se está midiendo, se la mide en base a un parámetro establecido de área de  $1\text{dm}^2$ , al cambiar la forma de la pieza se está variando el área afectando directamente a la intensidad.

## **9. CONCLUSIONES:**

- La gráfica del voltaje tiene perturbaciones durante un tiempo y luego se hace lineal.
- No existe diferencia en los parámetros de recubrimiento de latón a piezas cilíndricas con diferentes diámetros y espesores.
- A mayor voltaje y mayor tiempo, independientemente de la temperatura se logra un recubrimiento de latón brillante (condición ideal de depósito).