



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PISCINA DE NIQUELADO CON RECIRCULACIÓN Y AGITACIÓN DEL ELECTRÓLITO PARA MEJORAR EL ACABADO DE LA ELECTRODEPOSICIÓN EN LA EMPRESA I.L.N.CIA.LTDA.

EJECUTORES DEL PROYECTO

FÉLIX LEONARDO GALLO CASTILLO
PATRICIO ROLANDO ICHINA MUQUINCHE

DIRECTOR: ING. ERNESTO SANTILLÁN

CODIRECTOR: ING. GEORGINA TIRADO

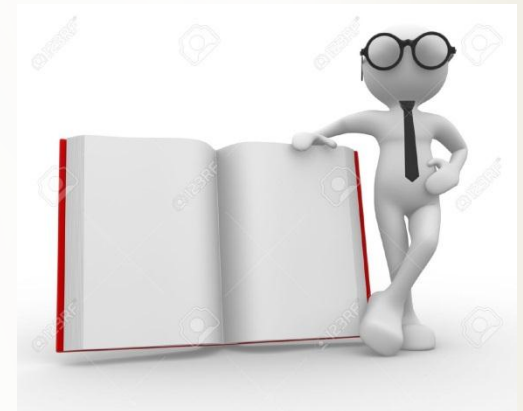
AGOSTO 2015



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

AGENDA

- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- OBJETIVOS
- PARÁMETROS DE DISEÑO Y SELECCIÓN
- SOLUCION DEL PROBLEMA
- CONSTRUCCIÓN
- PRUEBAS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- * En la industria de manufactura de piezas de metal, un aspecto importante tiene que ver con el acabado superficial que se le dé a los productos terminados
- * El tratamiento superficial no se aplican solamente a piezas nuevas sino también a piezas usadas que han perdido su recubrimiento.
- * Por lo general este proceso se realiza mecánicamente por lo que se presentan situaciones no deseables como el desperdicio de elementos químicos, desperdicio del metal de recubrimiento, aprovechamiento deficiente de energía eléctrica y calidad regular en el acabado además de la exposición continua a agentes nocivos para la salud de los operadores de la empresa.



OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un sistema de niquelado para mejorar la calidad del acabado superficial de piezas metálicas, y mejorar el ambiente de trabajo.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Diseñar el reactor electrolítico.
- * Diseñar el sistema de agitación del electrolito.
- * Dimensionar los elementos eléctricos del sistema.
- * Implementar los sistemas eléctricos de control, componentes químicos y mecánicos.



REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

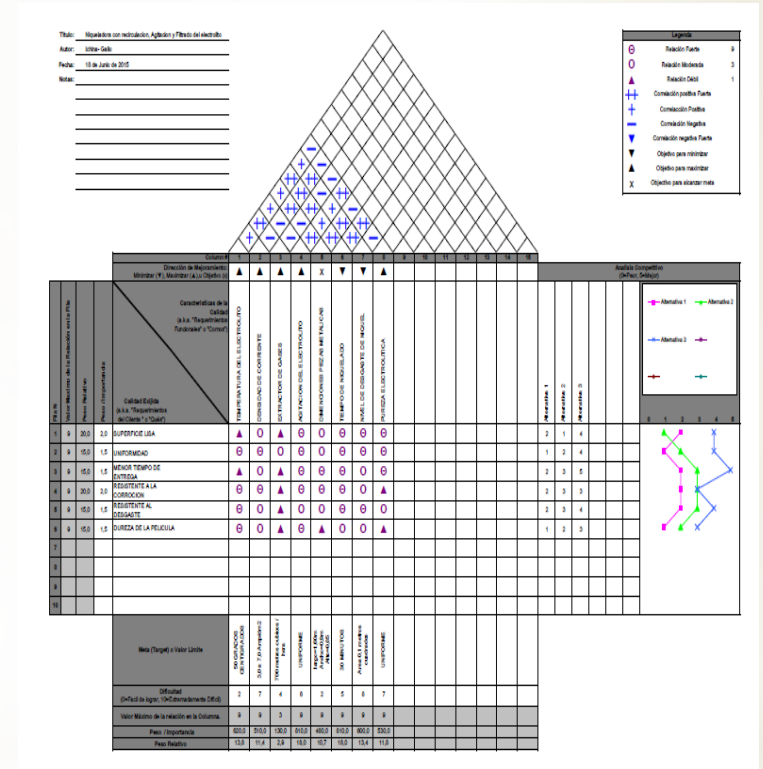
- * Superficie Lisa
- * Uniformidad
- * Menor tiempo de entrega
- * Resistente a la corrosión
- * Resistente al desgaste
- * Dureza de la Película



PARÁMETROS DE SELECCIÓN

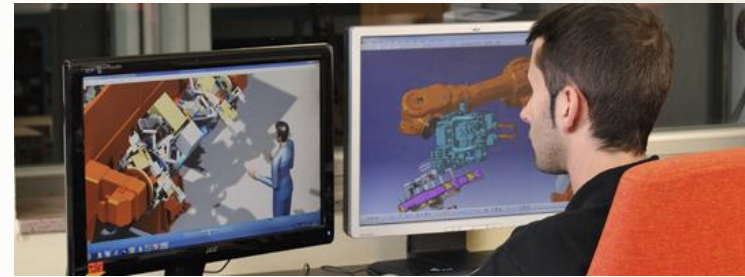
CASA DE LA CALIDAD

Esta herramienta consiente en entender mejor las prioridades de los clientes y buscar cómo responder de forma innovadora a dichas necesidades en forma técnica.



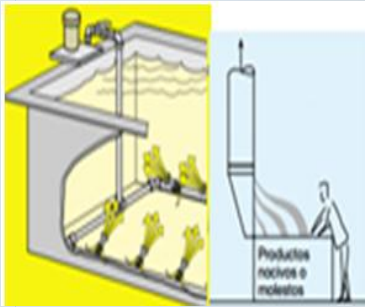


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- * Tiempo de Niquelado
- * Agitación de Electrolito
- * Temperatura del Electrolito
- * Nivel de Desgaste de Níquel Aporte
- * Pureza Electrolítica
- * Densidad de corriente
- * Extractor de gases



PARAMETROS DE SELECCIÓN

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Alternativa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Características			
Tiempo de Niquelado	Alta	Media	Baja
Agitación el electrolito	Biela Manivela	Biela Manivela	Agitación Hidráulica
Desgaste del Níquel de aporte	Alto	Alto	Bajo
Pureza electrolítica	Nula	Nula	Alta
Temperatura del electrolito	Alta	Media	Alta
Extracción de gases	Nula	Media	Alta
Dimensión e la pieza metálica	Alta	Alta	Media



MAPA DE PONDERACIÓN

	TIPO	Alternativa 1		Alternativa 2		<u>Alternativa 3</u>	
Características	Ponderación	Valoración	Calificación	Valoración	Calificación	Valoración	Calificación
Tiempo necesario para niquelar	0.2	5	1	3	0.6	9	1.8
Agitación del electrolito	0.2	4	0.8	4	0.8	8	1.6
Nivel de Níquel aportado	0.2	7	1.4	7	1.4	7	1.4
Pureza del electrolito	0.15	2	0.3	3	0.45	9	1.32
Temperatura del Electrolito	0.1	6	0.6	6	0.6	7	0.7
Extracción de Gases	0.1	3	0.3	2	0.2	8	0.8
Dimensión de la pieza metálica	0.05	8	0.4	8	0.4	6	0.3
TOTAL			4.8		4.45		7.95

SOLUCIÓN DEL PROBLEMA



Una solución a este problema es implementar un proceso semiautomático de electrodeposición con agitación y recirculación del electrolito para evitar pérdidas del electrolito.

Implementar un sistema de extracción de gases para un buen ambiente de trabajo del operario.



DISEÑO

Los requerimientos previos al diseño y construcción de una Niqueladora se han determinado como:

- * Menor tiempo de Niquelado.
- * Agitación de electrolito.
- * Optimización o ahorro del Níquel de aporte.
- * Mayor pureza del Electrolito.
- * Temperatura exacta para la Electrodeposición.
- * Sistema de extracción de Gases.

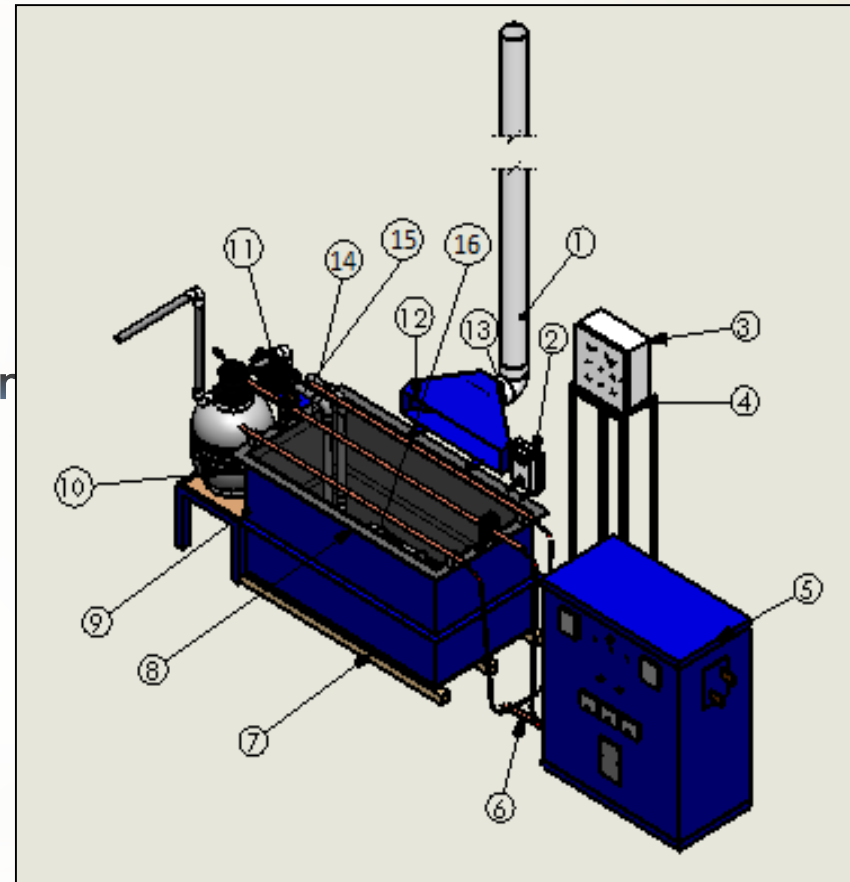


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ELEMENTOS PRINCIPALES QUE COMPONEN LA MÁQUINA

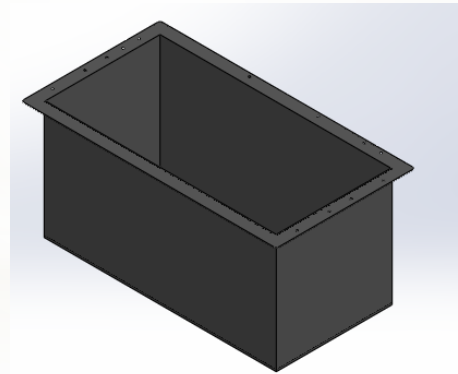
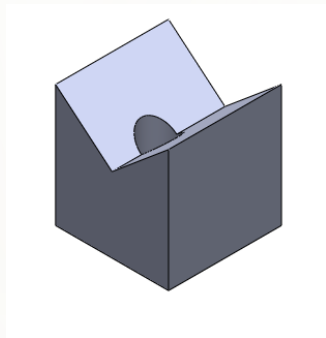
ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS

1. Tubo Extractor
2. Termostato
3. Tablero de control
4. Base tablero de control
5. Rectificador
6. Barra de conexión para el rectificador
7. Base de madera
8. Elemento atesador superior
9. Cuba de Acero
10. Filtro
11. Bomba
12. Campana para ventilación
13. Ventilador
14. Tubería salida
15. Tubería de succión
16. Eductores



ELEMENTOS AISLANTES

- AISLADOR CERÁMICO
- AISLADOR DE NYLON
- RECUBRIMIENTO DE PVC



- * Las características necesarias para materiales en la construcción de la maquina se introdujo al software CES EduPack, para seleccionar el material mas adecuado.
- * AISI 1080 es muy similar al ASTM A36
- * Material de la Cuba

Propiedades Generales	Máxima
Densidad	7.8 e3- 7.9 e3 Kg/m ³
Composición	Acero al carbón
Módulo de Young	200 - 215 GPa
Limite Elástico	335 - 415 MPa
Temperatura máxima de servicio	286 - 340 Grados centígrados
Módulo de Ruptura	335 - 415 MPa
Durabilidad al Agua (sal)	Aceptable
Alcalinos Fuertes	Aceptable
Resistencia a la Fatiga	281 - 327 MPa



MATERIAL DE RECUBRIMIENTO (PVC)

* El resultado es PVC (flexible, shore 60 A), este tipo de polímero

Propiedades Generales	
Densidad	1.23 e3 - 1.24 e3 Kg/m ³
Módulo de Young	0.003 - 0.0035 GPa
Limite Elástico	10 - 11 MPa
Temperatura máxima de servicio	47 - 52 Grados centígrados
Módulo de Ruptura	11 - 12 MPa
Durabilidad al Agua (sal)	Aceptable
Alcalinos Fuertes	Aceptable
Tipo de Polímero	PVC Flexible

* Material para ánodo y cátodo

* Cooper-2-berillium.(UNS C17000).

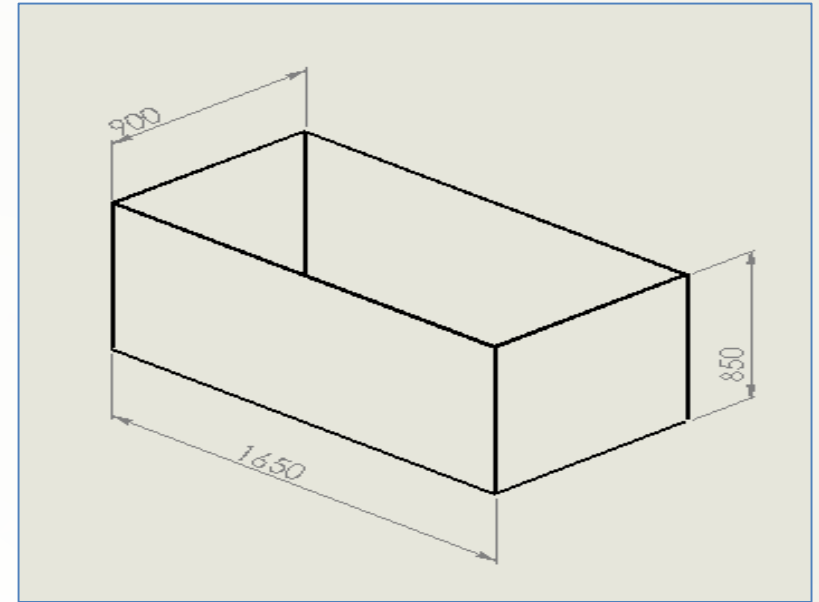
Propiedades Generales	
Densidad	8.24 e3- 8.26 e3 Kg/m ³
% Cobre	97.7 - 98.1 %
Módulo de Young	120 - 130 GPa
Limite Elástico	190 - 210 MPa
Temperatura máxima de servicio	57 - 77 Grados centígrados
Módulo de Ruptura	190 - 210 MPa
Durabilidad al Agua (sal)	Excelente
Alcalinos Fuertes	Excelente
Propiedad Electrica	8.91 - 10.7 μ ohm.cm



DISEÑO DE LA CUBA ELECTROLÍTICA

Las dimensiones de la cuba se toman del tanque del proceso que se pretende modernizar; estas dimensiones están de acuerdo con la necesidad de niquelar 2 aros por cada proceso de funcionamiento al mismo tiempo, el diámetro de un aro promedio es 0.55 m.

- Largo: 1.65 m.
- Ancho: 0.90 m.
- Altura: 0.85 m.



ESPESOR DE LAS PAREDES DE LA CUBA

* Volumen de la cuba

$$V = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Altura}$$

$$V = 1088 \text{ litros}$$

Por la necesidad de introducir en la cuba distintos objetos metálicos, solo se llenara hasta un 90% de su capacidad: 979,2 litros

* Área de la superficie de la Cuba

$$A = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

$$A = 1,36 \text{ m}^2$$

Componentes electrolíticos del baño

Componentes	Densidad $\frac{Kg}{m^3}$	Proporción $\frac{g}{l}$	Masa atómica $\frac{gr}{mol}$
Sulfato de Níquel	3700	220	237.71
Cloruro de Níquel	3550	60	262.85
Ácido Sulfúrico	1440	45	61.84



CALCULO DE LA MASA

$m = \text{proporcion} * \text{volumen cuba}$

$$m_{Sulfato} = 220 \frac{g}{l} * 979.2 l = 215424 g = 215.42 Kg$$

$$m_{Cloruro} = 60 \frac{g}{l} * 979.2 l = 58752 g = 58.75 Kg$$

$$m_{Acido} = 45 \frac{g}{l} * 979.2 l = 44064 g = 44.06 Kg$$

$$m_{Agua} = 979.2 Kg$$

$$m_{total} = 1297.43 Kg$$

Calculo de la densidad del electrolito.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{1297.43 Kg}{0.97 m^3} = 1337.55 \frac{Kg}{m^3}$$

Calculo de la Presión

$$P = \rho g h$$

$$P = 10.48 KPa [1.51 Psi]$$



ESPESOR DE LA PLACA [T]

$$t = \sqrt{\frac{1}{2} * \frac{a^2}{a^2 + b^2} * \frac{w b^2}{s}}$$

$$t = 5.52 \times 10^{-3} m \rightarrow 5.5 \text{ mm}$$

Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo último (MPa)	(S) Esfuerzo de diseño(MPa)
250	400	<u>160</u>

* Dónde:

S= Es el esfuerzo de trabajo realizado en la placa y deberá ser mayor que el esfuerzo de diseño sugerido. El material del fondo y de las paredes se ha especificado como ASTM A-36

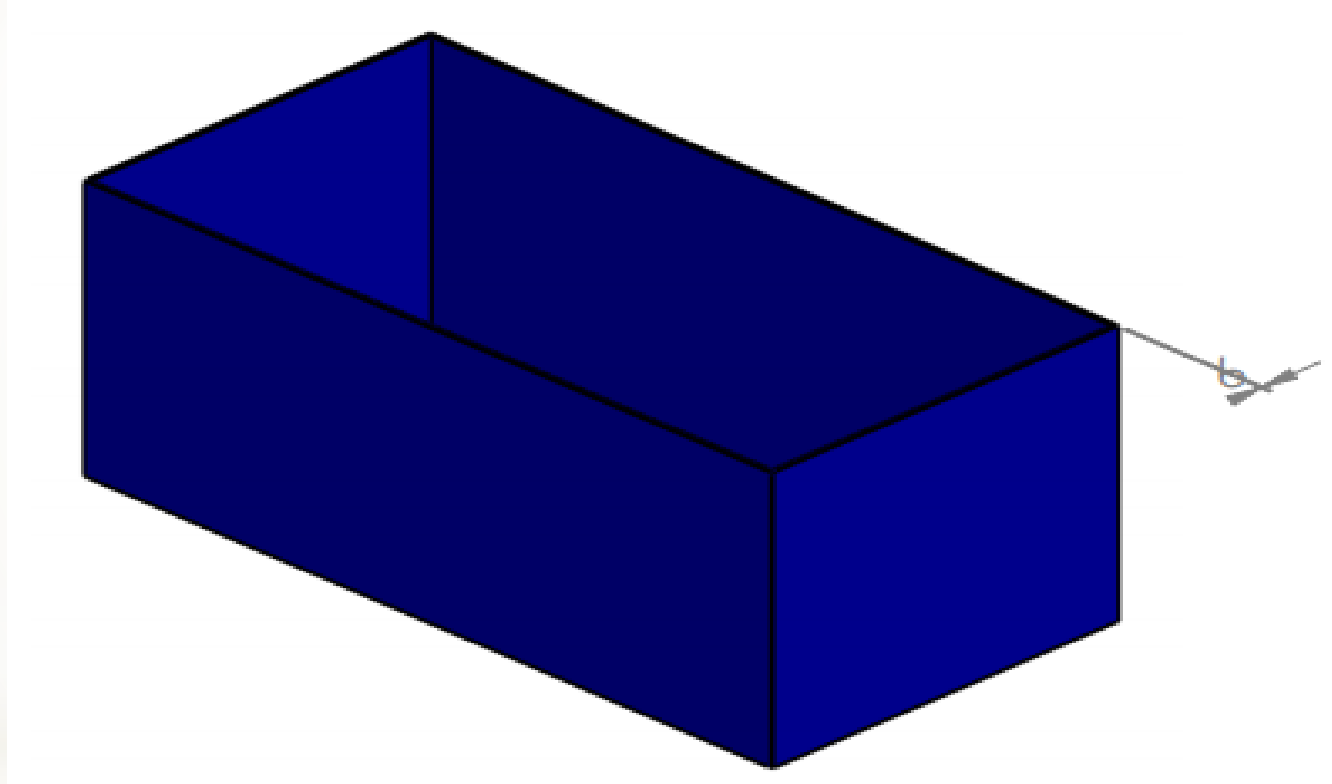
* w : Es la carga distribuida por unidad de área; 10.48 KPa

* a : Es el lado mayor de la placa expresada en metros. = 1.65 m

* b : Es el lado menor de la placa expresada en metros. = 1.9 m

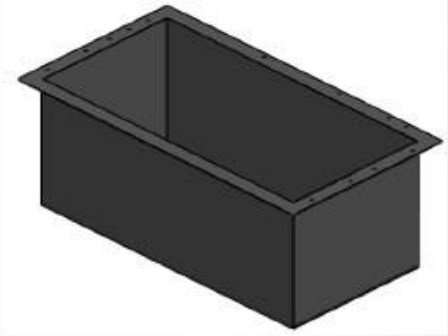


CUBA ELECTROLÍTICA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ESPESOR DEL PVC



$$t_{PVC} = 2.45 * Largo \sqrt{\frac{\alpha * Altura * 0.036 G}{S_{u'}}$$

t_{PVC} ; Espesor de la placa de PVC (pulg)

Largo: 1.60 m.; 62.99 pulg.

Altura: 0.8 m.; 31.5 pulg.

G = Gravedad especifica del Electrolito 1,33

$S_{u'}$ = Resistencia a la rotura = 171MPa

= 24801.45 Psi

$$\alpha = 0,006$$

$$t_{PVC} = 2.45 * 62.99 \sqrt{\frac{0.006 * 31.5 * 0.036 * 1.33}{24801.45}}$$

$$t_{PVC} = 0.15 \text{ pulg} \rightarrow 0.004\text{m.} \rightarrow 4\text{mm.}$$



ESPESOR DE LA ELEMENTO SUPERIOR DE LA CUBA

t : Es el espesor de placa [m]

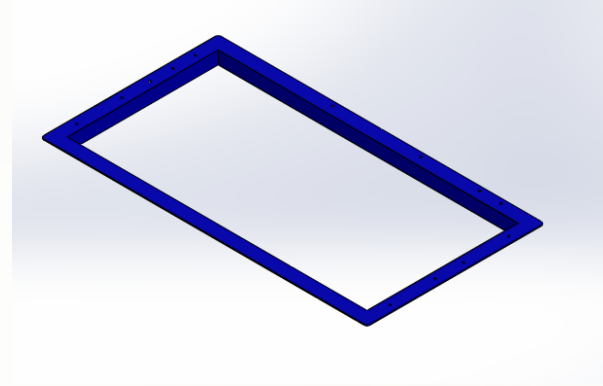
* a : 0.15 m

* b : 0.08 m

$$A = 0.08 * 0.15 = 0.012m^2$$

F : Peso del aro 588.6 [N]

w : 49.05 [KPa]



$$t = \sqrt{\frac{1}{2} * \frac{a^2}{a^2+b^2} * \frac{w b^2}{s}}$$

$$t = 1.23 \times 10^{-3}m \rightarrow 1.23 \text{ mm}$$



* DISEÑO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DEL ELECTROLITO

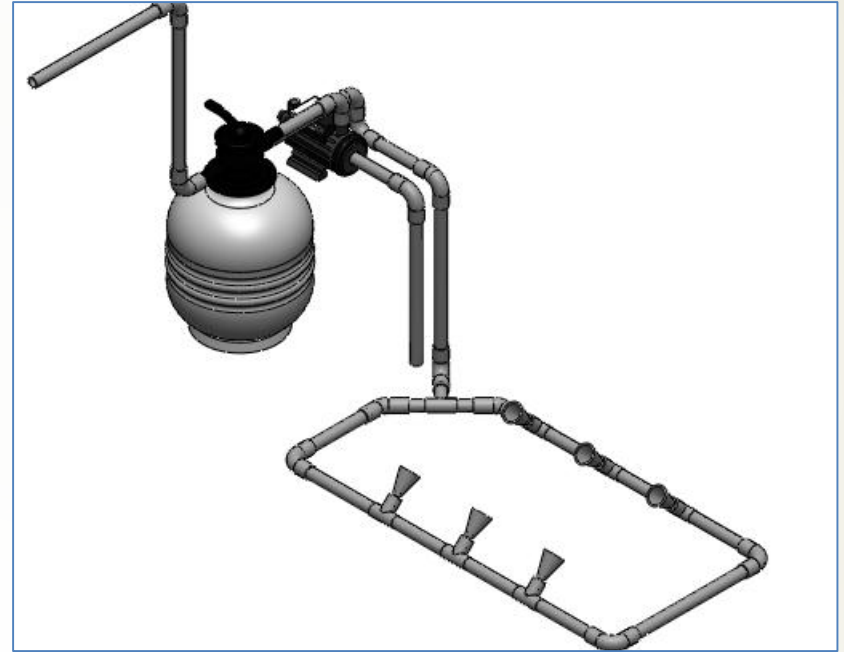
Esta constituido por :

- * Agitador
- * Filtro
- * Tuberías
- * Codos
- * Tee
- * Eductores

Caudal

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = 16.32 \frac{l}{min} = 3.59 \text{ GPM}$$



***Se utilizara tubería que satisfaga los siguientes parámetros:**

Velocidad con que circule el electrolito sea: $0.15 \frac{m}{seg}$

El caudal a recircular es $Q = 3.59 \text{ GPM} = 2.72 \times 10^{-4} \frac{m^3}{seg}$

$$Q = v * A$$

$$A = 2.72 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$d = 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm}$$



En el mercado existe Medidas estándar y en este caso se seleccionara una tubería de 1 ½ pulgada



SELECCIÓN EDUCTORES.

* Presión dinámica:

$$* P_d = \frac{\rho V^2}{2g} = \frac{1337.55 \frac{Kg}{m^3} (0.9 \frac{m}{seg})^2}{2(9.81 \frac{m}{seg^2})} = 61.35 Pa$$



* Presión estática: $P_m = 10486.39 Pa$

* Presión eductor = $10486.39 - 61.35 = 10425.034 Pa$

* Presión eductores = $10.42 Kpa * 6 eductores = 62.55 Kpa$

* $P_{Entrada\ eductor} = 9.7 PSI$



POLIPROPILENO O PVDF SÓLO EDUCTORES

Tamaño - orificio y conexión NPT	Presión (PSI) - Para convertir a TDH se multiplica por 2,31							
	8	10	15	20	25	30	35	40
	Boquilla de flujo (USGPM)							
0,20 1/4 NPT	3.2	3.5	4.3	5.0	5.5	6.1	6.6	7.0
0.30 " 3/8 " **	6.2	7.5	9.2	10.7	11.9	13.1	14.1	15
0.37 " 3/4 "	11.8	13.5	17	19	21	23	25	27
0,48 " 1 "	18.7	21	25	29	33	36	39	42
0.62 " 1 1/2 "	-	33	41	47	53	58	63	67



SELECCIÓN DE LA BOMBA

Calculo el número de Reynolds

$$Re = \frac{v_s * D}{\nu}$$

$$Re = \frac{0.15 * 0.0127}{0.474 \times 10^{-6}} = 15189.8 \text{ flujo turbulento}$$



Perdidas de presión

En accesorios:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente	Longitud total
Codo 90°	10	0.63	6.3
T	7	1.26	8.82
Codo 45°	2	0.34	0.68

$$L_T = 10 + 6.3 + 8.82 + 0.68 = 25.8 \text{ m} = 84,65 \text{ pies}$$



ECUACIÓN DE HAZEN-WILLIAMS.

$$f = \frac{4.52 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}}$$

Dónde:

f , Perdidas por fricción

Q , Caudal

d , Diámetro interior

C , Coeficiente de pérdidas que es:

$\frac{psi}{pie}$

(gpm)

($pulgadas$)

140

$$f = \frac{4.52 * 3.59^{1.85}}{140^{1.85} * 1.5^{4.87}} = 0.0007 \frac{psi}{pie}$$



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Por lo que la pérdida de presión debida a la fricción equivale a:

$$P = f * L_T$$

$$P = 0.0007 * 84.65 = 0.05 \text{ psi}$$

Presión requerida por la bomba

$$Presion = P_{cuba} + P_{Filtro} + P_{perdidas} + P_{Eductores}$$

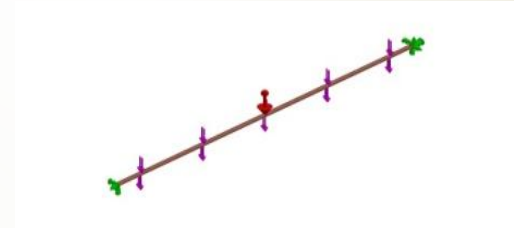
$$Presion = 1.51 \text{ Psi} + 3.5 \text{ Psi} + 0.05 \text{ psi} + 9 \text{ Psi}$$

$$Presion = 14.06 \text{ Psi}$$



CÁTODOS

Diámetro del tubo de cobre.



$$D = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi * \sigma}}$$

$$\sigma = \text{esfuerzo flexionante} = \frac{310MPa}{3} = 103.98MPa$$

$$M = 311.95 Nm$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32(311.95Nm)}{\pi * (103.98E^6) \frac{N}{m^2}}} = 0.027m$$

$$1 \text{ pulgada} = 0,0254 \text{ metros}$$



DEFLEXIÓN DEL TUBO DE COBRE [γ]

$$\gamma = \frac{P_{aro} * L^3}{48 * E * I}$$

Dónde:

γ ;	Flexión	[mm.]
P_{aro} ;	Peso del aro	[N]
L ;	Longitud del Tubo de Cobre 1,85	[m]
E ;	Módulo Elasticidad del cobre	$\left[\frac{N}{m^2}\right]$

$$\gamma = \frac{588.6N * (1.85m)^3}{48 * (125E^9 \frac{N}{m^2}) * 1.02E^{-7}m^4} = 0.019 m$$
$$\gamma = 19 mm.$$



DENSIDAD DE CORRIENTE

Depende en gran medida del área de la superficie de las canastas ubicadas en el ánodo.

$$\begin{aligned} \text{Area canasta} &= \text{Base} \times \text{Altura} \\ A_{\text{canasta}} &= 0.15 * 0.60 = 0.09\text{m}^2 \end{aligned}$$

La densidad de corriente recomendada para baños de niquelado es de 5 a 12 A/dm²

$$A = \frac{I_{\text{sistema}}}{\rho_I}$$

$$A = \text{Area} = 9\text{dm}^2$$

$$I_{\text{sistema}} = \text{Corriente del sistema} = 544 \text{ A}$$

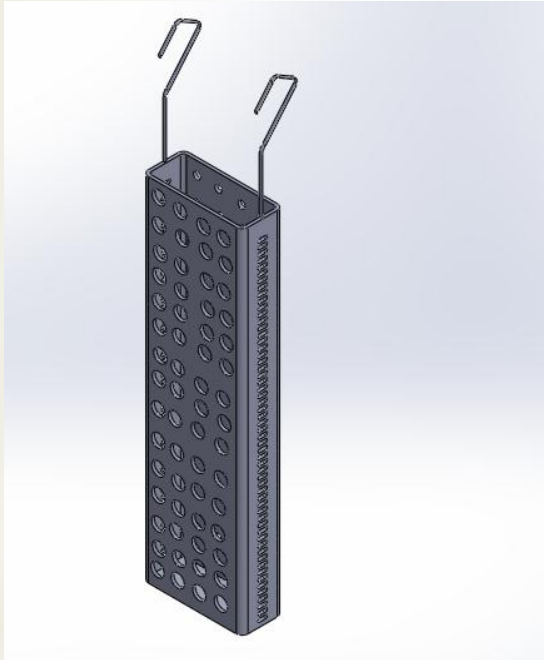
$$\rho_I = \text{Densidad de Corriente (Amperios)}$$

$$\rho_I = \frac{544 \text{ A}}{6 * 9\text{dm}^2} = 10.07 \frac{\text{A}}{\text{dm}^2}$$

La densidad de corriente se mantiene en el rango recomendado para la electrodeposición de níquel



CANASTILLA



Dimensiones de la canasta:

Largo=0.15m

Alto=0.6 m

Ancho=0.05m



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESISTENCIA CALEFACTORA

$$Q_T = P_V * C_E * \Delta t$$

$Q_T,$	Calor Transferido	[kJ]
$P_V,$	Masa de la solución	[Kg]
$C_E,$	calor especifico	$\left[4.18 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K}\right]$
$\Delta t,$	variación de la temperatura	[°K]
$m=$	Masa	[Kg]

$$Q_C = 1297.17Kg * 4.18 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K} * 30^{\circ}K = 162665.11 K$$

Para el calentamiento hasta unos 50°C se necesita 5 hora o 18000 segundos

$$P_W = \frac{Q}{t} = 9.08 KWatts$$



VENTILADOR CENTRIFUGO

Tipo de campana <small>Ventilador centrifugo</small>	Descripción	Caudal
<p>Dónde:</p> <p>Q_E: Caudal requerido por el sistema para la extracción $\frac{m^3}{seg}$</p> <p>L_C: Lado más largo de la Cuba [m]</p> <p>V_C: Velocidad de captación [m/s]</p> <p>X: Distancia desde cuba al extractor [m]</p> <p>$Q = 2.6 * 1 * 5 * 0.015 = 0.195 \frac{m^3}{s} = 702 \frac{m^3}{h}$</p>	Rendija con Pestaña	$Q_E = 2.6 * L_C * V_C * X$

Dónde:

Q_E ;	Caudal requerido por el sistema para la extracción	$\frac{m^3}{seg}$
L_C :	Lado más largo de la Cuba	[m]
V_C :	Velocidad de captación	[m/s]
X :	Distancia desde cuba al extractor	[m]

$$Q = 2.6 * 1 * 5 * 0.015 = 0.195 \frac{m^3}{s} = 702 \frac{m^3}{h}$$



PRESIÓN DEL VENTILADOR

$$P_T = P_d + P_1 + P_2 + P_{\text{accesorios}}$$

P_d : Presión dinámica producidas por el aire

P_1 : Perdida de presión en la tubería

P_2 : Perdidas por forma de la campana

$P_{\text{accesorios}}$: perdidas en accesorios (CODO)

$$P_T = 6 + 1.5 + 2.22 + 9.6 = 19.3 \text{ mm . c. d. a}$$



PARÁMETROS DE SELECCIÓN

Elemento	Parámetro	Selección
Bomba	Caudal: $Q = 16.32 \frac{l}{min} = 3.59 \text{ GPM}$ Presion = 14.06 Psi Operación con componentes químicos	Caudal máximo: 370 l/min Presión máxima: 42.7 Psi Operación con componentes químicos Caudal máximo : $Q =$
Filtro	Caudal: $Q = 16.32 \frac{l}{min}$ Filtrado: 0.5- 0.7 micras	$167 \frac{l}{min}$ Presión: 3,5 Psi Filtrado: 0.5 micras
Resistencia eléctrica	Potencia : $Q_T = P_V * C_E * \Delta t =$ 9.08 KWatts Alimentación: 220 Vca	Potencia : 9000 Watts Alimentación: 220 Vca
Ventilador centrifugo	Caudal: $702 \frac{m^3}{h}$ Presión: 19.3mm . c. d. a	Caudal: $780 \frac{m^3}{h}$ Presión: 25 mm . c. d. a
Fusibles	$I_{FUSIBLE} = k * I_N$ $I_F = (1,8) * (1,89) = 3,4$	



PARÁMETROS DE SELECCIÓN

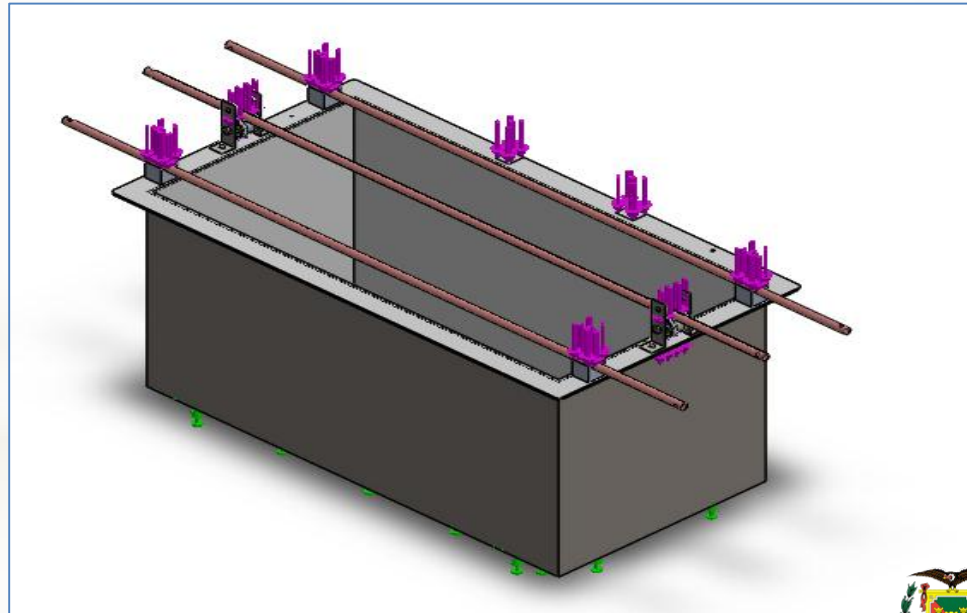
Elemento	Parámetro	Selección
Interruptor Termo magnético	$I_{ITM} = 1.5 [I_{bomba} + I_{Sens} + I_{calen}]$ $I_{ITM} = 1.5 \left[2.8 + \left(\frac{30}{\sqrt{3}} \right) + 17 \right]$ $I_{ITM} = 55.68 \text{ A}$	<p>Numero de polos: 3</p> <p>Datos eléctricos: 55 A/ 220V</p>
Fusibles	$I_a = 1.8 \times (I_{bomba} + I_{calentador})$ $I_a = 1.8(2.8 + 17) = 35.64 \text{ A}$	<p>Punto de Fusión: 35 A</p> <p>Datos Eléctricos: 220 V</p>
Termostato	<p>Temperatura: 60 °C</p> <p>Voltaje admisible: 220 V</p>	<p>Rango de temperatura: 0-200 °C</p> <p>Potencia: 1200 Watts</p> <p>Voltaje admisible: 240 V</p> <p>Calibre = 12 AWG</p>
Conductor	$I_T = (I_n + 30\%) * (I_n)$ $I_T = (1,89 + 0,3) * (1,89) = 4,13 \text{ A}$	<p>T = 75 [°C]</p> <p>I = 25 [A]</p>



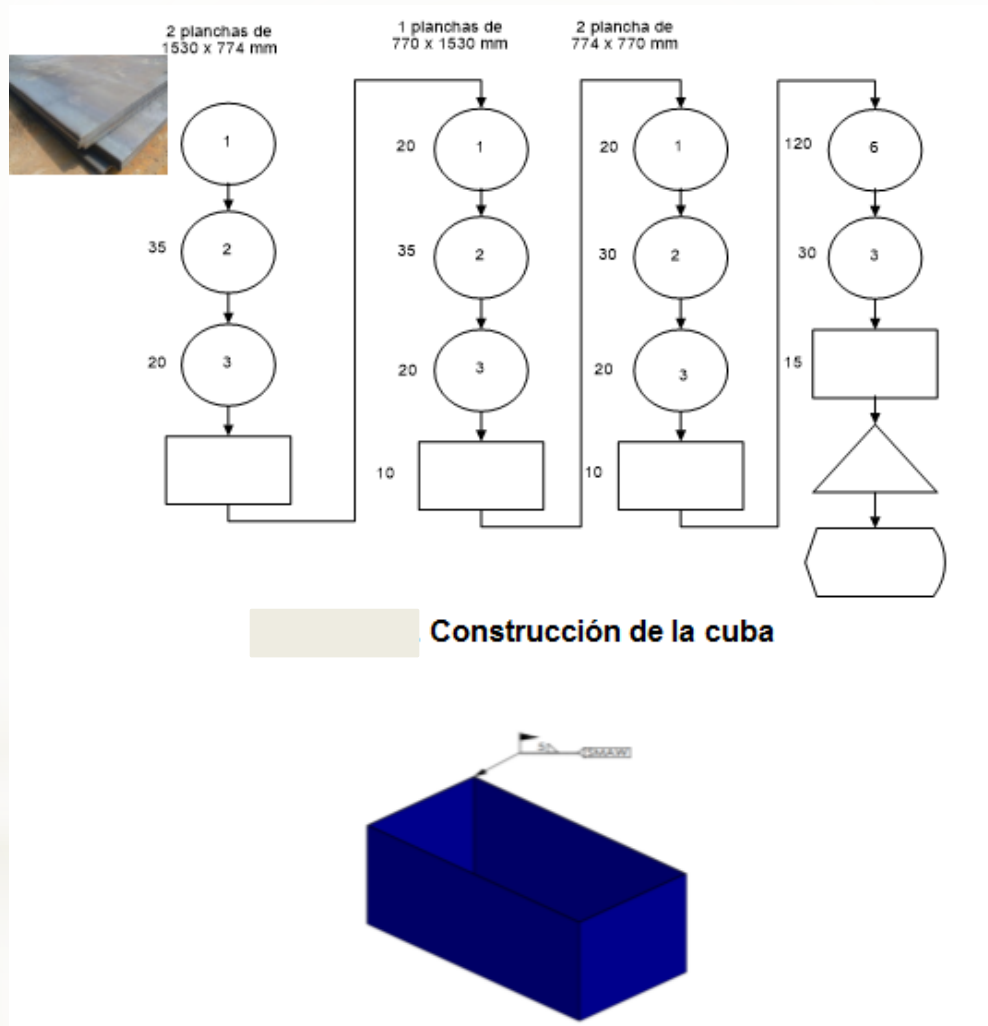
RESULTADOS DE LA MAQUINA

Fuerzas que soporta la maquina:

- Presión interna: 10,48 KPA
- Masa del aro: 60 Kg
- Masa de la campana: 5 kg
- Masa de las canastillas: 30 kg
- Factor de seguridad: 3

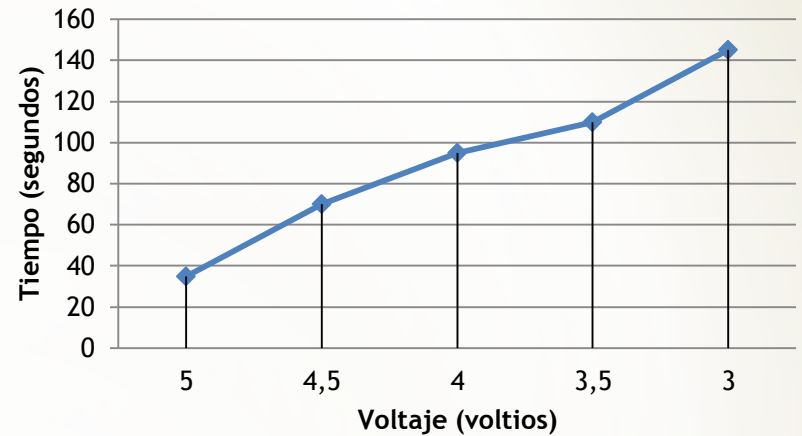


CONSTRUCCIÓN

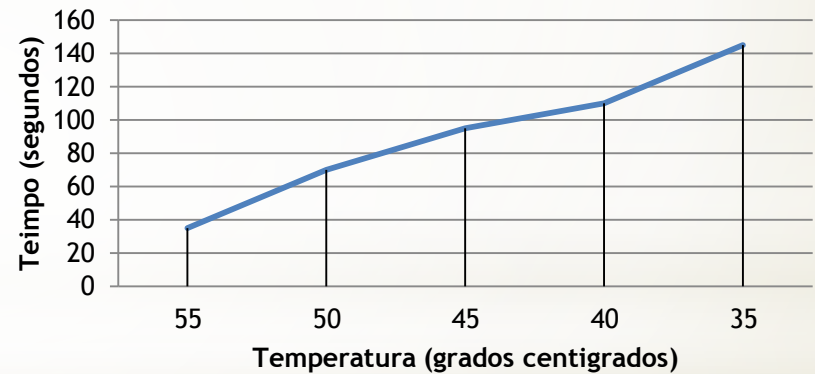


PRUEBAS Y RESULTADOS DEL TERMINADO SUPERFICIAL

TIEMPO	VOLTAJE
35 minutos	5
70 minutos	4.5
95 minutos	4
110 minutos	3.5
145 minutos	3



TIEMPO	TEMPERATURA
35 minutos	55
70 minutos	50
95 minutos	45
110 minutos	40
145 minutos	35



COSTOS DE PRODUCCIÓN

TIEMPO	MES 1		MES 2			
RUBROS	RESULTADOS DEL MODELO ANTERIOR (A)	Precio aproximado en usd	SITUACIÓN ACTUAL (B)	Precio aproximado en usd	DIFERENCIA (A-B)	
Sulfato de níquel (NiSO ₄)	20kg	200 usd	15kg	150 usd	5kgr	50usd
Cloruro de níquel (NiCl ₂)	20kg	180 usd	14kg	126 usd	6 kg	54 usd
Ácido bórico (B(OH) ₃)	15kg	75 usd	10kg	50 usd	5 kg	25 usd
CORRIENTE ELÉCTRICA	800kw/h	160 usd	700kw/h	140 uds	100kw	20usd
NÍQUEL DURO	30kg	300usd	20kg	200 usd	10kgr	100usd
COSTO TOTAL		915		666		249



DESGASTE DE NÍQUEL DE APORTE DE LAS CANASTAS.

Una de las maneras para analizar cuanto de níquel se desgasta es pesar en una balanza la pieza metálica antes de niquelar y después de niquelar.

Realizando este procedimiento se observó que vario el peso en aproximadamente 100 gramos

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO DE NÍQUEL

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

El espesor de níquel aportado en la superficie del metal es 0.0029 mm con este sistema de recirculación del electrolito. Este dato se lo consiguió midiendo con un micrómetro el espesor de níquel aportado en el aro metálico.



CONCLUSIONES

- * Se ha diseñado y construido un sistema de niquelado, haciendo uso de manufactura ecuatoriana y recurriendo a herramientas informáticas.
- * Se ha podido reunir información sobre el funcionamiento y constitución de un sistema de agitación del electrolito.
- * Las herramientas CAD, permiten tener mayor precisión en el diseño del depósito electrolítico.
- * Con la ayuda de software, se pudieron realizar análisis estáticos, los mismos que brindan fiabilidad previa a la construcción.
- * El tubo de cobre, soporta todas las cargas estáticas, sufre una deformación de 19 mm , lo que brinda una gran fiabilidad su posición como cátodo.



CONCLUSIONES

- * El esfuerzo máximo interno que soporta la cuba es de 10.48 Kpa, y el límite de fluencia del Acero ASTM A36 es de 250 MPa, lo que indica que el material seleccionado soporta las cargas estáticas.
- * El factor de seguridad mínimo es de 3, asegurando fiabilidad en el diseño de la estructura.
- * La extracción de gases a una velocidad de 5 m/seg asegura un ambiente de trabajo óptimo para el operario
- * La velocidad de circulación del sistema de recirculación de 0,15 m/seg mejora la agitación en el interior del depósito electrolítico.
- * Los resultados obtenidos en los diferentes análisis, demuestran que el diseño es confiable y que se ha cumplido con las metas propuestas.



RECOMENDACIONES

- * Al realizar la construcción, hacer uso de herramientas informáticas, para disminuir el margen de errores en el diseño.
- * Realizar un presupuesto previo, para buscar posibles soluciones para abaratar costos, si el caso lo ameritare.
- * Implementar medidas de seguridad al momento de la construcción, sobre todo al momento del uso de herramientas de corte y soldadura.
- * Utilizar guantes y mascarillas, puesto que los químicos con los que se trabaja pueden llegar a provocar complicaciones en la salud.



RECOMENDACIONES

- * Revisar que en la trampa de impurezas siempre cuente con agua antes de prender la bomba.
- * Realizar el mantenimiento del filtro cuando este aumente la presión.
- * Se recomienda realizar estudios de tiempos de niquelado para piezas metálicas, porque varían según su dimensión, forma y componente metálico.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA