



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO DE MATERIALES
FERROSOS PARA EL PROCESO DE CROMADO EN LA
EMPRESA “INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA”.**

MAYACELA VALDEZ CRISTIAN ANDRÉS
OTAÑEZ SANDOVAL NELSON DAVID

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

AÑO 2013

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: MAYACELA VALDEZ CRISTIAN ANDRÉS
OTÁÑEZ SANDOVAL NELSON DAVID

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO DE MATERIALES FERROSOS PARA EL PROCESO DE CROMADO EN LA EMPRESA INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Diciembre 2013.

Cristian Mayacela Valdez
CI: N° 1719310680

David Otáñez Sandoval
CI: N° 0503130841

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO

ING. MIGUEL CARVAJAL (DIRECTOR).

ING. FABRICIO PÉREZ (CODIRECTOR).

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO DE MATERIALES FERROSOS PARA EL PROCESO DE CROMADO EN LA EMPRESA INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA**” realizado por los señores: MAYACELA VALDEZ CRISTIAN ANDRÉS Y OTAÑEZ SANDOVAL NELSON DAVID, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de dos documentos empastados y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: MAYACELA VALDEZ CRISTIAN ANDRÉS Y OTAÑEZ SANDOVAL NELSON DAVID que lo entregue a ING. WILSON SÁNCHEZ, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Diciembre 2013.

Ing. Miguel Carvajal

DIRECTOR

Ing. Fabricio Pérez

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros: MAYACELA VALDEZ CRISTIAN ANDRÉS
OTÁÑEZ SANDOVAL NELSON DAVID

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO DE MATERIALES FERROSOS PARA EL PROCESO DE CROMADO EN LA EMPRESA INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Diciembre 2013.

Cristian Mayacela Valdez
CI: N° 1719310680

David Otáñez Sandoval
CI: N° 0503130841

DEDICATORIA

A:

Dios.

Por haberme dado salud y bendiciones para llegar a este gran objetivo.

Mis Padres.

Sonia y Ángel, por su apoyo en todo momento, por sus consejos, valores, por creer en mí, por su amor y motivación constante que me han permitido ser una persona de bien.

Mis Familiares.

Mi hermana Cristina por apoyarme y ayudarme en momentos difíciles; a mis abuelit@s PapiMel, Herminia, Marina(+), a mis tías Aída y Mabel, mi tío Manuel, a mis primos Juan Esteban, Renata y Alejandro que con su apoyo, valores y lucha me permiten seguir adelante.

Mis Amig@s.

Mi enamorada Gaby Jaramillo por su amor comprensión lucha en todo momento, a mis amigos Patricio, César, Carlos, Anita, Carito por todo si apoyo incondicional.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

CRISTIAN MAYACELA

Con un profundo sentimiento de amor y respeto dedico este proyecto a toda mi familia, en especial a mis padres Nelson y Rocío y abuelitos Oswaldo y Teresa, a mis hermanos Evelin y Brayan quienes con su esfuerzo incondicional han permitido forjarme como una persona de bien; en gratitud hacia ustedes les dedico este proyecto con todo mi amor y agradecimiento a toda la familia.

DAVID OTÁÑEZ

¡Muchas Gracias!

AGRADECIMIENTO

A:

Dios por darme la vida y las bendiciones de lucharla cada día.

Mis Padres, Sonia y Ángel, quienes con su apoyo incondicional moral y económico para lograr éste fin. Muchas gracias por su paciencia. A mi Hermana Cristina por estar siempre junto a mí te quiero mucho.

Mis abuelitos Herminia, Manuel y Marina (+), primos Juan Esteban, Renata, Alejandro, mis tías Aída y Mabel, a mi tío Manuel, muchas gracias por sus enseñanzas y paciencia. A mi compañero, amigo David que hemos luchado venciendo barreras para lograr este gran objetivo y por toda la experiencia adquirida.

Mis Tutores y Maestros que cada día con esmero, me entregaron sus conocimientos y valores en mi formación académica y personal.

CRISTIAN MAYACELA

Agradezco a Dios por todas las oportunidades que me ha dado en la vida, a mis queridos padres Nelson y Rocío por todo su esfuerzo, dedicación, comprensión y por ser ejemplo de trabajo y amor, quienes día a día me motivaron a ser un ejemplo de superación y lucha, a mis hermanos Evelin y Brayan por estar siempre junto a mí, a mis amigos y amigas que me apoyaron de una u otra manera y en especial a mi amigo y compañero de tesis Cristian que juntos vivimos y aprendimos muchas cosas. A mis maestros que con responsabilidad supieron transmitir sus conocimientos en mi formación académica y humana hasta culminar una etapa más de mi vida.

DAVID OTÁÑEZ

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICADO	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xx
ANEXOS	xxii
RESUMEN.....	xxiv
SUMARY	xxv
ANTECEDENTES	xxvi
OBJETIVO GENERAL	xxvii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xxvii
JUSTIFICACIÓN.	xxviii

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	1
1.1	INTRODUCCIÓN.	1
1.2	PULIDO.	2
1.2.1	GENERALIDADES.	2
1.2.2	PULIDO DE METALES.	2
1.2.3	CLASES DE PULIDO.	3
a.	Pulido Mecánico.	3
b.	Electropulido.	3
1.2.4	PROTECCIÓN PARA OPERADORES.	4
1.3	ELECTROLÍTICO.	4
1.3.1	ELECTROLITOS.	5
1.3.2	TIPOS DE ELECTROLITOS.	6
a.	Ácidos.	7
b.	Bases.	8
c.	Sales.	8
1.3.3	DENSIDAD DE CORRIENTE.	9
1.3.4	CÁTODO.	10
a.	Tipos de Cátodos.	10
1.3.5	ÁNODO.	11
1.3.6	CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA.	11
1.4	ELECTRÓLISIS.	12
1.4.1	DIFERENCIA DE VOLTAJE NECESARIO PARA PRODUCIR UNA ELECTRÓLISIS.	13
1.5	PULIDO ELECTROLÍTICO.	13
1.5.1	MATERIALES QUE SE PUEDEN ELECTROPULIR.	15
1.5.2	BAÑOS ELECTROLÍTICOS.	15
1.6	MATERIALES FERROSOS.	16
1.6.1	CARACTERÍSTICAS DEL HIERRO PURO.	17
1.7	CUBA ELECTROLÍTICA.	19
1.7.1	AGITACIÓN.	21

1.7.2	CONCENTRACIÓN DE LAS SOLUCIONES.....	21
1.7.3	DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS EN LA CUBA.....	22
1.8	GASES NOCIVOS.....	22
1.8.1	EFFECTOS AMBIENTALES GENERALES.....	23
1.8.2	DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL ELECTROPULIDO.....	24
1.8.3	MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	25
1.8.4	MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS.....	26
a.	Reducción en el origen.....	26
b.	Reducción de volumen.....	26
c.	Reciclaje y Recuperación.....	27
1.9	SENSORES DE TEMPERATURA.....	27
1.9.1	TERMOSTATO.....	28
a.	Tipos de Termostato.....	29
b.	Termistor.....	31
1.10	RECTIFICADORES DE CORRIENTE.....	31
1.10.1	FUENTES DE CORRIENTE CONTINUA.....	32
1.10.2	CORRIENTE.....	32
1.10.3	POLARIZACIÓN.....	33
a.	Voltaje de Descomposición.....	33
b.	Polarización de Concentración.....	33
c.	Pasividad Anódica.....	34
1.10.4	VOLTAJE NECESARIO PARA LA ELECTROLISIS EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD DE CORRIENTE.....	34
1.11	REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN AUTOMÁTICA.....	35
1.11.1	TEMPERATURA.....	35
1.11.2	CALEFACTOR.....	36
1.11.3	CALENTADORES DE CUARZO Y CÉRAMICA.....	36
1.12	EXTRACTOR DE GASES.....	38
1.12.1	FUNCIONES DE VENTILACIÓN.....	38
1.12.2	TIPOS DE VENTILACIÓN.....	38
a.	Ventilación General.....	38
b.	Ventilación Localizada.....	39
1.12.3	SITUACIÓN DEL EXTRACTOR.....	39
1.12.4	COMPOSICIÓN.....	39

1.12.5	CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES.	40
a.	Según la trayectoria del aire.	40
1.13	SISTEMA DE AISLAMIENTO.	42
1.13.1	AISLAMIENTO DE PORCELANA (TIPO CARRETE).	42
a.	Especificaciones Generales.	42
b.	Uso.	42
c.	Características.	43
d.	Descripción.	43

CAPÍTULO II

2	DISEÑO Y SELECCIÓN.	45
2.1	ANÁLISIS DEL SISTEMA.	45
2.1.1	CONDICIONES FÍSICAS.	46
2.1.2	TAMAÑO DE LA CUBA ELECTROLÍTICA.	46
2.2	FACTORES DE OPERACIÓN.	46
2.2.1	VOLTAJE Y DENSIDAD DE CORRIENTE.	47
2.2.2	TEMPERATURA DEL ELECTROLITO.	48
2.2.3	AGITACIÓN DEL ELECTROLITO.	49
2.2.4	TIEMPO DE TRATAMIENTO.	49
2.2.5	TAMAÑO DEL SISTEMA.	50
2.2.6	FLUIDO ELECTROLÍTICO.	50
2.2.7	PREPARACIÓN INICIAL DE LA SUPERFICIE.	51
2.3	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL METAL.	52
2.4	ETAPAS DEL PROCESO.	52
2.4.1	DECAPADO.	53
a.	Decapado Mecánico.	53
b.	Decapado Químico.	53
c.	Decapado Electrolítico.	54
d.	Lavado de Decapado.	55
2.4.2	DESENGRASE.	55
a.	Desengrase Químico.	55
b.	Desengrase Electroquímico.	55
c.	Desengrase Electrolítico.	56

2.4.3	PASIVADO.....	56
2.4.4	ENJUAGUE.....	57
2.4.5	TRATAMIENTO DESPUÉS DEL ELECTROPÚLIDO.....	57
2.4.6	ACABADO.....	59
a.	Cromado.....	59
b.	Niquelado.....	60
2.5	DETERMINACIÓN Y SELECCIÓN DEL ELECTROLITO.....	61
2.6	FACTORES DE LAS PIEZAS PARA EL RECUBRIMIENTO.....	64
2.7	CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PIEZAS A RECUBRIRSE ELECTROLITICAMENTE.....	65
2.8	PORCENTAJES DE ÁCIDOS PARA ELECTROPULIR.....	66
2.9	FORMULACIONES QUE SE PROBARÓN DE ACUERDO AL ANEXO B.....	66
2.10	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS.....	69
2.11	DISEÑO DE LA CUBA ELECTROLÍTICA.....	70
2.11.1	GENERALIDADES.....	70
a.	Recipientes.....	70
b.	Clasificación.....	70
2.11.2	TANQUES RECTANGULARES.....	71
2.11.3	DIMENSIONAMIENTO DE LA CUBA ELECTROLITICA.....	72
2.12	CÁLCULO DE LA VIGA.....	87
2.13	FACTOR DE DISEÑO O FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.).....	91
2.14	CÁLCULO DE LAS BARRAS CONDUCTORAS.....	91
2.14.1	BARRA DE COBRE - ÁNODO.....	91
2.14.2	BARRA DE COBRE - CÁTODO.....	96
2.15	ANÁLISIS DE FLEXIÓN EN LAS BARRAS CONDUCTORAS.....	101
2.16	GANCHOS Y BASTIDORES.....	106
2.16.1	CÁLCULO PARA EL GANCHO.....	108
2.17	SISTEMA DE AGITACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	113
2.17.1	SÍNTESIS DE ESLABONAMIENTOS.....	114
2.17.2	ANÁLISIS DE POSICIÓN.....	115
2.17.3	ANÁLISIS DE VELOCIDAD.....	119
2.17.4	ANÁLISIS DE ACELERACIÓN.....	123
2.17.5	MODELACIÓN DE LOS ESLABONES EN SOLIDWORKS.....	127
2.17.6	CÁLCULO DEL VOLANTE.....	154

2.17.7	SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR.	161
2.17.8	SISTEMA DE REDUCCIÓN POR ACCIONAMIENTO SIMPLE.	161
2.18	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA EL MECANISMO DE AGITACIÓN.	171
2.18.1	TENSIÓN DE VON MISSES.	171
2.18.2	FACTOR DE SEGURIDAD.	172
2.19	SELECCIÓN DEL RECTIFICADOR DE CORRIENTE.	173
2.19.1	CÁLCULOS DEL EQUIPO TRANSFORMADOR RECTIFICADOR CON SILICONES.	176
2.20	DISEÑO DEL EXTRACTOR DE GASES.	177
2.20.1	DEFINICIONES.	177
a.	Presión Estática, Pe.	177
b.	Presión Dinámica, Pd.	178
c.	Presión total, Pt.	178
2.20.2	PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LA CAPTACIÓN.	179
2.20.3	CIRCULACIÓN DE AIRE POR CONDUCTOS.	180
2.20.4	PÉRDIDA DE CARGA.	181
2.20.5	PROCESO PARA DECIDIR UN SISTEMA DE VENTILACION.	181
2.20.6	CÁLCULO DEL CAUDAL CFM (PIES ³ /MIN).	183
2.20.7	ELEMENTOS DE UNA CAPTACIÓN LOCALIZADA.	191
2.20.8	FUNCIÓN DEL EXTRACTOR.	193
2.20.9	MATERIAL DEL EXTRACTOR.	193
2.20.10	SELECCIÓN DEL EXTRACTOR.	193
2.21	SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL CALENTAMIENTO DEL ELECTROLITO.	196
2.22	SELECCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA.	199
2.22.1	TERMOSTATO.	199
2.23	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.	200
2.23.1	CONTROL MANUAL.	200
2.23.2	SELECCIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS.	201
2.24	DISEÑO DEL TABLERO DE MANDO.	204
2.24.1	SELECCIÓN DE LOS FUSIBLES.	204
a.	Fusible para protección del circuito de potencia.	204
2.24.2	SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR MAGNETO-TÉRMICO.	205

2.24.3	SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	206
a.	Conductor eléctrico del motor.....	206
b.	Termostato y Calefactor.....	208
2.24.4	SELECCIÓN DE ACCESORIOS ELÉCTRICOS.....	209
a.	Selector de dos posiciones.....	209
b.	Pulsadores.....	210
c.	Luces indicadoras.....	211
d.	Pulsador hongo con retención.....	211
2.24.5	DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA.....	212

CAPÍTULO III

3	CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	214
3.1	CONSTRUCCIÓN MECÁNICA.....	214
3.1.1	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES. (ANEXO G).....	215
3.1.2	CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA PARA LAS PRUEBAS Y EXPERIMENTOS.....	215
3.1.3	MATERIALES.....	217
a.	Construcción de la Cuba Electrolítica.....	217
b.	Materiales para la Instalación y Soporte de las Piezas.....	217
3.1.4	TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN.....	220
a.	Trazado y Corte.....	220
b.	Doblado.....	221
3.1.5	SOLDADURA DE RECIPIENTES.....	222
a.	Circunstancias para la realización de la Soldadura.....	222
b.	Economía de la Soldadura.....	223
c.	Soldadura de los bornes de las placas.....	224
d.	Proceso de Soldaduras se determina (ANEXO H).....	224
3.1.6	ESMERILADO Y PULIDO.....	225
3.1.7	CORTE Y PEGADO DEL RECUBRIMIENTO DE PVC.....	226
3.1.8	PERFILES DE SOPORTE EN LAS UNIONES DE LA CUBA.....	227
3.1.9	TALADRADO, CORTE Y SUJECIÓN PARA EL MECANISMO DE SOPORTE.....	230
3.1.10	ENSAMBLE.....	232
3.2	CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE.....	232

3.2.1	MECANISMO DE AGITACIÓN.....	233
3.3	CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE GASES.....	236
3.3.1	DUCTOS.....	236
3.3.2	CÁMARA DE VENTILACIÓN (CAMPANA).....	236
3.3.3	TECHERA.....	238
3.3.4	ENSAMBLE DE LOS DUCTOS.....	239
3.4	INSTALACIÓN DE LOS ELECTRODOS Y COMPONENTES QUÍMICOS.....	240
3.4.1	COMPONENTES QUÍMICOS.....	240
3.4.2	BARRAS DE PLOMO.....	241
3.4.3	CONSTRUCCIÓN DE GANCHOS.....	241
3.5	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	243
3.6	MONTAJE DEL SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO.....	244
a.	Montaje de la Cuba Electrolítica.....	244
b.	Montaje de la Estructura de Soporte y Sistema de Agitación.....	246
c.	Montaje del Extractor de Gases.....	247
d.	Montaje del Sistema de Control.....	249
3.6.1	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	251
3.6.2	INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE FUERZA.....	251
3.7	INSTALACIÓN DEL TERMOSTATO.....	252
3.8	INSTALACIÓN DEL CALEFACTOR DE CUARZO.....	253

CAPÍTULO IV

4	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	256
4.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CUBA ELECTROLITICA.....	256
4.1.1	COMPONENTES QUÍMICOS.....	257
4.2	MATERIALES FERROSOS.....	258
4.2.1	MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	259
4.2.2	MEDICIÓN DE DENSIDAD.....	259
4.2.3	TIEMPO DE EXPOSICIÓN.....	260
4.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGITACIÓN.....	260
4.4	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES.....	260
4.5	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	261

4.5.1	TABLERO DE CONTROL.....	261
4.6	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.....	262
4.6.1	ANÁLISIS FINANCIERO.....	262
4.6.2	ANÁLISIS DE COSTOS.....	262
4.6.3	ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	262
a.	Costos de Materiales Directos.....	262
b.	Costos de Elementos Normalizados.....	263
c.	Costos de Maquinado.....	265
d.	Costos de Montaje.....	265
e.	Costo Directo Total.....	266
4.6.4	ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	266
a.	Costos de Materiales Indirectos.....	266
b.	Gastos Imprevistos.....	266
c.	Costo Total Indirecto.....	267
4.6.5	INVERSIÓN INICIAL DE LA MÁQUINA.....	267
4.6.6	PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	267
4.6.7	VALOR PRESENTE NETO.....	268
4.6.8	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	269
4.6.9	PERIODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).....	269
4.6.10	RELACIÓN BENEFICIO – COSTO (RBC).....	270
4.6.11	INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO.....	271
4.6.12	PULIDO MECÁNICO VS ELECTROPULIDO.....	272

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	274
5.1	CONCLUSIONES.....	274
5.2	RECOMENDACIONES.....	277
	BIBLIOGRAFIA.....	279

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1: Balance de materiales para la operación de recubrimiento electrolítico.	6
Figura 1.2: Electrólisis	12
Figura 1.3: Pulido Electrolítico.....	14
Figura 1.4: Recipiente destinado para cuba electrolítica	20
Figura 1.5: Termistor NTC	31
Figura 1.6: Comparación con otros calefactores.....	37
Figura 1.7: Ventiladores Centrífugos.....	40
Figura 1.8: Ventiladores Axiales.	40
Figura 1.9: Ventiladores Helicentrífugos.....	41
Figura 1.10: Dimensionamiento del Aislador.	43
Figura 1.11: Tipos de Aisladores.....	44

CAPÍTULO II

Figura 2.1: Tina de baño de Cromo.	59
Figura 2.2: Tina de baño de Níquel.....	60
Figura 2.3: Curva anómala de Intensidad Potencial.....	63
Figura 2.4: Tipos de recipientes de almacenamiento de sustancias.	71
Figura 2.5: Dimensionamiento de la Cuba.....	73
Figura 2.6: Dimensionamiento interno de la Cuba.	75
Figura 2.7: Relación entre Longitud y Altura (α).	85
Figura 2.8: Recubrimiento de PVC.....	85
Figura 2.9: Diagramas de Esfuerzos para la Viga.....	88
Figura 2.10: Viga en SolidWorks	90
Figura 2.11: Diagramas de Esfuerzo para el ánodo.	92
Figura 2.12: Barra de Cobre (ánodo).	96
Figura 2.13: Diagramas de Esfuerzos para el cátodo.....	97
Figura 2.14: Barra de Cobre (Cátodo).	100
Figura 2.15: Análisis de Flexión-Ánodo.....	102
Figura 2.16: Análisis de Flexión-Cátodo.	103
Figura 2.17: Distintos diseños de ganchos.....	107
Figura 2.18: Determinación del Gancho.....	108
Figura 2.19: Gancho (Solidworks).....	112

Figura 2.20: Mecanismo Biela Manivela Corredera.....	113
Figura 2.21: Vectores del Mecanismo	115
Figura 2.22: θ_3 Vs θ_2	117
Figura 2.23: r_1 Vs θ_2	118
Figura 2.24: W_3 Vs θ_2	121
Figura 2.25: v_1 Vs θ_2	122
Figura 2.26: α_3 Vs θ_2	125
Figura 2.27: a_1 Vs θ_2	126
Figura 2.28: acg_2 Vs θ_2	133
Figura 2.29: R_{32} Vs θ_2	136
Figura 2.30: R_{12} Vs θ_2	137
Figura 2.31: acg_3 Vs θ_2	139
Figura 2.32: R_{23} Vs θ_2	141
Figura 2.33: R_{43} Vs θ_2	142
Figura 2.34: acg_{4x} Vs θ_2	145
Figura 2.35: F_{12} Vs θ_2	147
Figura 2.36: F_{32} Vs θ_2	148
Figura 2.37: F_{43} Vs θ_2	149
Figura 2.38: F_{14} Vs θ_2	150
Figura 2.39: T_{12} Vs θ_2	151
Figura 2.40: $P_{m\acute{a}x}$ Vs θ_2	153
Figura 2.41: Volante (Solidworks).....	160
Figura 2.42: Geometría Básica de un impulsor de banda.	162
Figura 2.43: Gráfica de selecci3n para bandas en V industriales de secci3n estrecha.	164
Figura 2.44: Especificaci3n de Potencia: Bandas 3V.	166
Figura 2.45: Factor de correcci3n para Longitud de la banda, C_L	169
Figura 2.46: Factor de correcci3n del ángulo de la envolvente, C_θ	169
Figura 2.47. Mecanismo de Agitaci3n.	170
Figura 2.48: Tensi3n de Von Misses generada en la estructura.	172
Figura 2.49: Factor de diseño de la estructura.	173
Figura 2.50: Circuito rectificador y señal de media onda.	174
Figura 2.51: Tipos de Ventilaci3n.....	179
Figura 2.52: Sistema de Aspiraci3n.	180
Figura 2.53: Presi3n Dinámica de Aire en funci3n de su velocidad.	184
Figura 2.54: Conductos Circulares Rectilíneos Pérdida de carga por rozamiento del aire. ..	186
Figura 2.55: "n" Coeficiente de pérdida de carga de campanas de captaci3n.....	187
Figura 2.56: "n" Coeficiente de pérdida de carga de secci3n circular.	188
Figura 2.57: "n" Coeficiente de pérdida de carga de salida por el tejado.	189

Figura 2.58: Tipos de Campanas.....	192
Figura 2.59: Extractor Axial	195
Figura 2.60: Campana Extractora (Solidworks).....	195
Figura 2.61: Tubo Extractor (Solidworks).....	195
Figura 2.62: Techera (Solidworks).	196
Figura 2.63: Base Extractor- techera (solidworks.)	196
Figura 2.64: Calefactor (Solidworks).....	198
Figura 2.65: Termostato.....	199
Figura 2.66: Extractor (Solidworks).	203
Figura 2.67: Fusible y porta fusible marca LEGRAND.	204
Figura 2.68: Interruptor magneto-térmico marca SIEMENS.....	205
Figura 2.69: Selector de tres posiciones marca CAMSCO.	209
Figura 2.70: Pulsadores marca CAMSCO.	210
Figura 2.71: Pulsador hongo con retención CAMSCO.....	212
Figura 2.72: Circuito de Fuerza	213

CAPÍTULO III

Figura 3.1: Prototipo de Máquina I.....	215
Figura 3.2: Prototipo de Máquina II.....	216
Figura 3.3: Calentamiento de la Sustancia.....	216
Figura 3.4: Aspecto de las Paredes de la Cuba.	217
Figura 3.5: Materiales para la Instalación.	219
Figura 3.6: Herramientas para el Proceso de Trazado.	220
Figura 3.7: Proceso de Corte con Plasma de las Planchas de Acero.....	221
Figura 3.8: Proceso de Doblado.....	222
Figura 3.9: Tipos de uniones empleados para bordes de placa.	224
Figura 3.10: Proceso de Soldadura con arco eléctrico.	225
Figura 3.11: Proceso de Esmerilado y Pulido.	226
Figura 3.12: Recubrimiento de PVC.....	227
Figura 3.13: Proceso de corte con arco de sierra.	227
Figura 3.14: Elemento atiesador inferior.	228
Figura 3.15: Proceso de colocación de los perfiles.	228
Figura 3.16: Proceso de Soldadura Eléctrica MIG.....	229
Figura 3.17: Base del Aislador.....	229
Figura 3.18: Proceso para el Soporte del Mecanismo.....	231
Figura 3.19: Ensamble de la Cuba Electrolítica.....	232

Figura 3.20: Aspecto de la Estructura Metálica.	232
Figura 3.21: Materiales Construidos.	233
Figura 3.22: Ensamble del Sistema de Agitación.	234
Figura 3.23: Ensamble del Motor - Reductor Mediante Bandas.....	235
Figura 3.24: Aspecto de los Ductos.	236
Figura 3.25: Aspecto de la Cámara de Ventilación.....	238
Figura 3.26: Techera.	238
Figura 3.27: Ensamble de los Ductos de Recirculación.....	239
Figura 3.28: Componentes Químicos.....	240
Figura 3.29: Barras de Plomo	241
Figura 3.30: Ensamble de Ganchos.....	242
Figura 3.31: Instalación del Tablero de Protección.	243
Figura 3.32: Estructura de soporte a la cuba (viga).	245
Figura 3.33: Lijado y pintado de la Cuba.....	245
Figura 3.34: Montaje de la Estructura.....	246
Figura 3.35: Montaje del Sistema de Agitación.....	246
Figura 3.36: Montaje de los Ductos.	247
Figura 3.37: Montaje de la techera.....	248
Figura 3.38: Montaje del Extractor.	248
Figura 3.39: Montaje del Tablero de Control.....	249
Figura 3.40: Cableado del Sistema de Control.	251
Figura 3.41: Cableado del Sistema de Fuerza.	252
Figura 3.42: Ubicación del Sensor del Termostato.....	253
Figura 3.43: Calefactor de Cuarzo.	254
Figura 3.44: Sistema de Electropulido para Materiales Ferrosos.	255

CAPÍTULO IV

Figura 4.1: Pesos de las Soluciones.	257
Figura 4.2: Pieza antes de Electropulir.	258
Figura 4.3: Pieza después de Electropulir.....	258

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1.1: Materiales que se pueden Electropulir.....	15
Tabla 1.2: Propiedades de los materiales ferrosos.	18
Tabla 1.3: Impacto de Residuos.....	23
Tabla 1.4: Sensores de Temperatura.....	28
Tabla 1.5: Pérdidas de Potencia.....	35
Tabla 1.6: Propiedades de los Calefactores.....	37
Tabla 1.7: Leyes de los Ventiladores.....	41
Tabla 1.8 : Dimensiones del Aislador.....	44

CAPÍTULO II

Tabla 2.1: Resumen de los Procesos.....	61
Tabla 2.2: Soluciones Probadas.....	68
Tabla 2.3: Selección del tamaño de la viga. (ANEXO D-1).....	89
Tabla 2.4: Características del Cobre.....	108
Tabla 2.5: Criterios para esfuerzo de diseño - esfuerzos normales directos.....	109
Tabla 2.6: Propiedades físicas de la biela.....	128
Tabla 2.7: Propiedades Física de la Manivela.....	130
Tabla 2.8: Coeficientes de fluctuación para diseño de volante.....	156
Tabla 2.9: Velocidades de motor de CA para corriente de 60HZ.....	162
Tabla 2.10: Factores de Servicio para bandas en V.....	163
Tabla 2.11: Longitudes de bandas estándar para bandas 3V, 5V y 8V (en pulg.).....	168
Tabla 2.12: Velocidades de Captación.....	183
Tabla 2.13: Gama de los valores mínimos de transporte de aire contaminado en las condiciones.....	185
Tabla 2.14: Características Técnicas.....	194
Tabla 2.15: Datos de calefactor de cuarzo.....	198
Tabla 2.16: Datos de Placa del Termostato.....	199
Tabla 2.17: Datos de Placa del motor.....	201
Tabla 2.18: Datos de Placa del Reductor.....	202
Tabla 2.19: Características de los Contactores.....	202
Tabla 2.20: Datos de Placa del Extractor.....	203

Tabla 2.21: Fusibles para el circuito de potencia.....	204
Tabla 2.22: Características del interruptor magneto-térmico.....	205
Tabla 2.23: Características del selector de dos posiciones.	209
Tabla 2.24: Características de los pulsadores.	210
Tabla 2.25: Características de las luces indicadoras.....	211
Tabla 2.26: Características del pulsador hongo con retención.....	211

CAPÍTULO III

Tabla 3.1: Partes y accesorios del tablero de control.....	250
--	-----

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1: Costos de materiales directos.....	263
Tabla 4.2: Costos de materiales normalizados.....	264
Tabla 4.3: Costos de maquinado.....	265
Tabla 4.4: Costo directo total.....	266
Tabla 4.5: Costos de materiales indirectos.....	266
Tabla 4.6: Costo total indirecto.....	267
Tabla 4.7: Inversión inicial de la máquina.....	267
Tabla 4.8: Valores límites para que el proyecto sea económicamente viable.....	270
Tabla 4.9: Valores obtenidos durante el análisis financiero.	271

ANEXOS

ANEXO A: MATERIALES FERROSOS.

ANEXO B: SOLUCIONES Y CONDICIONES DE TRABAJO.

ANEXO B.1. Composición de diferentes baños de Electropulido.

ANEXO B.2. Composición para el Electropulido del acero.

ANEXO B.3. Composiciones diversas para el Electropulido.

ANEXO C: MUESTRA DEL DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELECTROPULIDO.

ANEXO D: CARÁCTERÍSTICAS DE MATERIALES.

ANEXO D.1. Propiedades de Vigas de madera estándar.

ANEXO D.2. Catálogo de materiales DIPAC.

ANEXO D.3. Conductores THHN.

ANEXO D.4. Dimensionamiento del extractor axial.

ANEXO D.5. Curva características del extractor axial.

ANEXO D.6. Ilustración de una instalación típica de un calefactor con el termostato.

ANEXO D.7. Interruptor termo-magnético, selector – pulsadores marca CAMSCO.

ANEXO D.8. Fusibles LEGRAND

ANEXO D.9. Portafusibles LEGRAND tipo lexic.

ANEXO E: FACTOR DE SEGURIDAD.

ANEXO F: FLUJO DE CAJA.

ANEXO G: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA PARA ELECTROPULIR MATERIALES FERROSOS.

ANEXO H: SOLDADURA.

ANEXO H.1. Características de los electrodos.

ANEXO H.2. WPS.

ANEXO H.3. WPS.

ANEXO I: PRUEBAS.

ANEXO I.1. Pruebas en un prototipo pequeño para el no desperdicio de ácidos.

ANEXO I.2. Pruebas.

ANEXO J: PLANOS ELÉCTRICOS.

ANEXO K: PLANOS MECÁNICOS.

ANEXO L: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

ANEXO L.1. Manual de Operación.

ANEXO L.2. Manual de Mantenimiento.

ANEXO M: MANUAL DE SEGURIDAD.

RESUMEN

En la actualidad vemos como las industrias tienden a automatizar los procesos de fabricación y hacer más exigente el control de calidad, el procedimiento para obtener una pieza pulida con un acabado acorde con las exigencias del consumidor.

Dada la necesidad de implementar un procedimiento ágil y eficaz en el presente trabajo de tesis se trata de evaluar las condiciones óptimas para el desarrollo en lo posterior del proceso de electropulido.

El procedimiento a evaluarse se lleva a cabo sumergiendo a cada pieza a tratar de dimensiones predeterminadas en un baño electrolítico conteniendo ácido fosfórico y ácido sulfúrico.

En la cuba electrolítica han sido dispuestos barras de plomo las cuales actuarán como cátodo, mientras que las piezas a sumergir serán los ánodos. Todos ellos están conectados a una fuente de rectificación que provee de corriente directa al sistema.

Durante el electropulido habrá parámetros que se tomarán en cuenta y se controlaran como son:

- ✚ Densidad de corriente.
- ✚ Temperatura del baño.
- ✚ Tiempo de permanencia del baño.

Los cuales influenciarán de una u otra manera en los resultados finales de las piezas a electropulir. Además las probetas pulidas tendrán brillo, su superficie estará libre de rugosidad. Finalmente se procederá el material a niquelar y cromar.

SUMMARY

Currently it looks like industries tend to automate manufacturing processes and make more demanding quality control, the procedure to obtain a polished piece with a finish line with consumer demands.

Given the need to implement an agile and effective in this thesis is to evaluate the optimal conditions for further development in the electropolishing process.

The procedure is performed assessed submerging each piece of predetermined dimensions to be treated in an electrolytic bath containing phosphoric acid and sulfuric acid.

In Cuba have been arranged electrolytic lead rods which act as a cathode, while the parts to be the anodes dip. They are all connected to a power source which supplies power rectification directly into the system.

During electropolishing parameters will be taken into account and controlling for such as:

- ✚ Current density.
- ✚ Bath temperature.
- ✚ Time spent in the bathroom.

Which influence one way or another in the final results of the parts to electropolishing. Polished specimens will also shine; its surface will be free from roughness. Finally, the material shall be chrome and nickel.

ANTECEDENTES

En el transcurso del tiempo la empresa “INGENIEROS LARA NÚÑEZ CIA LTDA” ha evolucionando en su producción e infraestructura por lo que se van presentando nuevos problemas y necesidades tales como mejorar la calidad del material en base a un pulido electrolítico, aumentando su producción, para poder mantenerse dentro del mercado y ser competentes, llevando así estándares de calidad.

Es por esto que se ve en la necesidad de disponer del sistema de pulido electrolítico el mismo que permitirá tener un proceso automático en el que se puede distinguir muchas variables que podrán ser controladas por diferentes elementos, sean estos: mecánicos, térmicos, químicos, eléctricos, etc.

OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR, CONSTRUIR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO DE MATERIALES FERROSOS PARA EL PROCESO DE CROMADO EN LA EMPRESA “INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Diseñar y construir una cuba o reactor electrolítico.
- ✚ Calcular el electrólito.
- ✚ Seleccionar e implementar sustancia químicas, electrolisis, pulido.
- ✚ Disminuir los tiempos de producción en el área de pulido.
- ✚ Implementar un sensor de temperatura para el control del sistema.
- ✚ Mejorar el acabado superficial del producto final.
- ✚ Implementar los sistemas eléctricos de control, componentes químicos y mecánicos.
- ✚ Diseñar un ventilador o extractor de gases.

JUSTIFICACIÓN.

Existen muchas empresas de este tipo que utilizan un pulido mecánico con un alto costo en mano de obra, insumos y consumo de energía y con un pulido de calidad no aceptable.

Con el conocimiento que nosotros tenemos en nuestra carrera y con una investigación previa se ha visto la posibilidad de diseñar un sistema de pulido electrolítico que permita mejorar la calidad del producto, disminuir la inversión económica, reducir su precio y mejorar los tiempos de producción, de esta manera ayudar a muchas empresa que tienen deficiencia en esta área en el proceso de cromado.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1.1 INTRODUCCIÓN.

En el transcurso del tiempo la empresa “**INGENIEROS LARA NÚÑEZ CIA LTDA**” ha ido evolucionando en su producción e infraestructura por lo que se van presentando nuevos problemas y necesidades tales como mejorar la calidad del material en base a un pulido electrolítico, aumentando su producción, para poder mantenerse dentro del mercado y ser competentes, llevando así estándares de calidad.

El problema que se presenta actualmente es que no existe un sistema automático de pulido electrolítico para materiales ferrosos en el área de cromado, con el propósito de producir mejores resultados en los acabados, aumentar la resistencia a la corrosión, disminuir el tiempo y costo del pulido, ahorro en insumos y mano de obra.

El presente proyecto consiste en la factibilidad de la construcción e implementación de una máquina para el pulido electrolítico de materiales ferrosos para el proceso de cromado, la cual servirá para eliminar los defectos microscópicos, gránulos y partículas de la superficie de una pieza metálica.

Con la aplicación de corriente, se forma un film polarizado en la superficie metálica bajo tratamiento. Simultáneamente y bajo condiciones controladas de intensidad de corriente y temperatura tiene lugar un abrillantamiento de la superficie.

Además del diseño de un sistema de ventilación para la eliminación correcta de los gases tóxicos, densidad, tiempo, ya que éstas servirán para disminuir el tiempo y costo del pulido, ahorro en insumos y mano de obra.

Todo el diseño y la construcción estarán implementadas en la planta **“INGENIEROS LARA NÚÑEZ CIA LTDA”**.

1.2 PULIDO.

1.2.1 GENERALIDADES.

Técnica que consiste en rebajar e igualar las imperfecciones que pueda tener las piezas metálicas mediante la aplicación de productos y abrasivos. Las fases del pulido son (de mayor a menor abrasividad): corte, pulido y acabado.

El pulido a mano es aplicable de una forma relativa ya que deberá ser en zonas pequeñas con desperfectos no demasiado severos y con una dureza de la superficie no demasiado dura. Por todo esto al hablar de pulido generaliza al realizado con máquina.

1.2.2 PULIDO DE METALES.

Gracias al pulido de metales se limpian, abrillantan y restauran artículos puros o enchapados de oro, plata, acero inoxidable, latón, cobre, aluminio, níquel, cromo u otros metales y aleaciones. Lograr una superficie lisa y brillante requiere herramientas tales como máquinas esmeriladoras, lustradoras y pulidoras fijas, de mesa o portátiles.

Para desgrasar, limpiar, pulir y lustrar metales se utilizan disolventes, ácidos y diversos materiales abrasivos. El pulido de metales puede suponer varios peligros, entre ellos, la exposición a sustancias químicas, atrapamiento/enredamiento, exposición a ruido y aspectos ergonómicos.

1.2.3 CLASES DE PULIDO.

a. Pulido Mecánico.

La preparación mecánica de las superficies se puede dividir convenientemente en dos etapas:

- ✚ **Esmerilado:** usando técnicas abrasivas para producir una superficie razonablemente lisa y plana.

- ✚ **Pulido:** usando abrasivos finos sobre poleas para dar una superficie lisa y brillante.

Se comprende entonces que las propiedades físico-químicas de la capa superficial obtenida por pulido mecánico son distintas a las del metal subyacente, originando tensiones mecánicas que, en determinadas condiciones, pueden dar lugar a procesos de corrosión.

b. Electropulido.

El pulido electrolítico es un procedimiento que consiste en disolver de forma preferencial las diferentes asperezas superficiales de una pieza. En el electropulido, la pieza actúa como ánodo y el baño está compuesto generalmente de ácidos inorgánicos concentrados, como el sulfúrico, clorhídrico, perclórico, fosfórico y crómico.

1.2.4 PROTECCIÓN PARA OPERADORES.

Para su protección, los trabajadores deben observar precauciones de seguridad y utilizar equipos de protección personal (PPE, por sus siglas en inglés). Los guantes, gafas de seguridad y caretas protectoras protegen las manos y los ojos. Se pueden utilizar cremas barreras para proteger la piel expuesta contra la absorción de sustancias químicas o metales.

Podría necesitarse protección respiratoria para prevenir la inhalación de los vapores químicos y el polvo de metal producidos durante el pulido. Los tapones para los oídos o las orejeras protegen contra los riesgos que causa el ruido fuerte.

Las sustancias químicas usadas para pulir metales pueden ser inflamables y peligrosas. Antes de su uso deberá consultarse la hoja de datos de seguridad de materiales de cada sustancia química. Estas sustancias deben usarse en áreas dotadas de buena ventilación, sin humos ni fuentes de llamas. Las sustancias químicas nunca se deben mezclar y los trapos empapados de sustancias químicas deben tirarse a la basura siguiendo las normas apropiadas.

1.3 ELECTROLÍTICO.

El proceso electrolítico consiste en disolver una sustancia en un determinado disolvente, con el fin de que los iones que constituyen dicha sustancia estén presentes en la disolución. Posteriormente se aplica una corriente eléctrica a un par de electrodos conductores colocados en la disolución. El electrodo cargado negativamente se conoce como cátodo, y el cargado positivamente como ánodo. Cada electrodo atrae a los iones de carga opuesta. Así, los iones positivos, o cationes, son atraídos al cátodo, mientras que los iones negativos, o aniones, se desplazan hacia el ánodo.

La energía necesaria para separar a los iones e incrementar su concentración en los electrodos, proviene de una fuente de poder eléctrica que mantiene la diferencia de potencial en los electrodos.

En los electrodos, los electrones son absorbidos o emitidos por los iones, formando concentraciones de los elementos o compuestos deseados. La electrólisis no depende de la transferencia de calor, aunque éste puede ser producido en un proceso electrolítico, por tanto, la eficiencia del proceso puede ser cercana al 100%.

1.3.1 ELECTROLITOS.

Electrolito es una solución de sales metálicas, que servirán para comenzar el proceso entregando iones metálicos, que serán reemplazados por el ánodo. Un electrolítico es una sustancia capaz de ser descompuesta por electricidad, definición que se puede aplicar igualmente a sustancias en forma sólida y en solución.

Un cuerpo sólido puede poseer la propiedad de no ser conductor, aun utilizando ciertos disolventes, puede continuar ofreciendo resistencia al paso de la corriente. En tal caso ninguna de las dos formas es susceptible de electrólisis.

Por electrólisis se entiende en general la descomposición de sustancias químicas mediante la corriente eléctrica.

“Un electrolito se describe como concentrado si tiene una alta concentración de iones; o diluido, si tiene una baja concentración. Si una alta proporción del soluto permanece no ionizado la solución es débil.”¹

¹Cevallos Erazo Marcela Belén. (2005). *Rediseño del Proceso de Cincado de la Empresa Metalquímica Galvano*. Página 25

Los materiales en el proceso electrolítico.

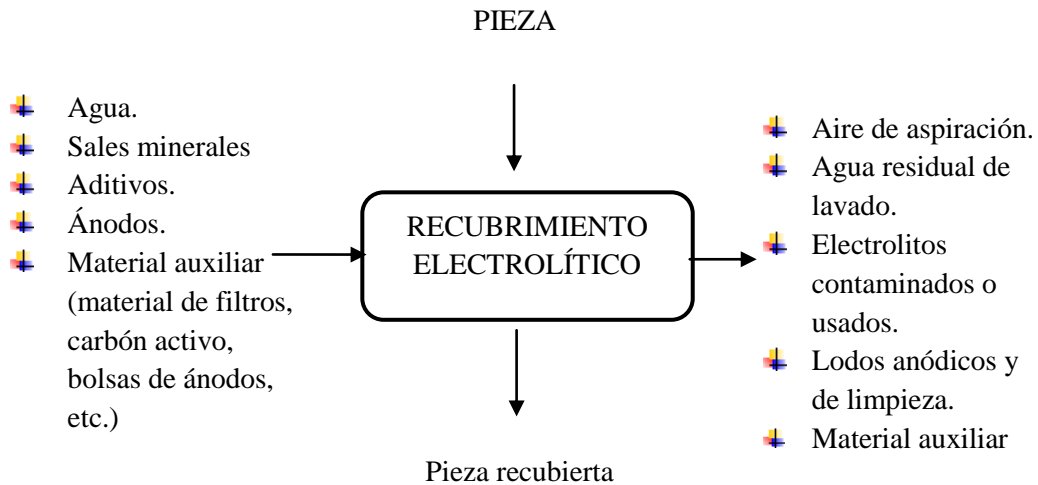


Figura 0.1: Balance de materiales para la operación de recubrimiento electrolítico.

1.3.2 TIPOS DE ELECTROLITOS.

Los electrolitos pueden ser débiles o fuertes, según estén parcial o totalmente ionizados o disociados en medio acuoso.

Un electrolito fuerte es toda sustancia que al disolverse en agua lo hace completamente y provoca exclusivamente la formación de iones con reacción de disolución prácticamente irreversible.

Los electrolitos fuertes se disocian completamente en un disolvente e incluyen sustancias que:

- ✚ Se ionizan para dar un protón al ácido.
- ✚ Se disocian para dar oxácidos a las bases.
- ✚ Otros tipos de sustancias constituidas por las sales que en disolución producen cationes y aniones (libre en disolución).

Un electrolito débil es una sustancia que al disolverse en agua lo hace parcialmente y produce iones parcialmente, con reacciones de tipo reversibles.

Los electrolitos pueden ser ácidos, bases o sales.

a. Ácidos.

Sustancias compuestas que reaccionan con las bases, neutralizándolas, producen cambios en la coloración de indicadores y atacan a los metales con desprendimiento de hidrógeno.

Existen dos tipos de ácidos: los oxácidos, que contienen oxígeno en su molécula, como el ácido nítrico, el ácido sulfúrico o el ácido fosfórico; y los hidrácidos, carentes de oxígeno, que son propiamente disoluciones acuosas de un compuesto binario de hidrógeno con un elemento fuertemente electronegativo, como el ácido clorhídrico.

El carácter ácido sólo se manifiesta cuando se hallan en disolución acuosa. Si la proporción de ácido en la disolución es elevada, se denomina ácido concentrado, en contraposición al ácido diluido.

Un ácido fuerte es aquel que presenta un importante grado de disociación, mientras que el escasamente disociable recibe el apelativo de débil.

b. Bases.

Son sustancias cáusticas, que tiñen de azul el papel de tornasol y enrojecen la disolución alcohólica de fenolftaleína.

Una base será fuerte o débil según la mayor o menor facilidad con que se una al ión H^+ . Las bases más fuertes son las que corresponden a los metales alcalinos, como el hidróxido sódico o sosa cáustica ($Na(OH)$) y el hidróxido potásico o potasa cáustica (KOH), pues los hidróxidos presentan un carácter básico tanto más fuerte cuanto menos electronegativo sea el metal.

c. Sales.

La sal está formada por iones de signos opuestos por neutralización de un ácido: el anión procede del ácido y el catión procede de la base. Las sales son electrólitos fuertes. Según los casos, sus iones constitutivos son simples.

La solubilidad de una sal en un disolvente depende de numerosos factores, por ejemplo la carga y dimensión de los iones, la constante dieléctrica del disolvente, la polarizabilidad de las moléculas del disolvente, etc. Por esta razón, existen sales de muy diversas solubilidades en agua: desde sales prácticamente insolubles, como por ejemplo el $BaSO_4$, hasta sales muy solubles en agua.

1.3.3 DENSIDAD DE CORRIENTE.

La velocidad con que se efectúa un recubrimiento electrolítico es de mucha importancia, estas velocidades varían considerablemente, y en todos los casos una velocidad excesiva conduce siempre a la producción de depósitos irregulares, de grano suelto, o quemaduras.

Un sistema para establecer un método de comprobación es usualmente de intensidad y corriente (amperios) por unidad de superficie (dm^2), lo que proporciona un sencillo método para determinar la corriente que va a emplearse.

Requerimientos esenciales de las soluciones en electrodeposición:

- ✚ Contener elevada proporción del metal.
- ✚ Buena conductividad para reducir la energía absorbida en el proceso.
- ✚ Ser estables, no solamente en presencia del metal que se va a recubrir, sino en contacto con el aire, aunque esta última especificación no la cumplan los cianuros, ya que continuamente se están descomponiendo con desprendimiento de cianhídrico y acumulación de carbonatos. Permitir una correcta disolución anódica, para contener la concentración metálica de la solución.
- ✚ Producir depósitos regulares y adherentes.
- ✚ Una buena penetración (acción de profundidad).

1.3.4 CÁTODO.

El cátodo como un elemento de recubrimientos superficial se constituye en el material de sacrificio el cual se descompondrá a través del electrólito y a su vez se unirá al material a proteger por medio de una fuerza electromotriz que lo ayuda a formar el baño.

Se fundamenta en el mismo principio de la corrosión galvánica, en la que un metal más activo es anódico con respecto a otro más noble, corroyéndose el metal catódico.

La diferencia de potencial existente entre el metal catódico y la superficie a proteger, es de bajo valor porque este sistema se usa para pequeños requerimientos de corriente, pequeñas estructuras y en medio de baja resistividad.

a. Tipos de Cátodos.

Considerando que el flujo de corriente se origina en la diferencia de potencial existente entre el metal a proteger y el ánodo, éste último deberá ocupar una posición.

Los cátodos que con mayor frecuencia se utilizan en la protección catódica son: Magnesio, Zinc, Aluminio.

- ✚ **Magnesio:** Los cátodos de Magnesio tienen un alto potencial con respecto al hierro y están libres de pasivación. Están diseñados para obtener el máximo rendimiento posible, en su función de protección catódica.

Los cátodos de Magnesio son apropiados para oleoductos, pozos, tanques de almacenamiento de agua, incluso para cualquier estructura que requiera protección catódica temporal. Se utilizan en estructuras metálicas enterradas en suelo de baja resistividad hasta 3000 ohmio-cm.

✚ **Zinc:** Para estructura metálica inmersas en agua de mar o en suelo con resistividad eléctrica de hasta 1000 ohm-cm.

✚ **Aluminio:** Para estructuras inmersas en agua de mar.

1.3.5 **ÁNODO.**

El ánodo dentro de un proceso de recubrimiento se constituye la pieza o elemento que se está protegiendo a través del baño. Por lo tanto este material va a ser un elemento mecánico, una estructura etc. La misma que se deseará que mantenga sus propiedades mecánicas durante la mayor cantidad de tiempo.

1.3.6 **CORROSIÓN ELECTROQUÍMICA.**

Es aquella que tiene lugar en metales expuestos a medios electrolíticos (agua de mar, soluciones, etc.) y que en general circulan sobre el material corrientes eléctricas que originan.

Estas corrientes provienen de las pequeñas pilas galvánicas producidas por heterogeneidades del material o del medio ambiente así como también las entregadas por una fuerza electromotriz exterior a través de rectificadores en donde al metal alimentado por el polo positivo de la fuente se lo conoce como ánodo mientras que al metal alimentado por el polo negativo como cátodo.

1.4 ELECTRÓLISIS.

La electrólisis es un proceso donde la energía eléctrica cambiará a energía química. El proceso sucede en un electrólito, una solución acuosa o sales disueltas que den la posibilidad a los iones ser transferidas entre dos electrodos. El electrolito es la conexión entre los dos electrodos que también están conectados con una corriente directa. Esta unidad se llama célula de electrólisis y se muestra en la figura 1.2:

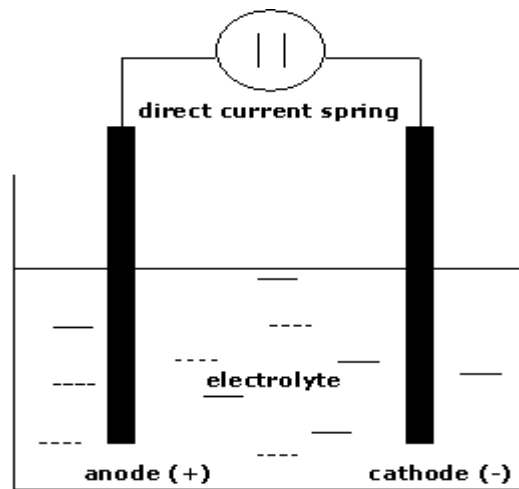


Figura 0.2: Electrólisis

El proceso electrolítico consiste en lo siguiente. Se disuelve una sustancia en un determinado disolvente, con el fin de que los iones que constituyen dicha sustancia estén presentes en la disolución. Posteriormente se aplica una corriente eléctrica a un par de electrodos conductores colocados en la disolución.

El electrodo cargado negativamente se conoce como cátodo, y el cargado positivamente como ánodo. Cada electrodo atrae a los iones de carga opuesta. Así, los iones positivos, o cationes, son atraídos al cátodo, mientras que los iones negativos, o aniones, se desplazan hacia el ánodo.

La energía necesaria para separar a los iones e incrementar su concentración en los electrodos, proviene de una fuente de potencia eléctrica que mantiene la diferencia de potencial en los electrodos.

1.4.1 DIFERENCIA DE VOLTAJE NECESARIO PARA PRODUCIR UNA ELECTRÓLISIS.

La diferencia de potencial necesario para producir una electrólisis, y por consiguiente un recubrimiento electrolítico, será tanto mayor cuanto lo sea:

La resistencia del baño y la fuerza electromotriz de polarización. La fuerza electromotriz de polarización es el aumento en el valor de la diferencia de potencial proveniente de un generador de corriente y aplicado a los electrodos, aumento que depende de la naturaleza del electrólito y de los electrodos.

Este valor para una solución de un mismo cuerpo varía con:

- ✚ La concentración.
- ✚ La temperatura.
- ✚ La naturaleza de los electrodos.

1.5 PULIDO ELECTROLÍTICO.

Pulido electrolítico también conocido como electropulido es un tratamiento superficial mediante el cual el metal a ser pulido actúa como ánodo en una celda electrolítica, disolviéndose. Con la aplicación de corriente, se forma un film polarizado en la superficie metálica bajo tratamiento, permitiendo a los iones metálicos difundir a través de dicho film.

El pulido electrolítico disminuye notablemente las distorsiones superficiales producidas durante el pulido mecánico. Evita la formación de capas distorsionadas en la superficie pulida de la muestra. Es ideal para metales blandos, aleaciones monofásicas y aleaciones que endurecen por deformación. Simultáneamente, y bajo condiciones controladas de intensidad de corriente y temperatura, tiene lugar un abrillantamiento de la superficie.

Los métodos de pulido electrolítico han alcanzado considerable interés en los últimos años a causa de la reducción del precio de coste y de la mano de obra.

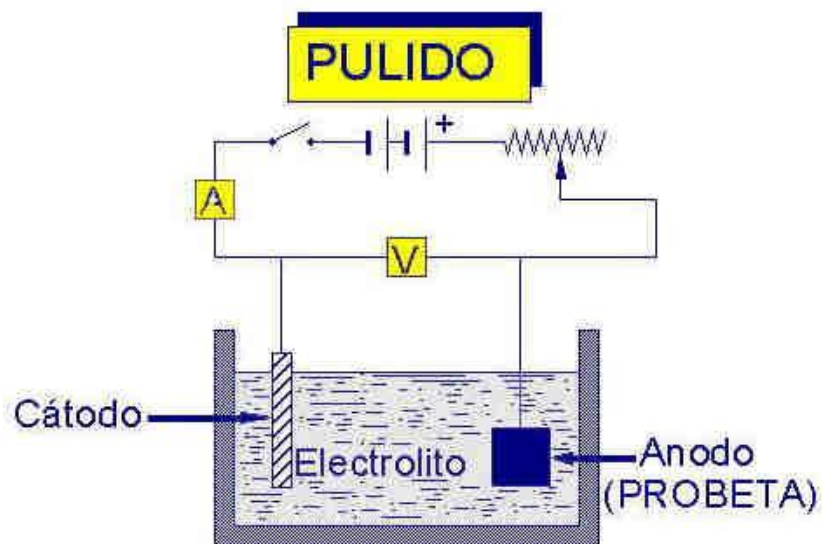


Figura 0.3: Pulido Electrolítico.

1.5.1 MATERIALES QUE SE PUEDEN ELECTROPULIR.

Casi todos los metales pueden ser electropulidos. El metal puede ser ferroso o no ferroso. Una lista típica de metales y aleaciones que pueden electropulir son:

Tabla 0.1: Materiales que se pueden Electropulir.

Aluminio-Silicio y no forjado	Monel
Cobre-berilio- Aleaciones	Níquel
Latón	Níquel Plata
Bronce	Aceros
De cobre	Aceros Inoxidables
Oro	Titanio

1.5.2 BAÑOS ELECTROLÍTICOS.

Baños electrolíticos típicos son los tres siguientes:

a. Electrólito llevando ácidos sulfúrico y fosfórico:

Ácido sulfúrico concentrado: 15-40 %

Ácido ortofosfórico (85 %, d = 1,71): 75-50 %

Agua: 10 %

El baño trabaja con una densidad de corriente de 6-12 A/dm².

b. Electrólito llevando ácidos sulfúrico y cítrico:

Ácido sulfúrico concentrado: 15-40 %

Ácido cítrico: 55-60 %

Agua: 30-20 %

El baño trabaja a una temperatura de 85-95 °C y con una densidad de corriente de 8-12 A/dm².

c. Electrólito llevando mezcla de ácido fosfórico y glicerina:

Ácido ortofosfórico (85 %, d = 1,71): 550 ml.

Glicerina (96 %, d = 1,27): 350 ml.

Agua: 100 ml.

El baño utiliza cátodos de acero inoxidable, trabaja a una temperatura de 100 - 105°C, con una densidad de corriente de 7-8 A/dm², a una tensión de 4-5 voltios y requiere un tratamiento de unos 15-20 minutos.

1.6 MATERIALES FERROSOS.

Los metales ferrosos como su nombre lo indica su principal componente es el hierro, sus principales características son su gran resistencia a la tensión y dureza. Las principales aleaciones se logran con el estaño, plata, platino, manganeso, vanadio y titanio.

Los principales productos representantes de los materiales metálicos son:

- ✚ Fundición de hierro gris.
- ✚ Hierro maleable.
- ✚ Aceros.
- ✚ Fundición de hierro blanco.

Su temperatura de fusión va desde los 1360°C hasta los 1425°C y uno de sus principales problemas es la corrosión. El Fe puro no presenta buenas propiedades mecánicas, por lo que tiene muy pocas aplicaciones técnicas.

1.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL HIERRO PURO.

- ✚ Es un material magnético (ferro magnético).
- ✚ Color blanco azulado.
- ✚ Muy dúctil y maleable.
- ✚ Punto de fusión: aproximadamente 1500 °C.
- ✚ Densidad alta (7,87 g/cm³).
- ✚ Buen conductor del calor y la electricidad.
- ✚ Se corroe y oxida con mucha facilidad.
- ✚ Bajas propiedades mecánicas (al corte, limado, conformado, etc.).
- ✚ Es un metal más bien blando.

Tabla 0.2: Propiedades de los materiales ferrosos.²

MATERIAL	Densidad Kg/m ³	Módulo de elasticidad (GPa)	Resistencia fluencia (MPa)	Resistencia la rotura (MPa)	Ductilidad %alarg. En pulg.	Coef. de Poisson	Conduct. Térmica (W/m°C)	Coef. De dilatación (°C) ⁻¹ 10 ⁻⁶
Fundición	7870	207	130	260	45	29	80	11.8
Fundición gris	7150	Variable	170	125	25	Variable	46	10.8
Fundición nodular	7120	165	275	415	18	0.28	33	11.8
Fundición maleable	7200	172	220	345	10	0.26	51	11.9
Acero AISI 1020	7680	207	295	395	37	0.3	52	11.7
Acero AISI 1040	7850	207	350	520	30	0.3	52	11.3
Acero AISI 1080	7840	207	380	615	25	0.3	48	11.0
Acero AISI 446	7500	200	345	552	20	0.3	21	10.4
Acero AISI 316	800	193	207	552	20	0.3	16	16.0
Acero AISI 410	7800	200	275	483	30	0.3	25	9.9

² Hamrock B.J., Jacobson B. y Schimid S.R. (2000). *Elementos de Máquinas (1era Edición)*. México: McGraw Hill.

1.7 CUBA ELECTROLÍTICA.

En una cuba electrolítica se da el proceso, se transforma energía eléctrica en energía química. También denominada celda electrolítica al dispositivo utilizado para la descomposición mediante corriente eléctrica de sustancias ionizadas denominadas electrolitos.

Las cubas, deben reunir ciertas condiciones que son fundamentales: deben resistir el ataque de los ácidos, no contaminar el electrolito, no ser conductoras de la corriente eléctrica y, además, deberán quedar separadas del piso para no sufrir los efectos corrosivos de los líquidos derramados.

Son utilizadas cubas confeccionadas de chapa de hierro revestidas interiormente con ebonita, o cubas de polietileno o polipropileno, o de resina poliéster o epóxi con fibra de vidrio. También suelen utilizarse, con buenos resultados en función de su aplicación, las cubas de hierro recubiertas con PVC o con pinturas antiácidas.

En general las dimensiones de las cubas (largo, ancho y altura), obedecen a razones de orden práctico, ya que deben tenerse en cuenta todos los implementos que deberán ir necesariamente sumergidos, como calentadores, ánodos, intercambiadores de calor, ánodos auxiliares, etc.

También se debe considerar el tamaño de las piezas a procesar, como así también la producción que se desea obtener. Es un dato a tener muy en cuenta en el diseño, el hecho de preveer una zona libre en el fondo de la batea, para que se asienten los posibles residuos del electrolito.

Respecto a otros tipos de recubrimiento, como la resina poliéster o epóxi con fibra de vidrio, se utilizan habitualmente en recipientes que no trabajen con demasiada temperatura.

La desventaja de estos polímeros, es el envejecimiento natural que tienen, incrementado por la acción de los electrolitos. Para este tipo de uso, se nota una mayor resistencia y duración por parte de las resinas epoxi, respecto a las de poliéster. Se debe trabajar con espesores no menores a 3 mm, con refuerzos externos de hierro, formando una jaula o bastidor de contención. Deberá tenerse en cuenta que hay soluciones electrolíticas en las que se especifica la no utilización de este tipo de recipientes, ya que se produce un envejecimiento prematuro del material.

Además, la cuba electrolítica debe por tanto ser aislable o dieléctrica con la finalidad de que la corriente que va a circular por su interior a través de las sales no cause accidentes a las personas que operan, por tal motivo estas deben de ser diseñadas y adecuadas de acuerdo con las necesidades de cada usuario.

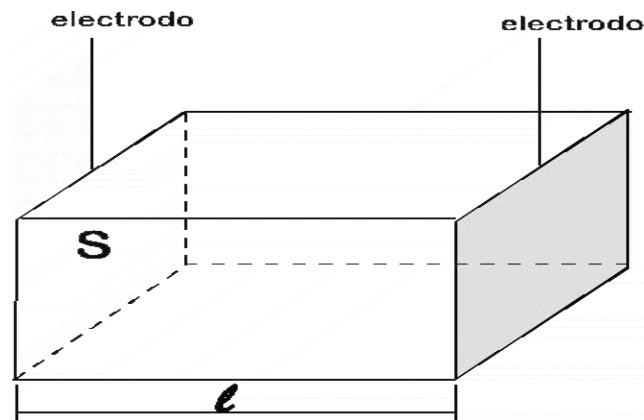


Figura 0.4: Recipiente destinado para cuba electrolítica

1.7.1 AGITACIÓN.

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

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

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

1.7.2 CONCENTRACIÓN DE LAS SOLUCIONES.

Debido a que los metales pueden depositarse a partir de soluciones que tienen disuelto compuesto de esos metales, se hace necesario tener concentraciones más altas posible de cada sal dada.

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

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

1.7.3 DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS EN LA CUBA.

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

Se ubican las piezas de tal manera que queden dentro del flujo electrogalvánico de los electrodos, bien cubierta por el electrolito y equidistante de los electrodos. La ubicación de las piezas debe ser tal que en ningún caso puedan retener burbujas de aire o gas en el electrolito.

1.8 GASES NOCIVOS.

Contiene ácido fosfórico y ácido sulfúrico, por tal motivo, al contacto con la piel y ojos, pueden causar irritación, lesiones severas o quemaduras.

La reacción con el agua o aire húmedo puede producir gases tóxicos, corrosivos e inflamables, generando mucho calor, el cual aumentará la concentración de humo en el aire.

1.8.1 EFECTOS AMBIENTALES GENERALES.

La contaminación ambiental generada por las industrias de recubrimientos superficiales radica en tres tipos de materiales contaminantes.

- ✚ Contaminación de agua.
- ✚ Contaminación del aire.
- ✚ Contaminación de ruido.

Estos se generan en el proceso de recubrimientos electrolíticos, siendo la principal la contaminación del agua.

El pulido electrolítico es considerado como una actividad de alto impacto ambiental, generando varios tipos de residuos como se observa en la siguiente tabla 1.3.

Tabla 0.3: Impacto de Residuos.³

RESIDUOS			
Tipo de Residuos	Alto Impacto	Medio Impacto	Bajo Impacto
Sólido	X		
Líquido	X		
Gaseoso	X		
Ruido		X	

³ *Recubrimientos de metales* (s.f) disponible en URL: www.science.oas.org/ENVIRO/sector%20de%20recubrimiento%20de%20metales.pdf [consultado el 12 de junio del 2012]

1.8.2 DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL ELECTROPULIDO⁴.

Las partículas o iones de metal que se disuelven de las piezas, deben ser removidas del baño de electropulido para mantenerlo en operación. Esto se hace en algunos años por electrodeposición sobre los cátodos. En la mayoría de los casos se hace por precipitación (sedimentación) de sales insolubles. En otros casos los metales no se depositan ni se precipitan, sino que permanecen disueltos, alcanzando una concentración a la cual disminuye la velocidad de un buen electropulido. Entonces se descarta una parte del baño “envejecido” y se reemplaza con baño fresco. Este procedimiento de “decantación” regular mantiene una buena composición electropulidora. El líquido desaguado normalmente de los baños de electropulido se reemplaza con un baño fresco o con una solución renovada.

El control más sencillo resulta cuando el metal recubre el cátodo en la misma proporción que se disuelve de la probeta. La sedimentación es técnicamente efectiva para remover metales y puede también aumentar el costo de operación.

El factor más importante para el control es la viscosidad del electrolito, la cual depende del agua y de la concentración del metal disuelto, de la relación de los constituyentes activos del baño y de la temperatura.

El objeto del tratamiento de las aguas de desperdicio, es el de producir un efluente satisfactorio y disponer de cualquier lodo o sólidos resultantes del tratamiento, con una instalación que se pueda operar a un costo general mínimo.

⁴ Tesis: Ayala S, Flores E. (2004). *Diseño y Construcción de una celda para pulido y ataque electrolítico en muestras metalográficas*. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Las cada vez mayores restricciones medioambientales implican la necesidad de tener definidos perfectamente los residuos que se generan en los diferentes procesos de investigación e industriales, para disponer de ellos convenientemente y evitar los posibles riesgos de impacto ambiental.

1.8.3 MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La tecnología para el tratamiento y acondicionamiento del agua ha avanzado hasta el punto de que ahora es posible convertir cualquier agua cruda en agua que tenga las características deseadas. El tratamiento se hace empleando uno o más tipos de procesos unitarios según se requieran. Un tratamiento más extenso si se requiere mayor calidad del agua, aumentará tanto el costo del equipo como el de la operación química.

En la mayor parte de los sectores industriales o de investigaciones de laboratorio, en los cuales se producen residuos, tanto de naturaleza sólida como líquida, se realizan diversas pruebas para conocer su nivel de toxicidad, clasificarlos y facilitar su gestión.

Las cada vez mayores restricciones medioambientales implican la necesidad de tener definidos perfectamente los residuos que se generan en los diferentes procesos industriales o de laboratorio, para evitar los posibles riesgos de impacto ambiental.

La caracterización de un residuo consiste principalmente en el conocimiento de su composición química y su toxicidad, con el fin de clasificarlo como residuo tóxico o no, y gestionar su última ubicación, bien en un depósito de seguridad en el caso de residuos tóxicos, bien estudiar su posible aplicación como combustible para generación de energía, o su posible reutilización.

Actualmente existen diferentes métodos para el control de la contaminación, los también denominados tratamientos al final del proceso. La selección del sistema más adecuado dependerá de las características particulares de los efluentes a ser tratados, entre éstas los caudales, composiciones y concentraciones. Sin embargo, un factor decisivo en la selección de uno de estos sistemas será los costos asociados a la inversión y a la operación de tales sistemas.

Los residuos líquidos pueden ser tratados utilizando tecnologías convencionales o bien tecnologías emergentes. Dentro de las tecnologías convencionales se encuentran los procedimientos químicos que promueven neutralización, precipitación, sedimentación y filtración. Por otra parte, dentro de las tecnologías emergentes pueden ser utilizadas la evaporación, intercambio iónico, osmosis inversa, ultrafiltración, entre otras.

1.8.4 MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS.

a. Reducción en el origen.

Consiste en la reducción de la generación de residuos modificando procesos de producción o inventarios.

b. Reducción de volumen.

Se puede lograr mediante la clasificación de residuos, o mediante tratamientos físicos.

c. Reciclaje y Recuperación.

Consiste en la reutilización del residuo en el mismo proceso que lo producido. La recuperación del residuo en otros procesos o en el mismo previo un tratamiento.

- ✚ Sustitución de materiales peligrosos en baños de proceso.
- ✚ Prolongación de la vida útil de los baños.
- ✚ Prolongación de los tiempos de escurrido.
- ✚ Adecuación del criterio de enjuague.
- ✚ Minimización de las cantidades de agua de enjuague.
- ✚ Concentración y separación de materiales con valor económico importante.

1.9 SENSORES DE TEMPERATURA.⁵

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc.

Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica como una RTD (detector de temperatura resistivo), es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), voltaje eléctrico (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

⁵ Ferrero Corral José María. Instrumentación electrónica. Sensores (I).

Cada proceso en la industria debe ser controlado de alguna manera, y esta necesidad muchas veces también incluye la medición de la temperatura.

A fin de seleccionar el mejor, para cada aplicación, se deben tener en cuenta varios factores:

- + Temperatura Máxima.
- + Rango de Temperatura a medir.
- + Exactitud.
- + Velocidad de respuesta.
- + Costo.
- + Requerimiento de mantenimiento.

Tabla 0.4: Sensores de Temperatura.

Sensor de Temperatura	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
Termocuplas	-220 ° C	2800 ° C
Sistema de Dilatación	-195 ° C	760 ° C
Termo Resistencias	-250 ° C	850 ° C
Termistores	-195 ° C	450 ° C
Pirómetros de Radiación	-40 ° C	4000°C

1.9.1 TERMOSTATO.

El termostato es un dispositivo que sirve para controlar la temperatura en un ambiente manteniéndola en un rango o punto deseado. Es el componente de un sistema de control simple, su función es conmutar, es decir abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

Es un elemento que permite controlar y por ende, manejar los grados de temperatura requeridos para determinada tarea, o bien para un determinado ambiente o sistema. Su versión más simple consiste en una lámina bimetálica como la que utilizan los equipos de aire acondicionado para apagar o encender el compresor.

a. Tipos de Termostato.

Se utilizan especialmente en calefactores y aires acondicionados, en ambientes o para el fin que se precise, los hay de distintas clases: pueden ser digitales, eléctricos, mecánicos, analógicos.

- ✚ **Bimetálicos:** Termostato bimetálico de control automático: Consiste en dos láminas de metal unidas, con diferente coeficiente de dilatación térmico. Cuando la temperatura cambia, la lámina cambia de forma actuando sobre unos contactos que cierran un circuito eléctrico.
- ✚ **Manuales:** Son los que requieren intervención humana para regresar a su estado inicial, como los termostatos de seguridad que realizan una función en caso de que la temperatura alcance niveles peligrosos.
- ✚ **Automáticos:** Regresan a su estado inicial sin necesidad de intervención humana. Actúan de una forma totalmente automática, de ahí su aplicación actual en gran parte de los hogares.
- ✚ **De gas:** Consiste en un gas encerrado dentro de un tubo de cobre. Cuando la temperatura sube, el gas se expande y empuja la válvula, que realiza una determinada función.

✚ **De parafina:** Termostato de parafina para radiadores de vehículos. Empleados en válvulas de control de fluido, contienen parafina encapsulada que se expande al aumentar la temperatura; ésta, a su vez, empuja un disco que permite el paso del fluido. Cuando el fluido baja su temperatura, un resorte vuelve el disco a su posición inicial cerrando el paso.

✚ **Electrónicos**

Los termostatos electrónicos cada vez son más habituales debido a sus ventajas.

- ❖ Pueden estar libres de partes móviles y contactos que sufren deterioro.
- ❖ Se puede configurar tanto una temperatura como un umbral o un tiempo mínimo entre activaciones.
- ❖ Se pueden integrar fácilmente en un sistema con más funciones como programador horario con otros sucesos.
- ❖ Un termostato electrónico puede mejorar las aplicaciones en que se usan los termostatos mecánicos.
- ❖ En un frigorífico puede evitar que se encienda si hay una subida breve de temperatura, por ejemplo, al abrir la nevera y ventilarse el aire interior.
- ❖ En el sistema de refrigeración de un vehículo se puede utilizar una bomba eléctrica comandada electrónicamente de modo que no encienda en el periodo de calentamiento (evitando gastar energía inútilmente) y variando su velocidad según la demanda de potencia.
- ❖ En un aire acondicionado residencial se puede programar tiempos mínimos de compresor detenido para evitar que el compresor una vez detenido no encienda demasiado pronto, evitando problemas de arranque y prolongando la vida útil.

El elemento que permite medir la temperatura puede ser un sistema infrarrojo u otro, pero el más habitual suele ser un termistor que se puede fabricar de diferentes formas.

b. Termistor.



Figura 0.5: Termistor NTC

Este tipo de termostatos están contruidos alrededor de un termistor. Un termistor es un dispositivo que cambia su impedancia dependiendo de la temperatura.

Existen muchas variantes de termostatos electrónicos, pero la mayoría de las veces el componente real de lectura de temperatura es el termistor. Existen versiones antiguas donde empleaban termostatos de gas. En general, cualquier dispositivo que permita medir con electrónica la temperatura puede ser integrado en un termostato. Por ejemplo, resistencias de platino, semiconductores sensores de temperatura, etc.

1.10 RECTIFICADORES DE CORRIENTE.

Los rectificadores necesitan un transformador de baja tensión que suele formar un conjunto. La tensión se regula por medio del transformador o por un regulador.

El rectificador debe colocarse en un lugar fresco y protegido para que los vapores ácidos, altas temperaturas, etc., no puedan actuar perniciosamente sobre los delicados recubrimientos de las placas. Estas suelen protegerse contra la humedad, vapores ácidos, etc., con una laca inalterable.

1.10.1 FUENTES DE CORRIENTE CONTINUA.

Se denominan comúnmente rectificadores a las fuentes de corriente continua encargadas de proveer la energía eléctrica necesaria para realizar los diversos procesos electroquímicos.

Los equipos rectificadores están constituidos básicamente por un transformador y un puente rectificador. El transformador cumple la función de separar la línea de entrada de la salida de baja tensión. El puente rectificador, convierte la corriente alterna en corriente continua. Dependiendo del tipo de puente rectificador, la corriente continua será de mayor o menor calidad. El uso de estos equipos permite obtener depósitos de muy alta lisura y brillo, aún con espesores muy elevados y sin la necesidad de recurrir a agentes de adición en la solución electrolítica.

1.10.2 CORRIENTE.

Los iones responden a una influencia eléctrica. La misión del generador de corriente es mantener cargados los electrodos para que sean atraídos los iones de carga opuesta.

Los iones cargados negativamente, o aniones, son atraídos por el electrodo cargado positivamente (ánodo), mientras que los iones cargados positivamente, o cationes, se dirigen a través de la solución, hacia el electrodo cargado negativamente (cátodo).

El movimiento ordenado de los iones hacia los electrodos se llama migración iónica. La corriente, no es otra cosa que el movimiento ordenado de dos migraciones o marchas en dirección opuestas, de dos tipos de iones portadores de carga contraria. La corriente por lo tanto tiene lugar en el electrolito a consecuencia de los potenciales eléctricos producidos y mantenidos en los electrodos a expensas del generador.

1.10.3 POLARIZACIÓN.

Es cualquier variación del potencial del electrodo provocada por una sustancia, la variación del mismo esto se entiende por polarización; los fenómenos que provocan esta polarización son:

- ✚ Voltaje de descomposición.
- ✚ Polarización de concentración.
- ✚ Pasividad anódica.

a. Voltaje de Descomposición.

Se llama voltaje de descomposición al valor de voltaje de polarización sobrepasado en el cual se produce una emigración permanente de iones, con la consiguiente descomposición electrolítica permanente, y se compone de la suma algebraica de los potenciales del electrodo y de la tensión necesaria que se efectúe en los electrodos para la transformación molecular de los átomos depositados sobre los mismos.

b. Polarización de Concentración.

Se produce en el cátodo al disminuir la concentración de los iones que se depositan, si estos no pueden ser repuestos con suficiente rapidez por las fuerzas de difusión que tienden a igualar las concentraciones dentro de la disolución. Al disminuir la concentración de iones metálicos en la solución en inmediato contacto con el cátodo, la tendencia del metal al pasarse a la solución aumenta, por lo que es necesario un mayor potencial para provocarse el fenómeno inverso.

La descarga de los iones metálicos en las soluciones en inmediato contacto con el ánodo, correlativamente, se produce un aumento de concentración iónica que dificulta la disolución produciéndose un aumento de tensión necesaria para la continuación del proceso.

c. Pasividad Anódica.

En el ánodo también puede producirse polarización por la formación de películas poco conductoras originadas por reacción química. Cuando el ánodo deja de disolverse como consecuencia de una de estas reacciones se dice que se ha pasivado, este interesante fenómeno posee dos teorías fundamentales:

- ✚ La primera admite que el metal se recubre de una capa de óxido protector, análogamente como ha ocurrido en el aluminio.
- ✚ La segunda pretende que el revestimiento es de oxígeno el cual es retenido por la superficie pero sin llegar a formar óxido.

1.10.4 VOLTAJE NECESARIO PARA LA ELECTROLISIS EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD DE CORRIENTE.

El voltaje electrolítico necesario para la separación del metal debe superar la tensión de polarización y la resistencia electrolítica del baño según la Ley de Ohm, por eso es necesaria que la conductividad electrolítica de los baños sea elevada.

1.11 REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN AUTOMÁTICA.

1.11.1 TEMPERATURA.

Los factores que afectan a este valor de potencia son:

- ✚ Calor requerido para hacer subir la temperatura hasta la de trabajo.
- ✚ Pérdidas de temperatura por la disipación a nivel superficial del electrolito.
- ✚ Pérdidas de temperatura por falta de aislamiento térmico de las cubas.
- ✚ Pérdidas de calor por inmersión de piezas a una temperatura inferior a la del electrolito.
- ✚ Pérdidas adicionales por ventilación o aspiración del ambiente de trabajo.
- ✚ Enfriamiento de la solución por sistemas de bombeo, agitación mecánica o por aire.

Las pérdidas de temperatura en un ambiente sin ventilación, generadas por simple disipación de calor a través de la superficie abierta de la cuba, se describen en la Tabla 1.5.

Tabla 0.5: Pérdidas de Potencia.

50 °C	135 <i>Watt/m²</i>
65 °C	270 <i>Watt/m²</i>
80 °C	450 <i>Watt/m²</i>
95 °C	680 <i>Watt/m²</i>

1.11.2 CALEFACTOR.

Es un aparato, normalmente eléctrico, que proporciona a una estancia o recipiente un flujo rápido de aire caliente continuo mediante un radiador que genera una fuente de calor y un ventilador que calienta rápidamente el aire y lo transmite al lugar en que se encuentre.

1.11.3 CALENTADORES DE CUARZO Y CÉRAMICA.

Los calentadores de cerámica y cuarzo distribuyen su calor por convección, que calienta el aire y lo hace circular por la habitación. Los calentadores por convección usan la electricidad para calentar una bobina de metal, un tubo de cuarzo o un núcleo de cerámica. El aire cerca del calentador se calienta en el proceso, usando corrientes de convección natural o inducida.

Los elementos de cuarzo y cerámica tiene la reputación de alcanzar temperaturas más altas con menos ingreso de energía que sus contrapartes de bobina de metal y, por eso, se dice que son más eficientes. Funciona bien para ofrecer un calor general en un ambiente pequeño y cerrado. En todos los modelos, el aire caliente circula dentro de la habitación, alcanzando la temperatura del ambiente establecida por el termostato. Luego se apaga hasta que la temperatura cae.

Los calentadores, tanto infrarrojos como por convección, son muy seguros cuando se usan siguiendo las instrucciones de los fabricantes. La mayoría tienen dispositivos de seguridad contruidos para la protección contra daños comunes como sobrecalentamiento o caída.

Tabla 0.6: Propiedades de los Calefactores.

EN EL INTERIOR		
PROPIEDADES	CALEFACTOR DE CUARZO	CALEFACTOR DE AIRE CALIENTE
Costos de uso (por hora/comparación del calor).	Aprox. 0,40 € (precalentamiento no calculado).	Aprox. 0,60 € (precalentamiento no calculado).
Eficiencia	Buena (aprox. 70%).	Suficiente (aprox. 50%).
Método de Calentamiento	El aire es calentado, parecido a un horno. Si se ventila se pierde el calor.	El aire se aspira y el calor es soplado. El calor se pierde si se airea.
Efecto inmediato de calor	Necesita una fase de precalentamiento, antes de que las personas puedan sentir el calor.	Necesita una fase de precalentamiento, antes de que las personas puedan sentir el calor.
Energía/Seguridad	La fuente de energía es el enchufe. No presenta ningún peligro.	La fuente de energía es el enchufe. No presenta ningún peligro.
Sensibilidad con el agua/toleración al frío	No es resistente al agua.	No es resistente al agua.
Diversidad de usos	Montaje en el techo, solo es movable con el trípode en el interior.	Vertical en el suelo => posicionamiento flexible.

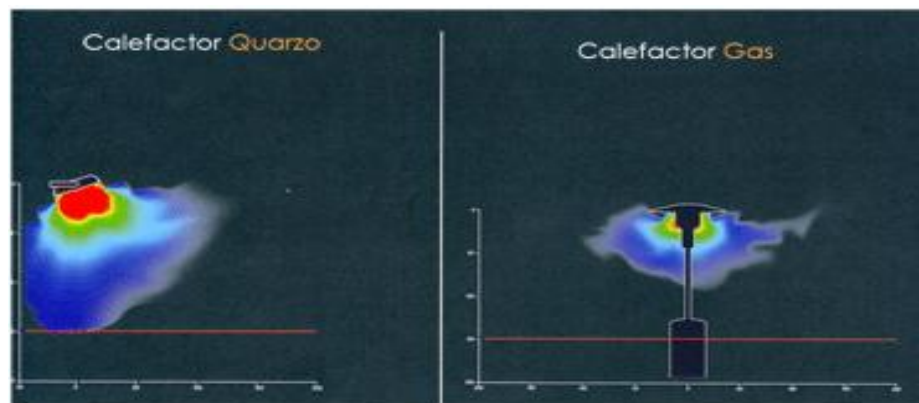


Figura 0.6: Comparación con otros calefactores.⁶

⁶ Calefactores de cuarzo (s.f.) disponible en URL: <http://solamangic.com> [consulta el 27 de agosto del 2012]

1.12 EXTRACTOR DE GASES.

Se entiende por ventilación o extracción la sustitución de una porción de aire, que se consideran deseable, por otra que aporta una mejora en pureza, temperatura, humedad, etc.

1.12.1 FUNCIONES DE VENTILACIÓN.

La ventilación de máquinas o de procesos industriales permite controlar el calor, la toxicidad de los ambientes o la explosividad potencial de los mismos, garantizando en muchos casos la salud de los operarios que se encuentran en dichos ambientes de trabajo.

Para efectuar una ventilación adecuada hay que atender a:

- a. Determinar la función a realizar.
El calor a disipar, los tóxicos a diluir, los sólidos a transportar, etc.
- b. Calcular la cantidad de aire necesaria.
- c. Establecer el trayecto de circulación del aire.

1.12.2 TIPOS DE VENTILACIÓN.

Se pueden distinguir dos tipos de Ventilación:

a. Ventilación General.

Denominada también dilución o renovación ambiental es la que se practica en un recinto, renovando todo el volumen de aire del mismo con otro de procedencia exterior.

b. Ventilación Localizada.

Pretende captar el aire contaminado en el mismo lugar de su producción, evitando que se extienda por el local. Las variables a tener en cuenta son la cantidad de polución que se genera, la velocidad de captación, la boca o campana de captación y el conducto a través del que se llevará el aire contaminado hasta el elemento limpiador o su descarga.

1.12.3 SITUACIÓN DEL EXTRACTOR.

La gran variedad de construcciones y de necesidades existentes disminuye la posibilidad de dar normas fijas en lo que se refiere a la disposición del sistema de ventilación. Sin embargo pueden darse una serie de indicaciones generales, que fijan la pauta a seguir en la mayoría de los casos:

- ✚ Las entradas de aire deben estar diametralmente opuestas a la situación de los ventiladores, de forma que todo el aire utilizado cruce el área contaminada.
- ✚ Es conveniente situar los extractores cerca del posible foco de contaminación, de manera que el aire nocivo se elimine sin atravesar el local.
- ✚ Debe procurarse que el extractor no se halle cerca de una ventana abierta, o de otra posible entrada de aire, a fin de evitar que el aire expulsado vuelva a introducirse o que se formen bolsas de aire estancado en el local a ventilar.

1.12.4 COMPOSICIÓN.

- ✚ Elemento rotativo.
- ✚ Soporte.
- ✚ Motor.

1.12.5 CLASIFICACIÓN DE LOS VENTILADORES.

Los ventiladores, denominados así de una forma amplia para todas sus concepciones, pueden clasificarse de formas muy diferentes, siendo la más común la siguiente:

a. Según la trayectoria del aire.

✚ VENTILADORES CENTRÍFUGOS.

En los que el aire entra en el rodete con una trayectoria esencialmente axial y sale en dirección perpendicular.

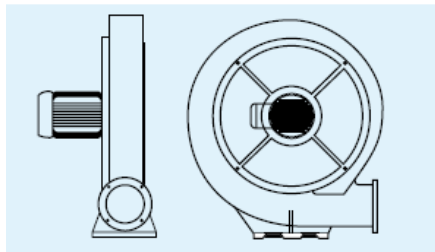


Figura 0.7: Ventiladores Centrífugos.

✚ VENTILADORES AXIALES.

En los cuales el aire entra y sale de la hélice con trayectorias a lo largo de superficies cilíndricas coaxiales al ventilador.

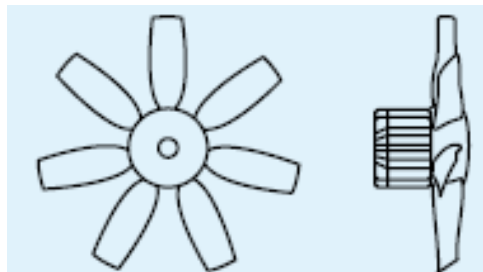


Figura 0.8: Ventiladores Axiales.

✚ VENTILADORES HELICOCENTRÍFUGOS.

En los cuales la trayectoria del aire en el rodete es intermedia entre las del ventilador centrífugo y axial.

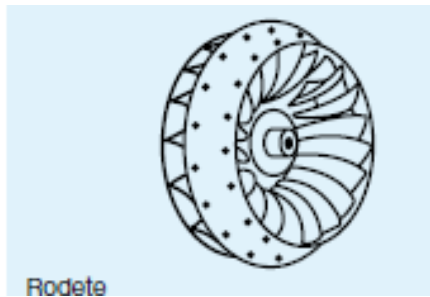


Figura 0.9: Ventiladores Helicocentrífugos.

Tabla 0.7: Leyes de los Ventiladores.

LEYES DE LOS VENTILADORES			
Si varía...	Y permanecen constantes	Se cumple	
Diámetro hélice, d.	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Velocidad ✚ Densidad. ✚ Punto de funcionamiento. 	El caudal	Es proporcional al cubo de la relación en diámetros.
		La presión	Es proporcional al cuadrado de la relación de diámetros.
		La potencia absorbida	Es proporcional a la quinta potencia de la relación
Velocidad de rotación, n.	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Diámetro de la hélice ✚ Densidad. 	El caudal	Es proporcional a la relación de velocidades.
		La presión	Es proporcional al cuadrado de la relación de velocidades.
		La potencia absorbida	Es proporcional al cubo de la relación de velocidades.
Densidad del aire, ρ	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Caudal ✚ Velocidad. 	La presión	Es proporcional a la relación de densidades.
		La potencia absorbida	Es proporcional a la relación de densidades.

1.13 SISTEMA DE AISLAMIENTO.

En la cuba se necesita aislar las barras conductoras (cátodo y ánodo) del sistema de agitación con respecto a la cuba.

1.13.1 AISLAMIENTO DE PORCELANA (TIPO CARRETE).

a. Especificaciones Generales.

Aislador de forma cilíndrica con una o varias ranuras circunferenciales externas y perforado axialmente para su montaje.

Aislador de carrete se aplican a la norma ANSI excelente calidad y apariencia, aislador de porcelana de alta tensión, fabricado por la norma ANSI.

b. Uso.

Soportan y aíslan las líneas de baja tensión, montados sobre bastidores

CATÁLOGO			ESPECIFICACIÓN CFE	RESISTENCIA MECÁNICA (KN)
IUSA	CFE	L y F		
P-1320	NO APLICA	53-1	NO APLICA	8,8
P-1321	NO APLICA	53-2	NO APLICA	13,3
P-1323	1 C	53-3	52000-55	17,8
P-1341	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA

c. Características.

- ✚ **Modelo:**F-2c 80h80
- ✚ **Tipo:** Aislante, el tipo de carrete aislador de porcelana
- ✚ **De estilo:** el tipo de carrete
- ✚ **Material:** porcelana
- ✚ **De metal:** Aleación de aluminio, de latón, de cobre rojo

d. Descripción.

- ✚ **Nombre del producto:** El tipo de carrete aislador de porcelana de alta tensión de la electricidad.
- ✚ **De la categoría:** Aislador, tipo de tensión aislador de porcelana.
- ✚ **Descripción corta:** Material: de porcelana utilizado para el aislador.

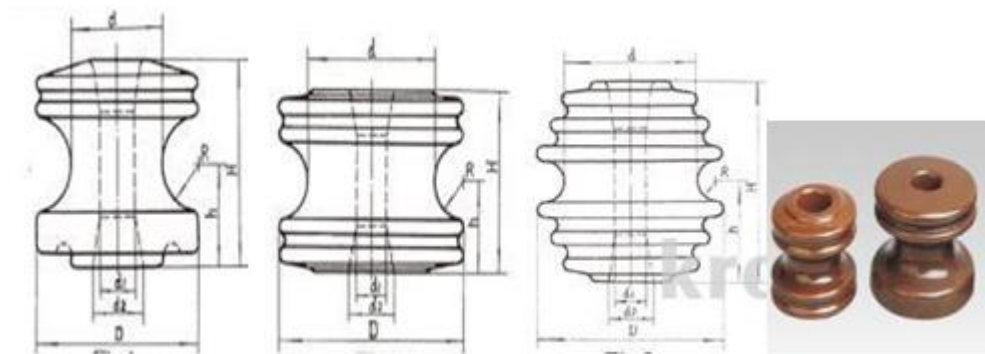


Figura 0.10: Dimensionamiento del Aislador.

Tabla 0.8 : Dimensiones del Aislador.

Figura		2	1	2	2	3
Clases ANSI		53-1	53-2	53-3	53-4	53-5
Dimensiones mm	H	54	76	81	76	105
	h	27	38	40.5	38	52.5
	D	57	79	76	105	102
	d	45	45	45	73	73
	d₁	18	18	16	18	18
	d₂	22	24	24	24	24
	R	11	18	11	16	11



Figura 0.11: Tipos de Aisladores.

CAPÍTULO II

DISEÑO Y SELECCIÓN.

El presente capítulo tiene como finalidad mostrar la información técnica necesaria para el diseño, construcción e implementación de un sistema de pulido electrolítico.

Así como también efectuar un análisis donde se consideren todas las cargas mecánicas aplicadas a la cuba, tomando en cuenta ciertos parámetros y condiciones de operación, y que a su vez garanticen el buen funcionamiento para un adecuado electropulido.

2.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA.

El sistema de pulido electrolítico está encaminado a disminuir los costos y tiempos de producción, con el empleo de sustancias químicas para el debido tratamiento superficial de los materiales ferrosos.

El objetivo principal es de limpiar, abrillantar y restaurar la superficie de los metales e igualar las imperfecciones que pueda tener las piezas, proporcionando una alta durabilidad y un excelente acabado a una temperatura de 60 °C por un tiempo estimado de 30 minutos (temperatura y tiempo establecido de acuerdo con el material y a las pruebas realizadas).

El sistema adicionalmente debe tener un sistema de ventilación ya que los gases que emiten son en pequeños porcentajes tóxicos (depende de los ácidos utilizados), corrosivos, el cual aumentará la concentración de humos en el aire.

2.1.1 CONDICIONES FÍSICAS.

El sistema automático de pulido electrolítico para materiales ferrosos se construirá basándose en aspectos importantes:

- ✚ Cumplir las expectativas de la industria.
- ✚ Utilizar el espacio físico determinado.
- ✚ Cumplir las normas ambientales y de seguridad.

2.1.2 TAMAÑO DE LA CUBA ELECTROLÍTICA.

En este punto del proyecto es fundamental determinar las dimensiones que tendrá la cuba electrolítica para establecer su diseño estructural.

De acuerdo con el diseño, las especificaciones y las necesidades de la Empresa se consideró el dimensionamiento de la cuba de acuerdo con los tamaños de la pieza (máxima) a pulir, que tiene por dimensiones $0.7 \times 0.7 \times 1.50$ metros (ancho, alto y largo respectivamente).

2.2 FACTORES DE OPERACIÓN⁷.

Diferentes métodos de electropulido no dan necesariamente el mismo resultado en cuanto a brillantez, apariencia y color sobre el mismo metal o pieza. Tampoco son iguales en costo, en sencillez de los factores, ni extensión de aplicación. Las variables que afectan la apariencia del electropulido son:

⁷ Tesis: Ayala S, Flores E. (2004). *Diseño y Construcción de una celda para pulido y ataque electrolítico en muestras metalográficas*. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

- ✚ Voltaje y Densidad de corriente.
- ✚ Temperatura del electropulido.
- ✚ Agitación del electrolito.
- ✚ Tiempo de tratamiento.
- ✚ Tamaño del sistema.
- ✚ Fluido electrolítico.
- ✚ Preparación inicial de la superficie.

2.2.1 VOLTAJE Y DENSIDAD DE CORRIENTE.

La dificultad de mantener una densidad de corriente constante, los periodos largos de la electrolisis con densidades de corriente muy sobre el valor estable (CD) puede resultar en evolución de gas, el cual puede causar defectos en la superficie. Además, durante la fase inicial del ataque anódico antes de que las condiciones de pulido se estabilicen, es deseable una densidad de corriente considerablemente alta, más que los valores de estabilidad para pulir, a fin de minimizar el tiempo necesario para establecer las condiciones de pulido. Estas altas densidades de corriente iniciales, así como las densidades de corriente de estabilidad para el pulido, se logran simplemente aplicando desde el inicio de la electrolisis, una diferencia de potencial a la celda en el rango de pulido.

Sin embargo, cuando es necesario aplicar densidades de corrientes altas para producir el pulido, se pierde una considerable cantidad de energía en los circuitos potenciométricos, en estos casos se recomienda un circuito serie. Para que el circuito serie no sea sensible a los cambios de la resistencia en la celda, es necesario tener una resistencia grande en serie con la celda, y se requiere un suministro de voltaje alto.

2.2.2 TEMPERATURA DEL ELECTROLITO⁸.

La resistencia de un electrolito disminuye con un aumento en la temperatura, y así el voltaje requerido para obtener la misma densidad de corriente es menor. El voltaje, V, para mantener una densidad de corriente, está dado por la ecuación empírica:

$$V = K / (a \times \theta + b) \quad \text{Ec. 0.1}$$

Donde θ es la temperatura y K, a, y b son constantes determinadas por la conductividad del electrolito, las dimensiones de la cuba, y la corriente que pasa a través de la cuba. Está claro de esta ecuación que el voltaje requerido para mantener una densidad de corriente dada disminuye con un incremento de la temperatura. Sin embargo a temperaturas altas, la viscosidad del baño disminuye lo que hace más difícil mantener la capa viscosa en el ánodo. Así la temperatura óptima de operación debe ser seleccionada para minimizar la energía requerida sin dañar el acabado.

En algunos casos hay un aumento considerable en la temperatura de la solución durante el pulido, esto se debe en parte a la resistencia de la solución y en parte a la presencia de capas de resistencia altas en el ánodo.

Las condiciones de trabajo eran: densidad de corriente anódica 30-50 A/dm² Temperatura de la solución 50-70 °C, Tiempo de pulido 15-30 minutos, los cátodos eran de plomo. La relación de superficies ánodo-cátodo eran 1:2-1:3. La distancia entre electrodos 10-12 cm. La solución el ácido fosfórico y sulfúrico resultante se calentaba a 60 °C para alcanzar su temperatura con la que funcionara debido a pruebas realizadas. Usando electrolito con ácidos fosfórico y sulfúrico, una densidad de 40 A/dm² y una temperatura de 60 °C.

⁸ Fuente: W. J. McG. TEGART, M.Sc., The Electrolytic and Chemical Polishing of Metals in Research and Industry, Pergamon Press LTD, London, 1956

2.2.3 AGITACIÓN DEL ELECTROLITO.

Durante la electrolisis, bajo condiciones de estado estable, los productos de la reacción tienden a acumularse alrededor de los electrodos. En algunos casos, la difusión y la convección no pueden suministrar suficiente electrolito fresco al ánodo, y es necesario agitar para remover algunos de los productos de la reacción y mantener la capa viscosa en un espesor óptimo para el pulido.

La agitación evita que las corrientes de gas cambien la dirección del flujo a través de la superficie de las piezas y esto se logra con más efectividad al cambiar la dirección del movimiento de la barra de trabajo. La agitación aumenta la velocidad del electropulido, acortando así la duración del proceso.

Sin embargo debe ser evitada una agitación excesiva porque esto puede destruir completamente la capa viscosa, y lograr impedir las condiciones de pulido. Revolviendo o agitando también se impide un calentamiento local excesivo debido al paso de la corriente a través de las capas de alta resistencia en el ánodo y resulta en una temperatura más uniforme en la cuba.

2.2.4 TIEMPO DE TRATAMIENTO.

El tiempo de electrolisis necesario para producir un pulido determinado varía con el metal, el estado inicial de la superficie y la solución usada. Sin embargo como una regla general aproximada, se ha encontrado que el tiempo necesario de tratamiento es inversamente proporcional a la densidad de corriente usada.

El tiempo requerido en el electropulido es en general del orden de minutos; aunque es preferible trabajar con amperios-minutos de tratamientos ya que son una medida directa del tratamiento efectuado; en esta forma, a mayor densidad de corriente se emplea menos tiempo.

El tiempo de electropulido es en general de 15 a 30 minutos.

2.2.5 TAMAÑO DEL SISTEMA.

Un factor muy importante en la operación de cualquier proceso electroquímico es el tamaño del sistema, ya que los cambios en tamaño pueden cambiar considerablemente las condiciones de operación.

Considerando la capacidad de producción de la empresa INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA, la capacidad requerida para esta máquina de electropulido será de 700 litros, con un periodo de trabajo de 10 horas diarias.

En el equipo, para obtener un buen funcionamiento y resistencia a los ácidos y a temperaturas altas, debe estar entre 60 y 80 °C. Además en este diseño se empleará una temperatura de 60° C, y su capacidad en un 90 % de ácido con respecto al volumen total.

2.2.6 FLUIDO ELECTROLÍTICO.

Los electrolitos existen como soluciones de ácidos, bases o sales. Más aún, algunos gases pueden comportarse como electrolitos bajo condiciones de alta temperatura o baja presión.

Cuando se coloca un electrodo en un electrólito y se aplica un voltaje, el electrólito conducirá electricidad.

Los electrones solos normalmente no pueden pasar a través del electrólito; en vez de ello, una reacción química sucede en el cátodo, consumiendo los electrones del cátodo, y otra reacción ocurre en el ánodo, produciendo electrones para ser capturados por el ánodo.

“Como resultado, una nube de carga negativa se desarrolla en el electrólito alrededor del cátodo, y una carga positiva se desarrolla alrededor del ánodo. Los iones en el electrólito se mueven para neutralizar estas cargas para que las reacciones puedan continuar y los electrones puedan seguir fluyendo.”⁹

2.2.7 PREPARACIÓN INICIAL DE LA SUPERFICIE.

La preparación y limpieza superficial puede definirse como “la remoción de grasa u otras materias extrañas” que se encuentren en la superficie de los metales y que se pueden eliminar realizando buenos procedimientos de limpieza.

Si hay que limpiar piezas, se debe considerar primero el material menos peligroso. Idealmente, el método de limpieza preferido implicará el número menor de pasos, empleará el medio menos tóxico y generará el menor residuo.

⁹ García Oliva Eddy Reynaldo (2005). *Guía para la Implementación del Proceso de Galvanoplastia*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala – Facultad de Ingeniería Mecánica.

2.3 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL METAL.

Un proceso electrolítico se basa en los cambios químicos producidos por la corriente eléctrica, lo cual implica:

- ✚ Tratamientos previos a la electrodeposición de metales.
- ✚ Electrolitos.
- ✚ Ánodos.
- ✚ Cátodos.
- ✚ Ganchos o Bastidores.

El recubrimiento se lleva a cabo en la cuba donde se encuentra almacenado el electrolítico (solución que tiene el metal a ser depositado en forma iónica).

La operación de recubrimientos electrolítico, incluye tres etapas básicas:

- ✚ Preparación de la Superficie.
- ✚ Tratamiento.
- ✚ Acabado.

2.4 ETAPAS DEL PROCESO.

Recubrimientos electrolíticos está compuesta por numerosas operaciones previas a un tratamiento químico o electroquímico, es imprescindible proceder a una preparación de superficies, que tiene por finalidad eliminar toda presencia física o química sobre la superficie a ser tratada. Como las impurezas son especialmente residuos de fundición, películas de óxido, corrosión y sales, grasas, aceites y otras suciedades producidas durante la obtención de la pieza o por su exposición al ambiente.

No es suficiente una sola etapa de limpieza, sino que por el contrario, es indispensable llevar a cabo una tras otra, varias clases de limpieza.

Se puede decir que las etapas generales del proceso son:

- ✚ Decapado.
- ✚ Desengrase.
- ✚ Pasivado.
- ✚ Enjuague.

2.4.1 DECAPADO.

El contacto entre atmósfera y piezas metálicas provoca la formación de capas de óxido. Se utiliza para eliminar mecánicamente las rebabas, escorias del cordón de soldaduras, y otros residuos ó restos gruesos de la maquinación de piezas.

El baño de decapado contendrá diversos tipos de metal en solución en función del tipo de material base y del grado de mantenimiento dentro de este proceso se tiene:

a. Decapado Mecánico.

Se puede considerar la limpieza por medio de un cepillo de alambre, producen una rugosidad en las piezas y esto permite una mejor adherencia de las partículas de recubrimiento.

b. Decapado Químico.

Se realiza con sustancias químicas especialmente ácido sulfúrico, ácido fosfórico que se está utilizando o clorhídrico y muy raramente ácido fluorhídrico y el ácido nítrico.

El ácido sulfúrico se utiliza en concentraciones de 5-6% en peso/volumen y a temperatura entre los 65 y 70 °C. Dicho ácido pasa a través de las grietas y poros de las capas de óxido y ataca las más profundas, disolviéndolas y también al metal.

El ataque produce cierta cantidad de hidrógeno gaseoso, el cual hace saltar la capa de óxido.

c. Decapado Electrolítico.

Se utiliza para la eliminación de la contaminación metálica de la superficie, para eliminar los defectos producidos durante la mecanización o manipulación y para la preparación para tratamientos posteriores: electropulido, etc.

El baño clásico es sumergir en ácido clorhídrico a los 20/80, es decir 20 partes de ácido clorhídrico y 80 partes de agua. (Ej. 20 litros de ácido/ 80 litros de agua).

Temperatura: Ambiente 15-20 °C

Tiempo: Variable, según resultados del ataque

Agitación: Puede ser mecánica o con aire.

Nota 1: En caso de que el tiempo de ataque no sea satisfactoria, se puede ir incrementando la proporción de ácido clorhídrico ó variando el tiempo.

Nota 2: Es importante que en éste punto la pieza quede absolutamente limpia de suciedades y óxidos (impecable).

Nota3: Importante, luego de cada paso las piezas deben lavarse muy bien para evitar contaminación y arrastres.

Nota 4: En todos los casos las piezas debe sumergirse totalmente, no por partes.

d. Lavado de Decapado.

Este lavado no solo busca eliminar la cantidad de óxido que ha sido despegado o raspado de la superficie del material, pero que aún no ha sido removido de la misma, sino también, la cantidad de ácido que aún permanece impregnado sobre ella. Puede llevarse a cabo por inmersión o con agua a una temperatura mayor que la ambiente.

2.4.2 DESENGRASE.

Los predeengrases que tienen como finalidad eliminar de las superficies metálicas, la parte esencial de las grasas, sin llegar a su total eliminación. Los desengrases finales, son los que eliminan totalmente la grasa.

a. Desengrase Químico.

Generalmente se lo realiza en soluciones calientes y por inmersión, y en función tanto de las grasas como de los metales a tratar.

b. Desengrase Electroquímico.

Se requiere en primer lugar de la tensión real que no debe ser nunca inferior a 7 voltios ni tampoco superior a 10 voltios, como de igual forma la densidad de corriente media por dm^2 , que en la mayor parte de los casos no deberá ser inferior a los 12 Amp/ dm^2 , para una tensión de 7 a 8 voltios y para el caso de 10 voltios alcanzará de 15 a 20 Amp/ dm^2 .

Se obtiene que la temperatura de trabajo normalmente es de 15°C , y no debe exceder de los 22°C .

c. Desengrase Electrolítico.

Formulaciones a aplicarse puede ser:

Sosa cáustica: 37.5 g/l

Carbonato sódico: 25 g/l

Fosfato trisódico: 6.2 g/l

Agente humectante: 1.5 g/l (éste agente puede ser un alquil sulfonato, sorbitol ó glicerina)

Temperatura: 80-90 °C

Tiempo: variable, depende del grado de suciedades

Nota: Se puede evitar la preparación primaria de éste baño buscando en el mercado productos formulados listos para su uso, se conocen como desengrasantes industriales para piezas ferrosas.

2.4.3 PASIVADO.

La pasivación se refiere a la formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material (frecuentemente un metal), que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos.

Aunque la reacción entre el metal y el agente externo sea termodinámicamente factible a nivel macroscópico, la capa o película pasivante no permite que éstos puedan interactuar, de tal manera que la reacción química o electroquímica se ve reducida o completamente impedida.

En muchos casos, la formación de esta película pasivante es espontánea cuando el metal entra en contacto con el agente externo.

Cuándo una superficie del metal entra en contacto con el aire ambiental, la parte más externa del objeto se oxida espontáneamente para formar una capa transparente e impermeable, muy congruente y adherente.

Una vez que la superficie se encuentra libre de sal, se sellan los poros, se dan los últimos retoques estéticos por medio de sales de cromo principalmente en baños que no requieren electricidad.

Por lo general se emplea este tipo de pasivados de carácter químico para evitar la corrosión de la superficie recubierta.

2.4.4 ENJUAGUE.

Enjuagar implica diluir y remover películas superficiales o contaminantes por lo que se debe garantizar que funcione de forma eficiente para evitar que el recubrimiento de las piezas sea defectuoso.

2.4.5 TRATAMIENTO DESPUÉS DEL ELECTROPÚLIDO.

El principio básico de los procesos de recubrimientos electrolíticos consiste en la conversión del metal del ánodo en iones metálicos que se distribuyen en una solución ácida o alcalina cianurada. Estos iones se depositan en el cátodo (pieza que será recubierta) formando una capa metálica en su superficie.

El recubrimiento electrolítico de las piezas se produce casi exclusivamente por inmersión en un baño. Para ello se introducen las piezas en cubas donde se encuentra el electrolito, luego se aplica la corriente como cátodo, posteriormente se recubren y al final se secan. Al extraer las piezas del baño arrastran una cantidad del electrolito sobre la superficie de las piezas.

En esta película superficial sobre el recubrimiento electrolítico elimina en un proceso de lavado posterior para que no interfiera en las siguientes operaciones o presente las condiciones de acabado exigidas.

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

Una gran cantidad de sustancias son solubles en H_2O sin embargo, se sabe que sólo aquellas soluciones que contienen disueltas en ellas, ácidos, bases, o sales, que conducen la corriente eléctrica, estas se denominan electrolitos, los cuales se descomponen al paso de la corriente eléctrica, este fenómeno se denomina Electrólisis.

Las sustancias disueltas, que se disocian en mayor o menor amplitud como partículas cargadas eléctricamente, las cuales se denominan iones. El equilibrio del electrolito depende del grado de disociación, es decir del número de moléculas disociadas en iones y el número de moléculas que existiría en la solución si no hubiese disociación.

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

Según la ley fundamental de la electrólisis, los metales y el hidrógeno se desplazan en sentido de la corriente, es decir, se desprenden del ánodo, que es el elemento que lleva carga positiva. Si el pH de una solución es 7 quiere decir que la solución es neutra, si el pH es 0 la solución es 100% ácida y si el pH es 14 la solución es 100% alcalina o básica.

2.4.6 ACABADO.

a. Cromado.

Se basa en la electrolisis, por medio del cual se deposita una fina capa de cromo metálico sobre objetos metálicos, el recubrimiento electrolítico con cromo es extensivamente usado en la industria para proteger metales de la corrosión, mejorar su aspecto y sus prestaciones.

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 poder de crecimiento crece rápidamente con la densidad de corriente, pero decrece con la elevación de temperatura, siendo débiles variaciones ocasionadas por esta causa. El cromo se aplica bien al cobre, al níquel y al acero.



Figura 0.1: Tina de baño de Cromo.¹⁰

¹⁰ Fuente: Proporcionado por la Empresa Metal química Galvano.

b. Niquelado.

Se aplica tanto para la protección contra la corrosión como para fines decorativos en hierro, acero, latón, cobre y fundición de zinc, aluminio, etc.

Por la buena estabilidad química del níquel se obtiene un brillo el cual se mantiene inalterable por largo tiempo. El níquel presenta mejor resistencia a la corrosión por rozamiento que el cromo.

El material es estable ante ácidos o aire a temperaturas elevada, por encima de los 500° C presenta sobre la superficie películas de óxido de color amarillo. No es estable al anhídrido sulfuroso a altas temperaturas. A 400 °C se reblandece algo y a 800 °C se reduce su dureza a la mitad de su valor además comienza a difundirse en el hierro con lo que la adherencia del recubrimiento aumenta.

Las Aplicaciones son:

- ✚ Alta resistencia a la corrosión.
- ✚ Resistencia a la abrasión.
- ✚ Soldabilidad.



Figura 0.2: Tina de baño de Níquel.¹¹

¹¹ Fuente: Proporcionado por la empresa Metal química Galvano.

En la siguiente tabla se resumen los procesos de desengrase, niquelado y cromado.

Tabla 0.1: Resumen de los Procesos.

Baño Electrolítico	Voltaje (V)	Densidad de corriente (Amp/dm²)	Rendimiento Catódico (%)
Desengrase	6-8	6	15
Niquelado	4-6	6	96
Cromado	8-15	12	15

2.5 DETERMINACIÓN Y SELECCIÓN DEL ELECTROLITO.

No existe una teoría generalmente aceptada en cuanto al mecanismo de acción del electropulido, pero ocurren ciertos fenómenos anódicos que caracterizan al electro pulido, dichos fenómenos son:

- ✚ La polarización de los electrodos metálicos conduce, en ciertas condiciones a la pasivación del ánodo que desaparece agitando la solución o al interrumpir la corriente polarizante.
- ✚ Bajo ciertas condiciones, estos fenómenos inestables de la pasivación están relacionados con una pulsación de la corriente por ejemplo un cambio espontaneo, periódico, más o menos rápido y marcado en la intensidad de la corriente.
- ✚ Los fenómenos de la pasivación del ánodo y la pulsación de la corriente están reflejadas en una anómala curva de intensidad potencial.
- ✚ La pulsación de la corriente va asociada a cambios visualmente observables en la superficie del ánodo.

✚ A cierta densidad de corriente, característica del metal y del electrolito, ocurre la transformación de la superficie del ánodo de mate a brillante y lisa, esta transformación va asociada, en ciertos casos por una pulsación en la intensidad de la corriente.

Los electrolitos más extensamente utilizados para el electropulido de materiales ferrosos están basados en el ácido ortofosfórico, sulfúrico. Cuando mayor es la concentración de ácidos más bajos son los valores de densidad de corriente y menor es el valor de la densidad con que se puede electropulir.

Cuando la concentración de ácido se reduce, los límites de potencial de ánodo entre los que se produce (densidad de corriente constante) se acercan.

✚ **ELECTROLITO UTILIZADO DE ACUERDO A DIFERENTES PRUEBAS REALIZADAS (ANEXO B).**

Preparar 772.26 litros de un baño que contenga 65% de ácido fosfórico y 35 % de ácido sulfúrico en peso.

En éste caso únicamente se debe considerar las densidades de cada ácido y su pureza, así:

Ácido fosfórico:

Pureza: 82%

Densidad: 1.68

Acido sulfúrico:

Pureza: 98%

Densidad: 1.83

Peso de la solución:

$$\begin{aligned} & \#Litros \times ((\% \text{ ácido} \times \text{densidad})_{\text{fosfórico}} + \% \text{ ácido} \times \text{densidad}_{\text{sulfúrico}}) \\ & 772.6 \times ((0.65 \times 1.68)_{\text{fosfórico}} + 0.35 \times 1.83_{\text{sulfúrico}}) \\ & 1338.53 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cantidad de ácido fosfórico requerida:

$$\begin{aligned} & \text{Peso de la solución} \times 0.65 \\ & 870.04 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

La diferencia es ácido sulfúrico:

$$\begin{aligned} & \text{Peso de la solución} \times 0.35 \\ & 468.49\text{kg o litros} \end{aligned}$$

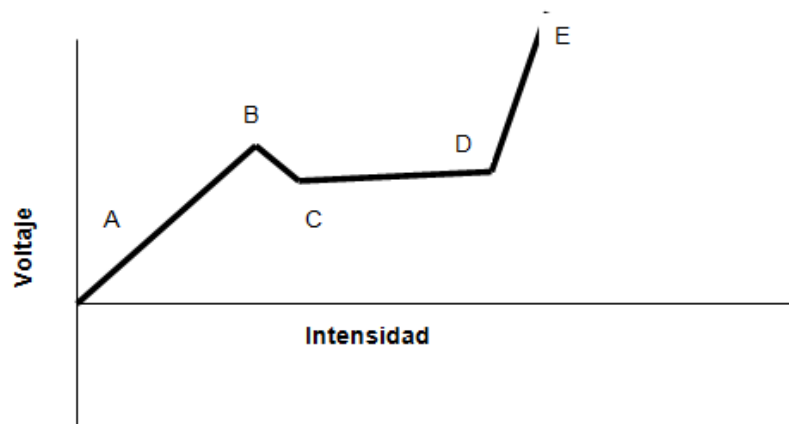


Figura 0.3: Curva anómala de Intensidad Potencial.

La cual se divide en cuatro secciones:

- ✚ a-b.- Disolución normal del ánodo.
- ✚ b-c.- Caída de voltaje.
- ✚ c-d.- Zona estable de intensidad de corriente, zona de pulido (formación de una capa de productos de reacción alrededor del ánodo.
- ✚ d-e.- Incremento de la densidad de corriente y formación de la película pasiva (se logra pulir).

2.6 FACTORES DE LAS PIEZAS PARA EL RECUBRIMIENTO.

Antes de proceder a realizar el recubrimiento se debe considerar los siguientes factores:

- a. Forma de fabricación: piezas fundidas, embutidas o ensambladas.
- b. Metal Base: Aluminio, cobre o zinc.
- c. Calidad del material base: con poros, grietas, etc., físico del metal. Tratamiento térmico (forjado recocido, etc.).
- d. Dimensiones de las piezas a recubrir: pequeñas piezas metálicas, piezas de automóvil, etc.
- e. Formas de pieza: dificultad de tratamiento (ánodo auxiliares).
 - ✚ Dificultad de lavado (formas de la pieza).
 - ✚ Dificultad de escurrido (ensamblajes).
- f. Tolerancia de fabricación: piezas rectificadas, (protección y tolerancia de 0.1mm).etc.

- g. Atmósfera de trabajo: Clima rural, industrial, productos químicos.
Temperatura de trabajo (utilización).
Espesor mínimo.
Calidad del recubrimiento: adherencia, porosidad, continuidad, etc.
Precio, costo.

2.7 CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PIEZAS A RECUBRIRSE ELECTROLITICAMENTE.

- a. Especificar el metal base de superficie adecuada para obtener un acabado de buena calidad.
- b. Evitar el empleo de distintos metales en una misma pieza a menos que se facilite el recubrimiento por separado.
- c. Evitar el ensamble antes del recubrimiento siempre que sea posible.
- d. Evitar agujeros ciegos, cavidades o bordes enrollados en los que puedan quedar ocluidas porciones de las soluciones empleadas en la limpieza del acabado.
- e. Para la suspensión y buen contacto electrolítico proveer algún punto donde el espesor del recubrimiento no sea esencial.
- f. Evitar bordes de aristas vivas, protuberancias acusadas, cavidades profundas o proporciones bruscamente entrantes y en partes de las piezas en que exija que el recubrimiento resista al desgaste o a la corrosión.
- g. Establecer claramente la especificación y clasificación a la que el recubrimiento deberá acomodarse.

2.8 PORCENTAJES DE ÁCIDOS PARA ELECTROPULIR.

Material	Solución	Temperatura	Observaciones
Aluminio	20-25 % ácido nítrico Resto metanol		Se debe enfriar el líquido con nitrógeno líquido hasta que el electrolito comience a congelarse
Hierro	50% ácido crómico 50 % ácido acético	27 °C	
Aceros	63 % ortofosfórico 15 % sulfúrico, 12% agua	50 °C	

2.9 FORMULACIONES QUE SE PROBARÓN DE ACUERDO AL ANEXO B.

Se han obtenido buenos resultados puliendo cobre, latón, bronce y electro depositados de cobre con soluciones de peso específico 1.60 -1.62 con las siguientes composiciones:

Acido orto fosfórico 74%

Acido crómico 6%

Agua 20%

Se probó las siguientes formulaciones:

a. FORMULA #1:

Acido fosfórico: 4 Kg

Alcohol etílico (etanol): cantidad necesaria para completar 10 litros. O si preparan un volumen diferente mantener las proporciones.

Temperatura: aproximarse a los cero grados Celsius, requiere refrigeración.

DDC: 3225 A/m²

Este baño debe estar ausente de agua.

b. FORMULA #2:

Acido sulfúrico: 15%

Acido fosfórico: 63%

Acido crómico: 10%

DDC.: 537 - 10750 A/m² (dentro de ese rango escoger uno más estrecho)

Temperatura: 52 °C

c. FORMULA # 3:

Acido láctico: 33%

Acido fosfórico: 40%

Acido sulfúrico: 15,5%

DDC: 1075 A/m²

Temperatura: 18 - 32 °C

Deben ir probando a diferentes DDC y variando los tiempos hasta obtener los resultados esperados.

Tabla 0.2: Soluciones Probadas.

FORMULA	T (° C)	T (min)	V	Observaciones
Ácido sulfúrico en 15% Ácido Fosfórico 63% Agua 22%	40 ° C	9 min	2 a 12 V	Prueba # 1 Anexo I-2
Ácido sulfúrico en 25% Ácido Fosfórico 63% Agua 12%	70 ° C	9min	2 a 12 V	Prueba # 2 Anexo I-2
Ácido sulfúrico en 60% Ácido Fosfórico 40%	50 ° C	9min	14 V	Prueba # 3 Anexo I-2
Ácido sulfúrico en 50% Ácido Fosfórico 30% Ácido crómico 20%	70 ° C	9 min	12 V	Prueba # 4 Anexo I-2
Ácido sulfúrico en 40% Ácido Fosfórico 60%	70 ° C	15 min	12 a 34 V	Prueba # 5 Anexo I-2
Ácido sulfúrico en 60% Ácido Fosfórico 40%	70 ° C	15 min	12 a 24 V	Prueba # 5.1 Anexo I-2
Ácido sulfúrico en 60% Ácido Fosfórico 40%	60 ° C	15 min	12 a 24 V	Prueba # 5.2 Anexo I-2
Ácido sulfúrico en 60% Ácido Fosfórico 40%	55 ° C	15 min	12 V	Prueba # 5.3 Anexo I-2

2.10 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES QUÍMICOS.

Para el proceso de electropulido se utiliza ácido sulfúrico, y ácido fosfórico.

✚ ÁCIDO SULFÚRICO

DESCRIPCIÓN

<i>Sinónimos:</i>	Ácido Sulfúrico acuoso – Sulfuro de Hidrógeno acuoso – sulfato Dihidrógeno – Ácido Electrolítico – Ácido para baterías.
<i>Fórmula Química:</i>	H ₂ SO ₄
<i>Concentración:</i>	40%
<i>Peso molecular:</i>	99.08
<i>Grupo Químico:</i>	Ácido Inorgánico
<i>Número UN:</i>	2796 (Ácido Sulfúrico, con un máximo de un 51%)
<i>Clase UN:</i>	8

✚ ÁCIDO FOSFÓRICO

DESCRIPCIÓN

<i>Sinónimos:</i>	Ácido orto fosfórico
<i>Fórmula Química:</i>	H ₃ PO ₄
<i>Concentración:</i>	60% - 75%
<i>Peso molecular:</i>	98
<i>Grupo Químico:</i>	Ácido Inorgánico
<i>Clase UN:</i>	8

2.11 DISEÑO DE LA CUBA ELECTROLÍTICA.

2.11.1 GENERALIDADES.

a. Recipientes.

Tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen en algún proceso, este tipo de recipientes son llamados generalmente tanques.

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos.

b. Clasificación.


Por su Uso:

Se puede dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de proceso.

Los primeros servirán para almacenar fluidos a presión y son conocidos como tanques de almacenamiento, tanque de día, tanques acumuladores, etc.

Por su forma:

Pueden ser clasificados según su geometría:

-  **Recipientes Abiertos.-** Recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanques igualadores o de oscilación como tinas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser: reactivos químicos, depósitos, etc.

- ✚ **Recipientes cerrados.-** Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.

2.11.2 TANQUES RECTANGULARES.

Los tanques de paredes planas se utilizan únicamente para presiones hidrostáticas bajas, debido a su forma mecánicamente débil. La cantidad de material requerida para los tanques rectangulares es mayor que la que requiere los tanques cilíndricos de igual capacidad. Sin embargo, a veces se prefiere utilizar dichos tanques por la facilidad de fabricación y buena utilización de espacio.

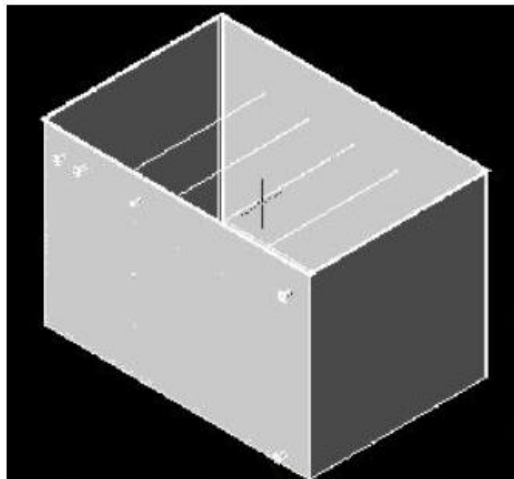


Figura 0.4: Tipos de recipientes de almacenamiento de sustancias.¹²

¹² Tanques Rectangulares sometidos a presión hidrostática (s.f.) disponible en URL: http://www.docentes.utonet.edu.bo/mruizo/wpcontent/uploads/P%C3%A1ginasTanques_rectangulares.pdf [consulta 27 de agosto del 2012].

- ✚ **Propiedades mecánicas.-** Al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que tenga una buena resistencia a la tensión, alto nivel de cedencia. Con estas propiedades principales se establece los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

- ✚ **Propiedades físicas.-** En este tipo de propiedades se buscará que el material deseado tenga coeficientes de dilatación térmica.

- ✚ **Propiedades químicas.-** Lo principal que se debe tener en cuenta es la utilización de ácidos que se debe considerar en el material que se utilizará en la fabricación de recipientes de presión. Este factor es muy importante ya que un material mal seleccionado causará muchos problemas.

2.11.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CUBA ELECTROLITICA.

En el dimensionamiento de la cuba electrolítica se lo realiza tomando en cuenta los diferentes elementos que van a intervenir en el proceso de electropulido por lo tanto para su determinación se deberá de tener en cuenta lo siguiente:

- ✚ Volumen total de la cuba.
- ✚ Cálculo de fuerzas en el fondo de la cuba.
- ✚ Cálculo de fuerza en las paredes.
- ✚ Cálculo del espesor de la cuba.
- ✚ Cálculo de espesor de placa.
- ✚ Espesor del fondo del recipiente.
- ✚ Ánodo.
- ✚ Cátodo.

DISEÑO DE LA CUBA.

MEDIDAS EXTERNAS

Las medidas internas son las que se desea buscar, el espesor de la cuba, tanto en paredes como en el fondo. Por tanto se parte de las medidas externas:

- ✚ Largo: 1.53 m.
- ✚ Ancho: 0.77 m.
- ✚ Altura: 0.78 m.

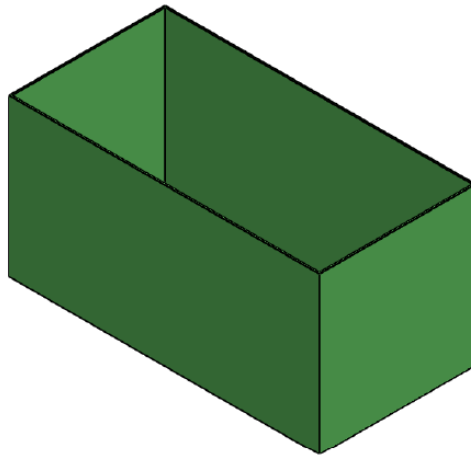


Figura 0.5: Dimensionamiento de la Cuba.

La cuba se llena hasta el 90% de su totalidad

Donde:

X = Altura del liquido.

Es decir:

0.76 m a 100%

X a 90%

X= 0.684 m. es la altura máxima de operación donde se va a encontrar el líquido.

Para calcular el volumen total de la cuba:

$$V_T = \text{Altura} \times \text{Ancho} \times \text{Largo} \quad \text{Ec. 0.2}$$

$$V_T = 0.684 \times 0.75 \times 1.51$$

$$V_T = 0.774 \text{ m}^3 \text{ de solución}$$

$$\underline{\underline{V_T = 774 \text{ litros de solución}}}$$

Debido a que los ácidos no se mezclan se necesita saber la altura respectiva de cada ácido para obtener la fuerza resultante en la pared como las diferentes presiones dentro de la cuba.

Por lo tanto del ácido fosfórico es al 65% y del ácido sulfúrico es del 35% obteniéndose las alturas respectivas:

0.684m a 100%

X₁ a 65%

X₁ = 0.444m. Altura para el ácido fosfórico.

Ácido sulfúrico al 35%

0.684 m a 100%

X₂ a 35%

X₂ = 0.239m. Altura para el ácido sulfúrico.

$$X_T = X_1 + X_2$$

$$X_T = 0.444 + 0.239$$

$$X_T = 0.683\text{m.}$$

MEDICIÓN DE PRESIÓN EN LOS PUNTOS A, B Y C (EN EL FONDO DE LA CUBA).

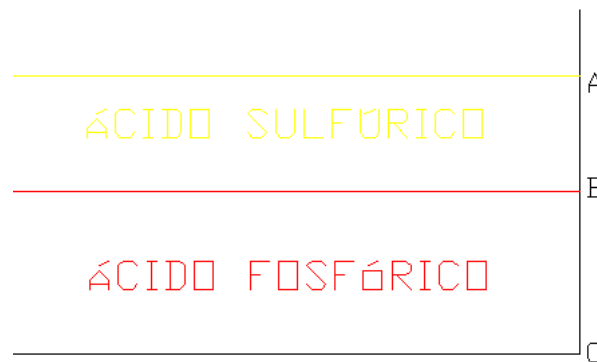


Figura 0.6: Dimensionamiento interno de la Cuba.

✚ En el punto A.

P_A = presión en el punto A

Se encuentra expuesto a la atmósfera por lo tanto:

$$P_A = 0 \text{ Pa (manométrica)}$$

✚ En el punto B.

El cambio de elevación entre el punto A y B es de 0.239 metros de B por debajo de A. Se necesita utilizar la gravedad específica y el peso específico del ácido sulfúrico.

$$sg = \frac{\gamma}{\gamma_{H_2O(4^\circ C)}} \quad \text{Ec. 0.3}$$

Donde:

γ = peso específico.

sg = gravedad específica del ácido sulfúrico = 1.308

$\rho_{H_2O(4^\circ C)} = 9.81 \text{ (KN/m}^3\text{)}$

Despejando la ecuación 2.3 se obtiene el peso específico del ácido sulfúrico.

$$\gamma \text{ (ácido sulfúrico)} = sg \times \rho_{H_2O(4^\circ C)}$$

$$\gamma \text{ (ácido sulfúrico)} = 1.308 \times 9.81 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$$\gamma \text{ (ácido sulfúrico)} = 12.83 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

Ahora se obtiene la relación entre la presión y la elevación con la siguiente fórmula.

$$\Delta p = \rho \times h \quad \text{Ec. 0.4}$$

Donde:

Δp = Cambio en la presión.

ρ = Peso específico del líquido.

h = Cambio de elevación.

$$\Delta p_{A-B} = \rho_{H_2SO_4} \times h_{AB}$$

$$\Delta p_{A-B} = 12.83 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 0.239 \text{ m}$$

$$\Delta p_{A-B} = 3.06 \text{ KPa.}$$

Ahora la presión en B es (P_B = presión en el punto B):

$$P_B = P_A + \Delta p_{A-B} \quad \text{Ec. 0.5}$$

$$P_B = 0 \text{ Pa (manométrica)} + 3.06 \text{ KPa}$$

$$P_B = 3.06 \text{ KPa}$$

En el Punto C (fondo de la cuba).

P_C = presión en el punto C

$$P_C = P_A + \Delta p_{A-B} + \Delta p_{B-C} \quad \text{Ec. 0.6}$$

$$P_C = P_A + (\rho_{H_2SO_4} * h_{AB}) + (\rho_{H_3PO_4} * h_{BC})$$

Donde:

sg = gravedad específica del ácido fosfórico = 1.69

$$\rho_{H_3PO_4} = sg \times 9.81 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$$\rho_{H_3PO_4} = 1.69 \times 9.81 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$$\rho_{H_3PO_4} = 16.58 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

$P_A = 0$ Pa (manométrica)

$\Delta p_{A-B} = 3.06$ KPa.

$$\Delta p_{B-C} = \rho_{H_3PO_4} \times h_{BC}$$

$$\Delta p_{B-C} = 16.58 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \times 0.444\text{m}$$

$$\Delta p_{B-C} = 7.361 \text{ KPa.}$$

Reemplazando datos en la ecuación 2.6 se obtiene:

$$P_C = 0 \text{ Pa (manométrica)} + 3.06\text{KPa.} + 7.361 \text{ KPa.}$$

$$P_C = \mathbf{10.421 \text{ KPa}}$$

La fuerza que actúa en el fondo de la cuba se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{F = P \times A \quad Ec. 0.7}$$

Donde:

F = fuerza.

P = presión en el fondo de la cuba.

A = área en el fondo de la cuba.

$$\begin{aligned} F &= P_C \times A \\ F &= 10.421 \text{ KPa} \times (1.51 \times 0.75) \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\mathbf{F = 11.802 \text{ KN}}$$

CÁLCULO DE FUERZAS EN LAS PAREDES RECTANGULARES.

Se utiliza la fórmula:

$$\mathbf{F_R = \gamma \times \frac{h}{2} \times A \quad Ec. 0.8}$$

Donde:

F_R = fuerza resultante que actúa de manera perpendicular a la pared en el centro de presión.

γ = peso específico del fluido

h = Profundidad total del fluido

A = área total de la pared

A = profundidad × ancho Ec. 0.9

$$A = 0.684 \text{ m} \times 0.75 \text{ m.}$$

$$A = 0.513 \text{ m}^2$$

$$\rho_{H_3PO_4} = 16.58 \text{ (KN/m}^3\text{)}$$

Reemplazando en la ecuación 2.8

$$F_R = 16.58 \text{ (KN/m}^3\text{)} \times \frac{0.684}{2} \times \frac{0.6795}{2} \times 0.513 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{F_R = 2.90 \text{ KN}}$$

Pero en este caso se tiene dos ácidos los cuales no se mezclan por lo tanto se debe utilizar un análisis más detallado y exacto.

$$F = \rho \times \frac{h_{cg}}{2} \times A$$

F = fuerza resultante que actúa de manera perpendicular a la pared en el centro de presión.

 **Sección AB.**

$$F_{AB} = \rho_{H_2SO_4} \times \frac{h_{cg}}{2} \times A$$

$$F_{AB} = 12.83 \text{ (KN/m}^3\text{)} \times \frac{0.239}{2} \times \frac{0.238}{2} \times (0.75 \times 0.239) \text{ m}^2$$

$$\mathbf{F_{AB} = 0.274 \text{ KN}}$$

$$I_{CG} = \frac{b \times h_{AB}^3}{12} \quad \text{Ec. 0.10}$$

Donde:

I_{CG} = momento de inercia del área respecto de un eje que pasa por su centro de gravedad.

b = base de la Cuba

h_{AB} = altura entre A-B = 0.239m

Teorema de Steiner.

$$y_{cp} = \frac{I_{CG}}{y_{cg} \times A} + y_{cg} \quad \text{Ec. 0.11}$$

Donde:

y_{cp} = posición del centro de presión

y_{cg} = posición del centro de gravedad

De la ecuación 2.10 se obtiene:

$$I_{cg} = (b \times h_{AB}^3) / 12$$

$$I_{cg} = (0.684 \times 0.239^3) / 12$$

$$I_{cg} = 0.000778$$

Utilizando el teorema de Steiner ecuación 2.11:

$$y_{cp} = \frac{0.000778}{0.119 \times 0.75 \times 0.239} + 0.119$$

$$\underline{y_{cp} = 0.155 \text{ m. desde A}}$$

 **Sección BC**

$$F_{BC} = \rho_{H_3PO_4} \times \frac{h_{cg}}{2} \times A$$

$$F_{BC} = 16.58 \text{ (KN/m}^3\text{)} \times \frac{0.444}{2} + 0.341 \times \frac{0.442}{2} + 0.34 \times (0.75 \times 0.444) \text{ m}^2$$

$$\mathbf{F_{BC} = 3.108 \text{ KN}}$$

De la ecuación 2.10 se obtiene:

$$I_{cg} = (b \times h_{AB}^3) / 12$$

b = base de la Cuba

h_{AB} = altura entre B-C = 0.444m

$$I_{cg} = (0.75 \times 0.444^3) / 12$$

$$I_{cg} = 0.0054$$

Utilizando el teorema de Steiner:

$$y_{cg} = \frac{0.684}{2} + \frac{0.444}{2} = 0.564$$

$$y_{cp} = \frac{0.00564}{0.564 \times 0.444 \times 0.75} + 0.564$$

$$\mathbf{y_{cp} = 0.594 \text{ m. desde A}}$$

La fuerza resultante (F_T) es la suma de las fuerzas en las dos secciones:

$$\mathbf{F_T = F_{AB} + F_{BC} \quad \text{Ec. 0.12}}$$

$$F_T = 0.274 \text{ KN} + 3.108 \text{ KN}$$

$$\mathbf{F_T = 3.38 \text{ KN}}$$

$$3.38 \times y_{cp} = (0.274 \times 0.155) + (3.108 \times 0.564)$$

$$\underline{y_{cp} \text{ Total} = 0.561 \text{ m. DESDE A}}$$

DETERMINACIÓN DE LA PARED DE LA CUBA.¹³

Como objetivo primordial se necesita determinar la clase de pared necesaria en la cuba; sea de pared delgada o pared gruesa. Para determinar el tipo de pared se utiliza el siguiente procedimiento:

OBJETIVO: Diseñar la cuba

DATOS: Presión $p = 10.38 \text{ KPa}$,

PVC $S_u = 47 \text{ MPa}$.

$P =$ Perímetro de la cuba $= (2 \times \text{lado mayor}) + (2 \times \text{lado menor})$

$$P = (2 \times 1.53) + (2 \times \text{lado } 0.77)$$

$$P = 4.6 \text{ m}$$

Donde:

$D_i =$ diámetro interno.

Para obtener el diámetro interno se utiliza:

$$P = \pi \times D_i$$

$$D_i = \frac{P}{\pi}$$

$$D_i = \frac{4.6}{\pi} = 1.46 \text{ m}$$

¹³ Mott Robert. (2009). *Resistencia de Materiales (5ta edición)*. México: Pearson Educación. Procedimiento B, 650.

PASO 1.- Use el diámetro dado como una estimación del diámetro medio, D_m del recipiente. $D_m = 1.46$ m.

PASO 2.- Criterio de pared delgada

PASO 3.- Esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = \frac{S_u}{N} \quad \text{Ec. 0.13}$$

Donde:

$\sigma_d =$ Esfuerzo de diseño

$S_u =$ Resistencia máxima

$N =$ Factor de seguridad

$$\sigma_d = \frac{47 \text{ MPa}}{3} = 15.67 \text{ MPa}$$

$$\frac{S_u}{N} = \frac{47 \text{ MPa}}{3} = 15.67 \text{ MPa}$$

PASO 4.- Cálculo para el espesor t .

$$t = \frac{p \times D_m}{2 \times \sigma_d} \quad \text{Ec. 0.14}$$

$$t = \frac{10.38 \text{ KPa} \times (1.46 \text{ m})}{2 \times 15.67 \text{ MPa}} = 0.00048 \text{ m}$$

PASO 5.- Prueba #1

$$D_i = 1.46 \text{ m} \quad t = 0.00048 \text{ m}$$

Donde:

$t =$ Espesor

$D_o =$ Diámetro exterior

$$D_o = D_i + 2 \times t \quad \text{Ec. 0.15}$$

$$D_o = D_i + 2 \times t = 1.46048$$

PASO 6. - $D_m = D_i + t$ Ec. 0.16

$$D_m = D_i + t = 1.46048$$

PASO 7. - $D_m/t = 1.4608/0.00048 = 3043.33 < 20$ no se cumple

Si el valor obtenido es menor a 20 es pared gruesa

Si el valor obtenido es mayor a 20 es pared delgada.

Por lo tanto la cuba es de pared delgada

CÁLCULO DEL ESPESOR DEL PVC.¹⁴

$$t = 2.45 \times L \times \frac{\alpha \times H \times 0.036 \times G}{S} \quad \text{Ec. 0.17}$$

Donde:

t= espesor a buscar

L= largo del recipiente. 1.51m = 59.45 pulg.

H= alto del recipiente. 0.76 m = 29.92 pulg.

G= gravedad específica del líquido G = 1.69

S= Límite a la cedencia= S_u = PVC de 5.51Ksi

$$\alpha = \frac{H}{L} \quad \text{Ec. 0.18}$$

Donde:

α =factor de que depende de la relación de la longitud a la altura del tanque H/L

H =Altura

L = Longitud

¹⁴ Osorio, A. (2002). *Recipiente Rectangular con Tirantes bajo Presión Hidrostática*. Tesis curricular

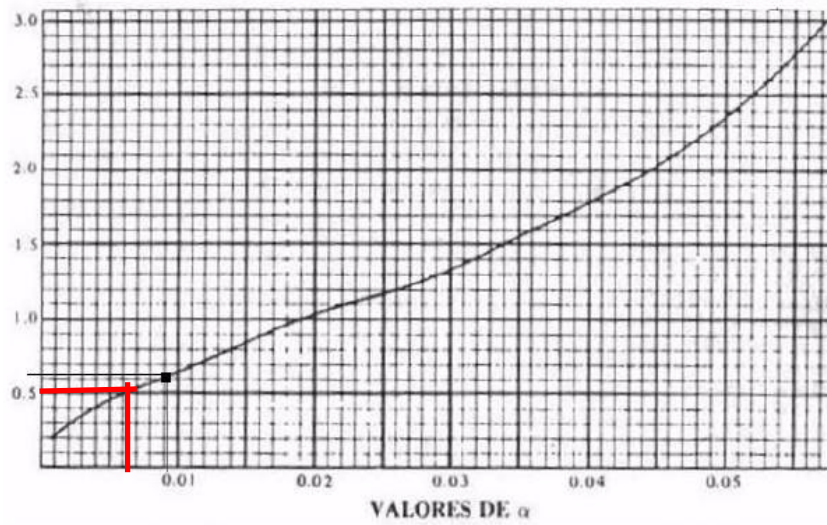


Figura 0.7: Relación entre Longitud y Altura (α).

$$\alpha = \frac{H}{L} = \frac{29.92}{59.45} = 0.5$$

Por lo tanto $\alpha = 0.005$

DESARROLLO:

$$t (PVC) = 2.45 \times 59.45 \times \frac{0.005 \times 29.92 \times 0.036 \times 1.69}{5510}$$

Espesor $t = 0.178$ pulg = 4.5 mm (PVC)

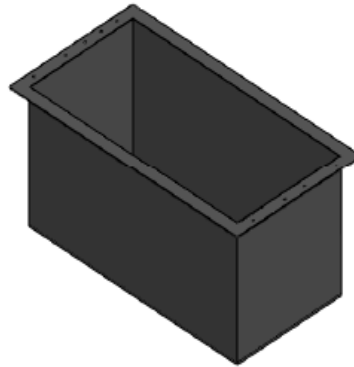


Figura 0.8: Recubrimiento de PVC.

ESPESOR DEL FONDO DEL RECIPIENTE.¹⁵

$$t = \frac{L}{1.254 \times \frac{s}{0.036 \times G \times H}} \quad \text{Ec. 0.19}$$

$$t = \frac{59.45}{1.254 * \frac{(5510)}{0.036 \times 1.69 \times 29.92}}$$

Espesor en el fondo de la cuba **t= 0.86 pulg = 21 mm**

Una vez obtenidas las dimensiones del espesor del PVC en las paredes como en el fondo del recipiente se consigue:

MEDIDAS INTERNAS:

- ✚ Largo: 1.51 m.
- ✚ Ancho: 0.75 m.
- ✚ Altura 0.76 m.

¹⁵Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR, (1988). *Recipientes a presión simple*. Farr, James R., Jawas Maan H. ASME Press, (2001). *Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels y Pressure vessels and Piping: Design and Análisis*, Volumen 1”.

2.12 CÁLCULO DE LA VIGA.

Por debajo de la cuba se necesita colocar vigas para evitar el contacto directo de la cuba con el suelo. Mediante el modulo de sección de la viga se puede calcular sus dimensiones.

Se necesita saber todas las fuerzas que actúan sobre la viga:

- + Cuba= 4900 N
- + Barras conductoras= 4N
- + Cátodos= $13\text{kgf} \times 10 = 130\text{ kgf} = 1274\text{ N}$
- + Ánodos= $160\text{ lbf} = 711.2\text{ N}$
- + Peso de la solución = 12843.15 N

La sumatoria total da 19 732.35 N equivalente a 20 KN por cada metro en toda la viga.

Para una mejor utilidad se usa viga de madera debido a:

- + Durabilidad: Gracias al tratamiento que se le da a la madera, esta tiene una resistencia de 30 o más años a la intemperie.
- + Facilidad de instalación: Son elementos prefabricados más livianos que el concreto, el acero y llegan a la obra listos para instalar.
- + Resistencia Química: La madera es resistente al ataque de ácidos y otros agentes químicos

Mediante diagramas de momento se puede obtener el módulo de sección.

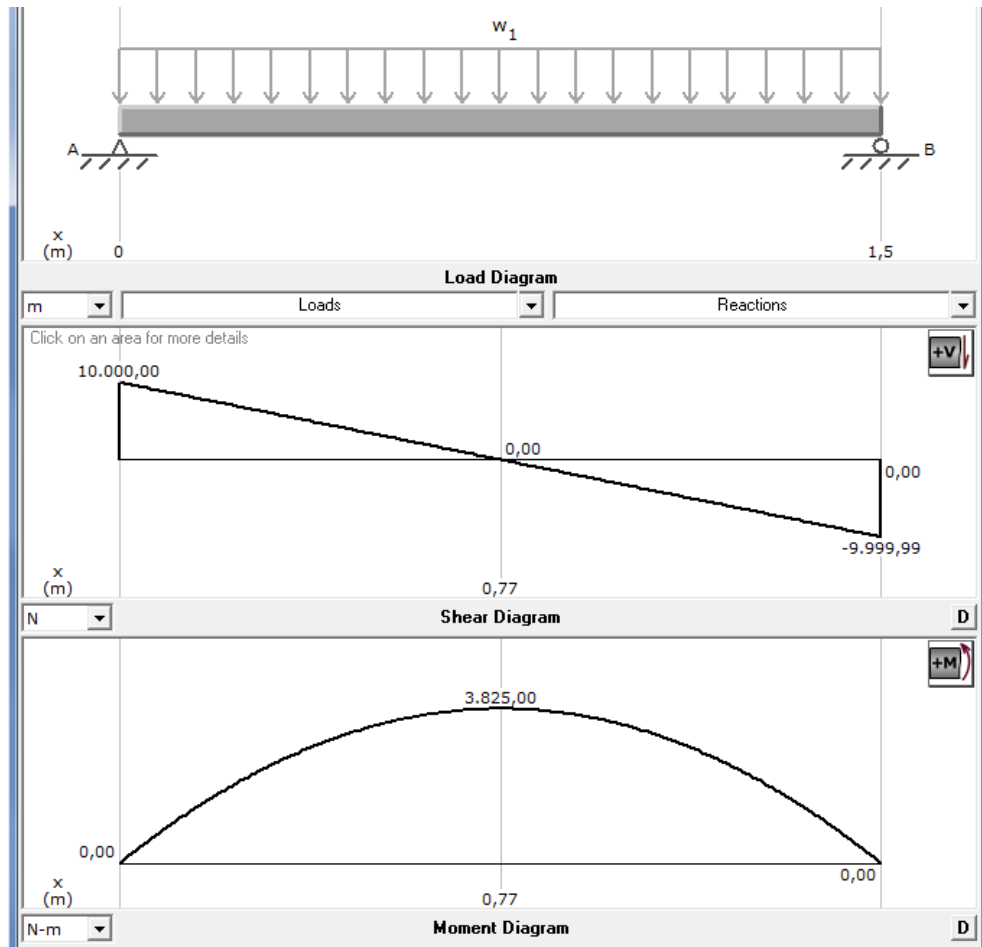


Figura 0.9: Diagramas de Esfuerzos para la Viga.

M= 3.825 KN-m es el momento máximo.

$$\sigma = \frac{S_y}{N} \quad \text{Ec. 0.20}$$

$$\sigma = \frac{1991.62 \text{ psi}}{2} = 995.8 \text{ psi}$$

Donde:

$\sigma =$ esfuerzo principal

$$S_y = \text{Resistencia a la cedencia de la madera} = 140 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad 16$$

¹⁶ Madera (s.f.) disponible en URL: <http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/jorgem/principal/guias/seimatest.pdf> [consulta el 12 de abril del 2013]

N= Es un factor de diseño = 2

$$S_Y = 140 \frac{kg}{cm^2} \text{ Transformado a psi} = 1991.62 \text{ psi}$$

$$S = \frac{M}{\sigma} \quad \text{Ec. 0.21}$$

Donde:

S = Módulo de sección.

M = Momento máximo según el gráfico

$$S = \frac{3825 \text{ Nm}}{995.8 \frac{lb}{pulg^2}} \times \frac{1 \text{ pulg}}{0.0254 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ lb}}{4.448 \text{ N}}$$

$$S = 33.9 \text{ pulg}^3$$

“Ahora se puede seleccionar un perfil de viga según las tablas 2.3, que tengan cuando menos este valor de módulo de sección. La sección más ligera, que es lo que se prefiere en el caso típico, el tamaño de la viga es:”¹⁷

Tabla 0.3: Selección del tamaño de la viga. (ANEXO D-1).

			Eje 1-1	
Dimensiones nominales b × h	Dimensiones netas b × h	Área A= b × h	Momento de inercia $I_1 = \frac{b \times h^3}{12}$	Módulo de sección $S_1 = \frac{b \times h^2}{6}$
pulg	pulg	pulg²	pulg⁴	Pulg³
4 × 10	3.5 × 9.25	32.4	231	49.9

¹⁷ Mott Robert. (2009). *Resistencia de Materiales (5ta edición)*. México: Pearson Educación. A-4, 695.

Para calcular el número de vigas necesarias para el soporte de la cuba se calcula el momento de inercia y comparar con el dado.

$$I_1 = 231 \text{ pulg}^4 \text{ dato de la tabla 2.13}$$

$$I_2 = ?$$

$$S = 33.9 \text{ pulg}^3$$

$$S = \frac{I_2}{c}$$

$$c = \frac{h}{2} = \frac{9.25}{2} = 4.625 \text{ pulg}$$

$$I_2 = S \times c$$

$$I_2 = 33.9 \text{ pulg}^3 \times 4.625 \text{ pulg}$$

$$I_2 = 156.78 \text{ pulg}^4$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \# \text{ de vigas}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{231 \text{ pulg}^4}{156.78 \text{ pulg}^4} = 1.473$$

Por lo tanto el #de vigas= 2

Se utiliza 2 vigas para soportar el peso total de la cuba con las medidas señaladas en la tabla 2.3 con un largo de 1.53m.

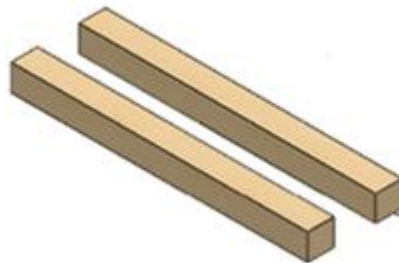


Figura 0.10: Viga en SolidWorks

2.13 FACTOR DE DISEÑO O FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.).

El factor de diseño es una medida de la seguridad relativa de un componente de máquina que soporta carga. El factor de seguridad viene dado por la relación entre la tensión de diseño y la tensión real a la que se somete dicho componente. Para efectos de solución de problemas y en ausencia de otras especificaciones se recomienda utilizar los diferentes factores de seguridad.

$$FS = \frac{\sigma_{diseño}}{\sigma_{real}} \quad \text{Ec. 0.22}$$

Para el presente tema se elige un factor de seguridad igual a 3 debido a la siguiente especificación:

- ✚ Para estructuras y elementos de máquina de materiales dúctiles con cierta incertidumbre en el conocimiento de la magnitud de las cargas.

2.14 CÁLCULO DE LAS BARRAS CONDUCTORAS.

Las barras conductoras son donde se colgarán los ganchos de las probetas para un contacto eléctrico positivo y las barras de plomo. Evitando de alguna manera que pueda existir algún pandeo de la barra, por lo tanto debe presentar una buena rigidez y conductividad eléctrica. El tamaño de las barras conductoras, para una densidad de corriente requerida depende de la longitud total del recorrido y de la caída de voltaje permisible.

2.14.1 BARRA DE COBRE - ÁNODO.

Se utiliza barra de cobre de diámetro de 1 pulgada que soporta dos cargas se necesita comprobar si cumple el factor de seguridad de 3.

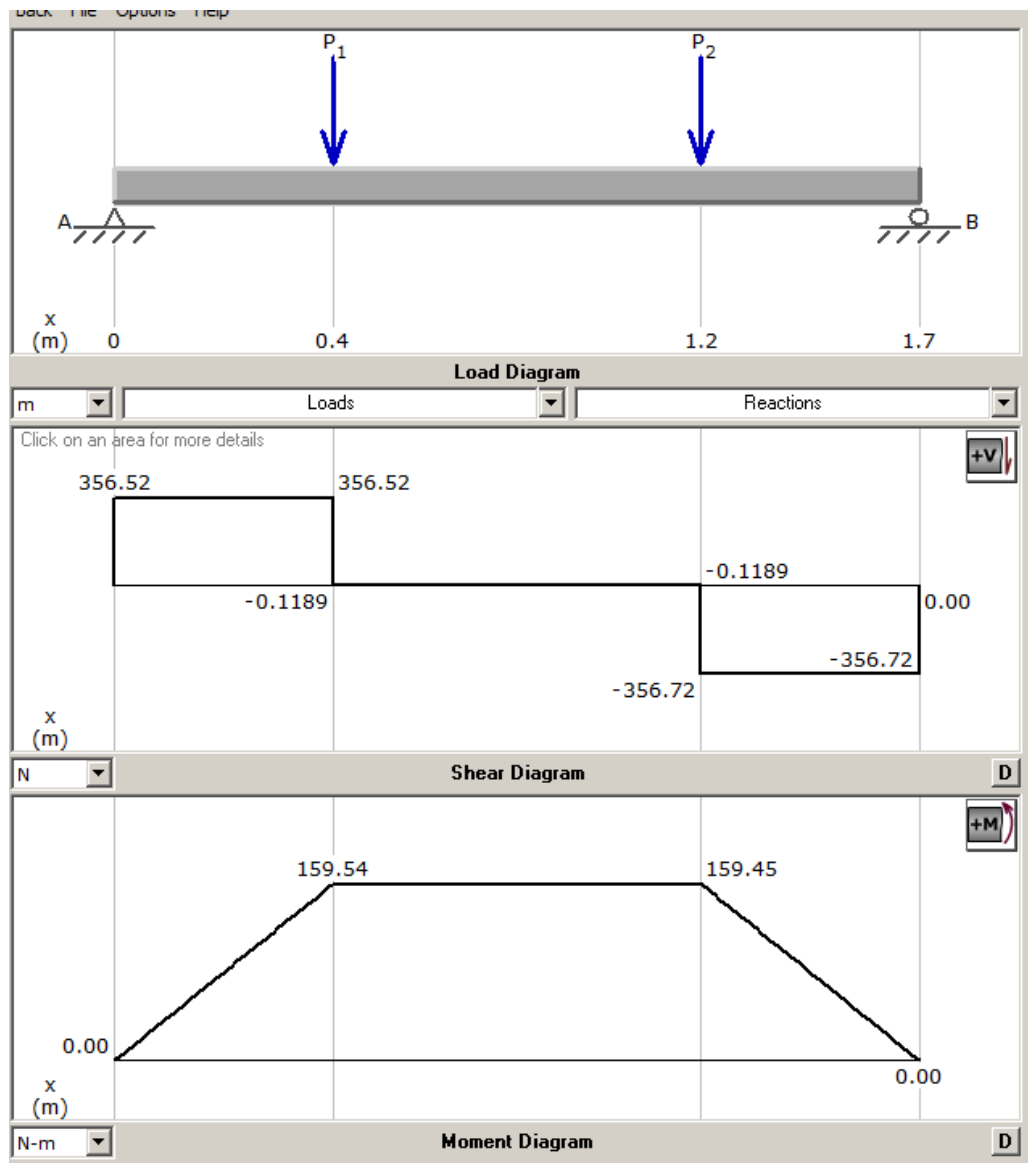


Figura 0.11: Diagramas de Esfuerzo para el ánodo.

$$80 \text{ lbf} = 356.364 \text{ N}$$

$$F_Y = 0$$

R_A = reacción en el punto A

R_B = reacción en el punto B

$$R_A - 356.36 - 356.364 + R_B = 0$$

$$R_A + R_B = 712.728$$

$$M_{A\uparrow+} = 0$$

$$(-356.364) \times 0.4475 - (356.363) \times 1.2025 + R_B \times (1.65) = 0$$

$$R_B = 356.363 \text{ N}$$

$$A_1 = (356.364) \times 0.4475 = 159.473$$

$$R_A = 356.364 \text{ N}$$

$$A_2 = -356.363 \times 0.4475 = -159.473$$

$$M = 159.473 \text{ Nm}$$

Modulo de sección

$$S = \frac{I}{c} = \frac{\pi \times d^3}{32} \quad \text{Ec. 0.23}$$

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

$$\sigma = \frac{159.473}{0.0982 \times d^3} \quad \text{Ec. 0.24}$$

$$\sigma = \frac{s_y}{N} \quad \text{Ec. 0.25}$$

Donde:

σ = Esfuerzo flexionante

s_y = Límite a la cedencia cobre electrolítico = 310 MPa = 44.95 ksi ¹⁸

N = factor de diseño = 3

De la ecuación 2.24 se obtiene:

¹⁸ SMITH – HASHEMI (2005). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de materiales. 4ta edición.* España: McGraw Hill. Apéndice I. 952.

$$\sigma = \frac{44\,950}{3} = 14983.33 \text{ psi}$$

De la ecuación 2.24 se despeja d.

$$d = \sqrt[3]{\frac{159.473Nm}{0.0982 \times 14983.33 \times \frac{9.8N}{2.2lb} \times \frac{1m}{100cm} \times \frac{2.54cm}{1pulg}}}$$

D=0.985 pulgada equivalente a 1 pulgada

Se necesita demostrar que cumple el factor de seguridad (FS). Por lo tanto se debe obtener el esfuerzo de corte (τ_{CORTE}) y esfuerzo de flexión (σ_{FLEX}) para utilizar el esfuerzo de Von Mises (σ').

$$\tau_{CORTE} = \frac{VQ}{It} = V \times \frac{D^3}{12} \times \frac{64}{\pi D^4} \times \frac{1}{D} = \frac{64V}{12\pi D^2} \quad \text{Ec. 0.26}$$

Para refinar a la ecuación 2.26, considere un factor de 4 en el numerador y luego

observe que el área total de la sección circular es $A = \frac{\pi D^2}{4}$

$$\tau_{CORTE} = \frac{16 \cdot 4 \cdot V}{12\pi D^2} = \frac{16V}{12A}$$

$$\tau_{CORTE} = \frac{4V}{3A}$$

Donde:

V= Máxima fuerza en el diagrama.

d= diámetro.

$$\tau_{CORTE} = \frac{4 \times V}{3 \times \frac{\pi \times d^2}{4}}$$

$$\tau_{CORTE} = \frac{4 \times 356.64N}{3 \times \frac{\pi \times 0.0254m^2}{4}}$$

$$\tau_{CORTE} = 0.94 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FLEX} = \frac{32 \times M_{max}}{\pi \times D^3} \quad \text{Ec. 0.27}$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$: momento máximo en el diagrama.

$$\sigma_{FLEX} = \frac{32 \times 159.473}{\pi \times 0.0254^3} = 99.126 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{FLEX} = 99.126 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_X + \sigma_Y}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_X - \sigma_Y}{2}^2 + \tau_{XY}^2} \quad \text{Ec. 0.28}$$

Donde:

$$\sigma_X = \sigma_{FLEX}$$

$$\sigma_Y = 0$$

$$\tau_{XY} = \tau_{CORTE}$$

$$\sigma_1 = \frac{99.126}{2} + \sqrt{\frac{99.126}{2}^2 + 0.94^2}$$

$$\sigma_1 = 99.13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_X + \sigma_Y}{2} - \sqrt{\frac{\sigma_X - \sigma_Y}{2}^2 + \tau_{XY}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{99.126}{2} - \sqrt{\frac{99.126}{2}^2 + 0.94^2}$$

$$\sigma_2 = -0.01 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma' = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \times \sigma_2}{2} \quad \text{Ec. 0.29}$$

$$\sigma' = \frac{99.13^2 + (-0.01)^2 - 99.13 \times (-0.01)}{2}$$
$$\sigma' = 99.12 \text{ MPa}$$

$$FS = \frac{S_Y}{\sigma'}$$

$$FS = \frac{310 \text{ MPa}}{99.12 \text{ MPa}}$$

$$FS = 3.12 \quad \text{OK!!!}$$



Figura 0.12: Barra de Cobre (ánodo).

2.14.2 BARRA DE COBRE - CÁTODO.

Mediante el gráfico se utiliza barra de cobre de diámetro de 1 pulgada que soporta cinco cargas se necesita comprobar si cumple el factor de seguridad de 3.

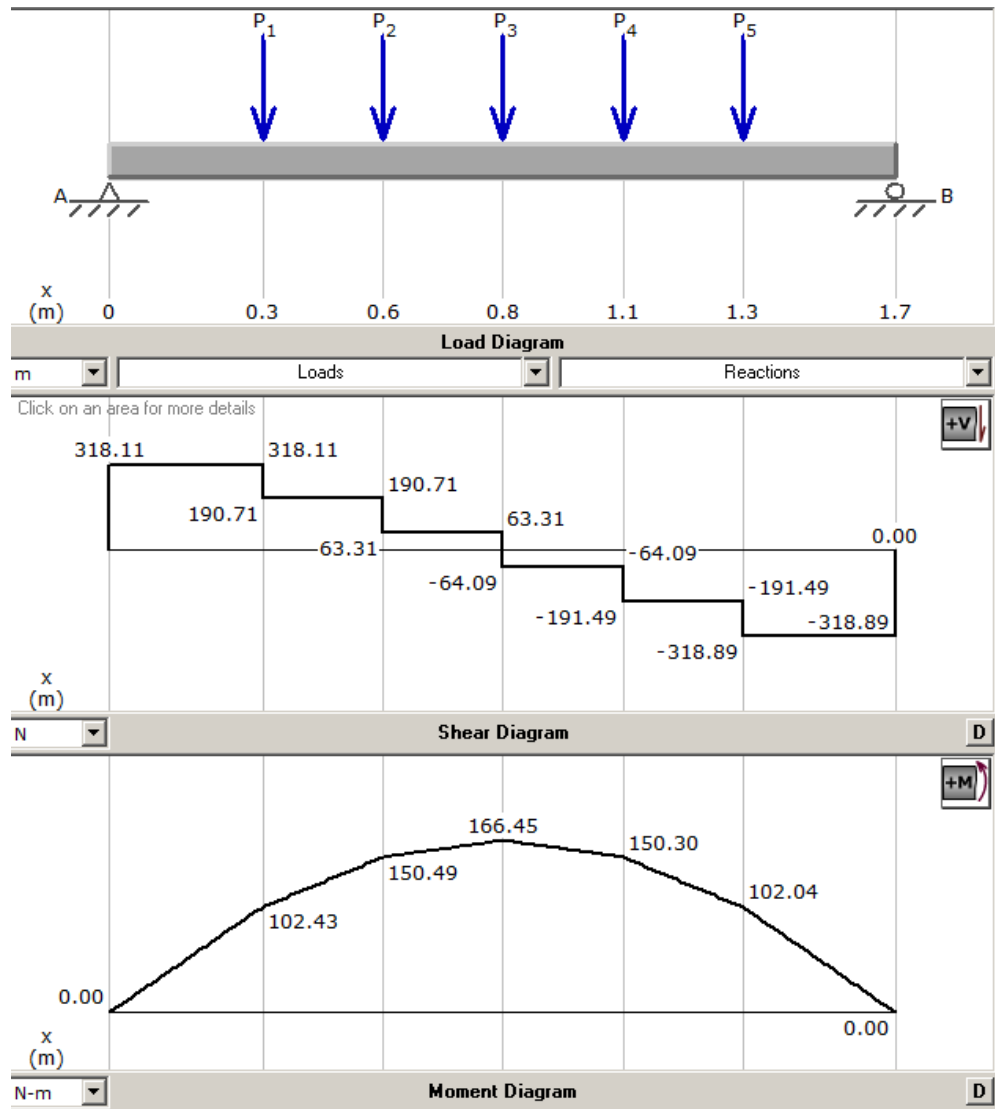


Figura 0.13: Diagramas de Esfuerzos para el catodo.

13 kgf = 127.4 N

$$F_Y = 0$$

R_A= reacci3n en el punto A

R_B= reacci3n en el punto B

$$R_A - 5 \times 127.4 + R_B = 0$$

$$R_A + R_B = 637$$

$$+ M_{A\uparrow} = 0$$

$$-127.4 \times 0.322 - (127.4) \times 0.574 - 127.4 \times 0.826 - 127.4 \times 1.078 - 127.4 \times 1.33 + R_B \times (1.65) = 0$$

$$R_B = 318.5 \text{ N}$$

$$R_A = 318.5 \text{ N}$$

$$A_1 = 0.323 \times 318.5 = 102.557$$

$$A_1 = 0.323 \times 318.5 = 102.557$$

$$A_2 = 0.252 \times 191.1 = 48.1572$$

$$A_2 = 0.252 \times 191.1 = 48.1572$$

$$A_3 = 0.252 \times 63.7 = 16.05$$

$$A_3 = 0.252 \times 63.7 = 16.05$$

$$M = 166.764 \text{ KNm}$$

Modulo de sección

$$S = \frac{I}{C} = \frac{\pi \times d^3}{32}$$

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{166.764}{0.0982 \times d^3}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{166.764 \text{ Nm}}{0.0982 \times 14983.33 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \times \frac{9.8 \text{ N}}{2.2 \text{ lb}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}}}}$$

D=1 pulgada

Se necesita demostrar que cumple el factor de seguridad (FS). Por lo tanto se debe obtener el esfuerzo de corte (τ_{CORTE}) y esfuerzo de flexión (σ_{FLEX}) para utilizar el esfuerzo de Von Mises (σ').

$$\tau_{CORTE} = \frac{VQ}{It} = V \times \frac{D^3}{12} \times \frac{64}{\pi D^4} \times \frac{1}{D} = \frac{64V}{12\pi D^2}$$

Para refinar a la ecuación 2.26, considere un factor de 4 en el numerador y luego

observe que el área total de la sección circular es $A = \frac{\pi D^2}{4}$

$$\tau_{CORTE} = \frac{16 \cdot 4 \cdot V}{12\pi D^2} = \frac{16V}{12A}$$

$$\tau_{CORTE} = \frac{4V}{3A}$$

$$\tau_{CORTE} = \frac{4 \times V}{3 \times \frac{\pi \times d^2}{4}}$$

$$\tau_{CORTE} = \frac{4 \times 127.4N}{3 \times \frac{\pi \times 0.0254m^2}{4}} = 0.34 MPa$$

$$\sigma_{FLEX} = \frac{32 \times M_{max}}{\pi \times D^3}$$

$$\sigma_{FLEX} = \frac{32 \times 166.45}{\pi \times 0.0254^3} = 103.46 MPa$$

$$\sigma_{FLEX} = 103.46 MPa$$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{103.46}{2} + \sqrt{\frac{103.46}{2}^2 + 13.19^2}$$

$$\sigma_1 = 103.46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_X + \sigma_Y}{2} - \sqrt{\frac{\sigma_X - \sigma_Y}{2}^2 + \tau_{XY}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{103.46}{2} - \sqrt{\frac{103.46}{2}^2 + 0.34^2}$$

$$\sigma_2 = -1 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \times \sigma_2}$$

$$\sigma' = \sqrt{103.46^2 + (-1)^2 - 103.46 \times (-1)}$$

$$\sigma' = 103.94 \text{ MPa}$$

$$FS = \frac{S_Y}{\sigma'} = \frac{310 \text{ MPa}}{103.9 \text{ MPa}}$$

$$FS = 3 \quad \text{OK!!!}$$



Figura 0.14: Barra de Cobre (Cátodo).

Si cumple el factor de seguridad y está bien diseñado el diámetro de las barras. Las barras conductoras tienen una longitud de 1.53m y de diámetro de 1pulgada.

2.15 ANÁLISIS DE FLEXIÓN EN LAS BARRAS CONDUCTORAS¹⁹.

Límites de flexión recomendados.- se especifica la flexión máxima permisibles de las barras. Se sugieren los siguientes límites:

Parte general de una máquina:

$$y_{m\acute{a}x} = 0.0045 \text{ a } 0.0045 \text{ in in o mm mm de longitud de viga Ec. 0.30}$$

El valor numérico dado también pueden expresar como la relación de la flexión máxima a la longitud de la viga.

$$y_{m\acute{a}x} / L = 0.00045 \text{ a } 0.0045 \text{ para la parte general de una máquina}$$

Entonces, si se multiplica el número por la longitud de la barra se obtiene la flexión máxima recomendada. Para las barras conductoras de 1530 mm de largo se obtendrá:

Límite inferior:

$$\square_{m\acute{a}x} = \frac{0.00045 \text{ mm}}{\text{mm de longitud}} \times 1530 \text{ mm} = -0.689 \text{ mm}$$

Límite superior:

$$\square_{m\acute{a}x} = \frac{0.0045 \text{ mm}}{\text{mm de longitud}} \times 1530 \text{ mm} = -6.89 \text{ mm}$$

BARRA CONDUCTORA – ÁNODO:

Datos:

Diámetro: 1 pulgada.

Carga máxima: P=80 lbf.

Longitud de la barra: 1.53 m.= 60.24 pulg.

I= momento de inercia.

E= modulo de elasticidad= $17.68 \times 10^6 \text{ psi}$.

¹⁹ Mott Robert. (2009). *Resistencia de Materiales (5ta edición)*. México: Pearson Educación. Pág. 453

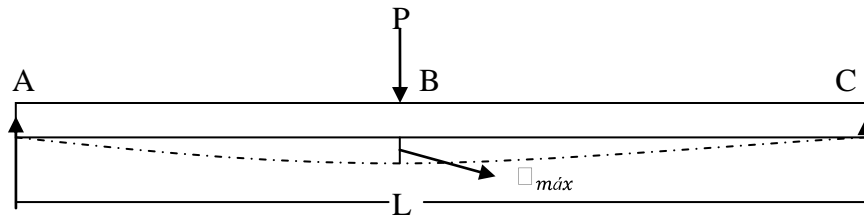


Figura 0.15: Análisis de Flexión-Ánodo.

Se calcula la flexión máxima:

$$\delta = \frac{-PL^3}{48EI} \quad \text{Ec. 0.31}^{20}$$

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \times 1^4}{64} = 0.049 \text{ pulg}^4$$

Entonces:

$$y = \frac{-PL^3}{48EI} = \frac{-80 \text{ lbf} \times 60.24 \text{ pulg}^3}{48 \times 17.68 \times 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \times 0.049 \text{ pulg}^4}$$

$$y = -0.41 \text{ pulg} = -10 \text{ mm}$$

Esta es una flexión relativamente elevada que podría afectar al sistema de agitación.

Se deberá considerar una barra conductora más rígida (uno con un momento de inercia, I, más elevado). Por lo tanto:

Diámetro= 1.5 pulgada.

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi \times 1.5^4}{64} = 0.25 \text{ pulg}^4$$

²⁰ Mott Robert. (2009). *Resistencia de Materiales (5ta edición)*. México: Pearson Educación. Apéndice A-23. Fórmulas para determinar la deflexión de vigas simplemente apoyadas caso a.

Entonces:

$$y = \frac{-PL^3}{48EI} = \frac{-80\text{lb}f \times 60.24 \text{ pulg}^3}{48 \times 17.68 \times 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \times 0.25 \text{ pulg}^4}$$
$$y = -0.082 \text{ pulg} = -2.1\text{mm}$$

Por lo consiguiente se encuentra dentro de los límites superior e inferior de flexión de las barras conductoras.

BARRA CONDUCTORA – CÁTODO:

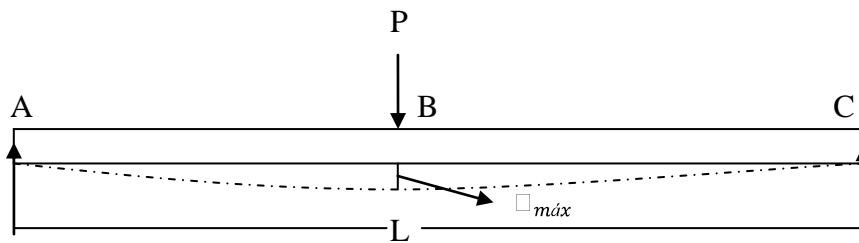


Figura 0.16: Análisis de Flexión-Cátodo.

Se calcula la flexión máxima:

Datos:

Diámetro: 1 pulgada.

Carga máxima: P=143lb f.

Longitud de la barra: 1.53 m.= 60.24 pulg.

I= momento de inercia.

E= modulo de elasticidad= $17.68 \times 10^6 \text{ psi}$.

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64}$$
$$I = \frac{\pi \times 1^4}{64} = 0.049 \text{ pulg}^4$$

Entonces:

$$y = \frac{-PL^3}{48EI} = \frac{-143\text{ lbf} \times 60.24 \text{ pulg}^3}{48 \times 17.68 \times 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \times 0.049 \text{ pulg}^4}$$
$$y = -0.74 \text{ pulg} = -18 \text{ mm}$$

Esta es una flexión relativamente elevada que podría afectar al sistema de agitación.

Se deberá considera una barra conductora más rígida (uno con un momento de inercia, I, más elevado). Por lo tanto:

Diámetro= 1.5 pulgada.

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64}$$
$$I = \frac{\pi \times 1.5^4}{64} = 0.25 \text{ pulg}^4$$

Entonces:

$$y = \frac{-PL^3}{48EI} = \frac{143\text{ lbf} \times 60.24 \text{ pulg}^3}{48 \times 17.68 \times 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \times 0.25 \text{ pulg}^4}$$
$$y = -0.147 \text{ pulg} = -3.7 \text{ mm}$$

Por lo consiguiente se encuentra dentro de los límites superior e inferior de flexión de las barras conductoras.

Teniendo en cuenta el análisis por esfuerzos y también por flexión para la construcción de las barras conductoras se seleccionará un diámetro mínimo de 1 pulgada y un máximo de 1.5 pulgada.

✚ CAÍDA DE VOLTAJE

Para barras de cobre se aplica la siguiente fórmula²¹:

$$a = 9.03 \times 10^{-6} \frac{L \times I}{E} \quad \text{Ec. 0.32}$$

Donde:

a = área transversal en plg^2

I = intensidad de corriente, en amperios.

L = longitud total de la barra, en pies.

E = caída de voltaje permisible, en voltios.

Despejando la caída de voltaje permisible se tiene:

$$E = 9.03 \times 10^{-6} \frac{L \times I}{a}$$

$$E = 9.03 \times 10^{-6} \frac{5.0 \times 5}{189.14}$$

$$E = 2.3 \times 10^{-5} V$$

Por lo tanto se concluye que la caída de voltaje es mínima y el proceso no se vería afectado.

²¹ Graham-Pinkerton, Manual de Ingeniería de los Recubrimientos Electrolíticos, Traducción de la Segunda Edición en Inglés, Compañía Editorial Continental S. A. México-España, Primera Edición en Español, 1967.

PÉRDIDA DE POTENCIA ELÉCTRICA.

Otro factor importante a considerar es la pérdida de potencia eléctrica por el paso de la corriente (efecto Joule), la cual se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$W=I^2 \times R \quad \text{Ec. 0.33}$$

Donde:

W= Potencia en Watts.

I= corriente en amperios.

R= resistencia eléctrica en ohms (8.3×10^{-6} ohms para el cobre).

Esta potencia por un periodo de tiempo determinado es una energía que se disipa en forma de calor:

La pérdida de potencia es:

$$W = 5^2 \times 8.3 \times 10^{-6}$$
$$W = 0.207 \times 10^{-3} \text{ watts}$$

Del resultado anterior se observa que las pérdidas en forma de calor serían mínimas.

2.16 GANCHOS Y BASTIDORES.

Estos sistemas se utilizan con frecuencia para sujetar y mantener las piezas dentro del electrolito. Son usualmente utilizados cuando se deben procesar grandes lotes de piezas con el mismo formato.

Existen diferencias de diseño y construcción, las cuales deberán ajustarse al formato y tamaño de las piezas, y a la producción que se deba obtener de ellas.

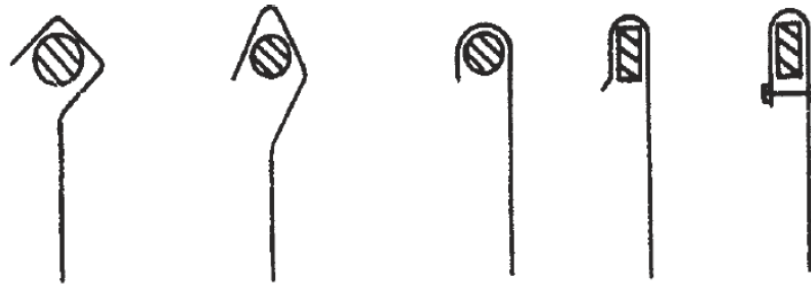


Figura 0.17: Distintos diseños de ganchos.²²

Básicamente, las gancheras están confeccionadas en diversos metales, los que se recubren con una pintura aislante y resistente a los productos químicos utilizados en las soluciones de electropulido. Por lo general, los bastidores son utilizados en procesos anódicos o catódicos indistintamente.

En los procesos anódicos, se prefiere la utilización de soportes de titanio, ya que si bien es más costoso que cualquier otro material, resulta inatacable con los productos químicos.

Además, pueden utilizarse como ganchos para ánodos, ya que este material, si bien no posee gran conductividad, no se ataca con los productos químicos accionando electrolíticamente, o si lo hace, es en forma mínima e imperceptible.

Los bastidores utilizados para electropulir, suelen acumular metal sobre los contactos, por lo que es necesario en forma periódica, realizar una operación de desplaque electrolítico para eliminar dicha capa metálica.

²² Metal Finishing, guidebook and directory 08/09, p. 529.

2.16.1 CÁLCULO PARA EL GANCHO

Las medidas son 0.8 metros de longitud, peso máximo es de 160 libras esta soportado por ganchos o alambre de cobre de 0.3m de longitud. Se determina el área necesaria para el alambre de cobre.

Tabla 0.4: Características del Cobre.²³

Cobre electrolítico	C11000
Resistencia a la fluencia	310 GPa (44.95KSI)
Resistencia máxima	345 MPa (50.025 KSI)
Resistividad(ρ)	$0.0176 \Omega \times mm^2 m$
Densidad δ	8.9 kg/dm^3
Porcentaje de alargamiento	20%
Módulo de elasticidad	117 GPa (17000 KSI)

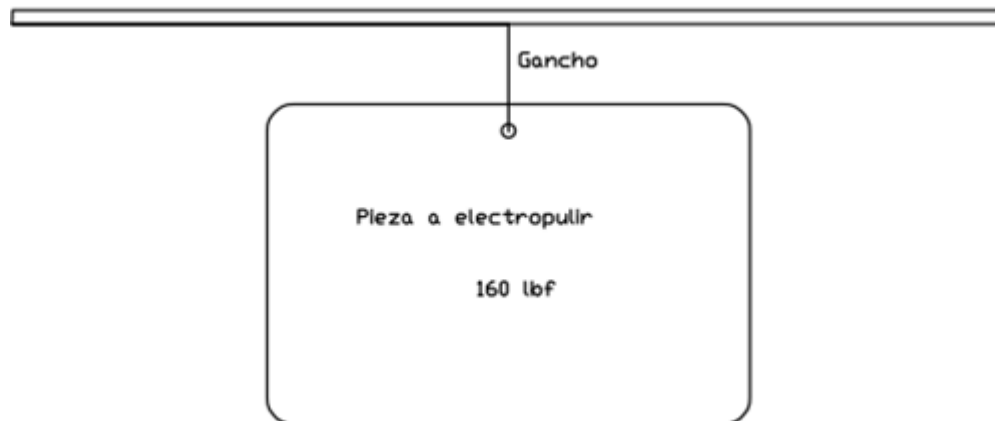


Figura 0.18: Determinación del Gancho.

Se necesita determinar la forma y dimensiones de la geometría crítica del gancho.

²³ Mott Robert. (1996). *Resistencia de Materiales (3era edición)*. México, D.F.: Prentice Hall. Pág. 715.

Se utiliza un factor de diseño de acuerdo a:

Tabla 0.5: Criterios para esfuerzo de diseño - esfuerzos normales directos.²⁴

Forma de la carga	Material dúctil	Material frágil
Estática	$\sigma_d = \frac{S_Y}{2}$	$\sigma_d = \frac{S_U}{2}$
Repetida	$\sigma_d = \frac{S_U}{8}$	$\sigma_d = \frac{S_U}{10}$
Impacto o choque	$\sigma_d = \frac{S_U}{12}$	$\sigma_d = \frac{S_U}{15}$

Se calcula el esfuerzo de diseño con la ecuación:

$$\sigma_d = \frac{S_U}{N} \quad \text{Ec. 0.34}$$

Donde:

S_u = resistencia máxima a la tensión.

De acuerdo a la tabla 2.5, el esfuerzo de diseño se calcula:

$$\sigma_d = \frac{50\,025 \text{ psi}}{12}$$

$$\sigma_d = 4168.75 \text{ psi}$$

Ahora con el esfuerzo máximo: $\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{F}{A}$ Ec. 0.35

Se establece que: $\sigma_d = \sigma_{m\acute{a}x}$ y se resuelve para el área del gancho.

Donde:

A= área del gancho.

²⁴ Mott Robert. (1996). *Resistencia de Materiales (3era edición)*. México. D.F.: Prentice Hall. 119

$$A_{requerida} = \frac{F}{\sigma_d}$$

$$A_{requerida} = \frac{160}{4168.75}$$

$$A_{requerida} = 0.038 \text{ pulg}^2$$

Para obtener el diámetro del alambre de cobre:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{A \times 4}{\pi}$$

$$D^2 = \frac{0.038 \times 4}{\pi} = 0.048$$

$$D = 0.22 \text{ pulg.} \approx \frac{1}{4} \text{ pulgada}$$

Se necesita un gancho de diámetro de $\frac{1}{4}$ pulgada.

Se calcula el alargamiento del alambre.

Análisis:

Fuerza del gancho: $F = w = m \times g$

$$F = 70 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$F = 686 \text{ N}$$

Fuerza de tensión axial: $\sigma = \frac{F}{A}$

Donde:

F= carga axial

A= área de la sección transversal

D= diámetro.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times (6.35\text{mm})^2}{4}$$

$$A = 31.66 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{686\text{N}}{31.66\text{mm}^2}$$

$$\sigma = 21.66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 21.66 \text{ MPa}$$

Se visualiza que la resistencia a la cedencia del alambre de cobre es de 310 MPa. El esfuerzo está muy por debajo del límite proporcional.

De acuerdo a la tabla 2.5, el esfuerzo de diseño se calcula:

$$\sigma_d = \frac{S_Y}{N}$$

$$\sigma_d = \frac{310}{12} = 26 \text{ MPa}$$

Por lo tanto: $\sigma < \sigma_d$ OK!!!

Alargamiento: como todos los datos son conocidos entonces:

$$\delta = \frac{\sigma \times L}{E} \quad \text{Ec. 0.36}$$

Donde:

δ = deformación

E= módulo de elasticidad.

L= longitud

σ = *esfuerzo de tensión axial.*

$$\delta = \frac{21.66 \text{ MPa} \times 0.3\text{m}}{117 \text{ GPa}}$$

$$\delta = 1.85 \times 10^{-4} \text{ m} = 0.1855 \text{ mm}$$

El gancho tiene una longitud de 300 mm, más la deformación de alargamiento de 0.1855 da como resultado 300.1855, por lo tanto el gancho sufre una deformación de alargamiento del 0.062%; comparando según la tabla 2.4 que el porcentaje de alargamiento máximo es de 20%, se concluye que cumple dentro de los límites de porcentaje para el diseño del gancho.



Figura 0.19: Gancho (Solidworks).

2.17 SISTEMA DE AGITACIÓN DE LA SOLUCIÓN.

Es importante tener en cuenta en el momento del diseño, que se debe respetar la distancia entre las piezas y los electrodos.

La agitación aumenta la velocidad del electropulido acortando así la duración del proceso.

✚ ESLABÓN.

Es un cuerpo rígido y/o resistente que tiene dos o más elementos de un enlace para unirse a otros eslabones, los elementos de enlace son maquinados que se realiza en el eslabón para unir con otros.

✚ Mecanismo Biela Manivela Corredera

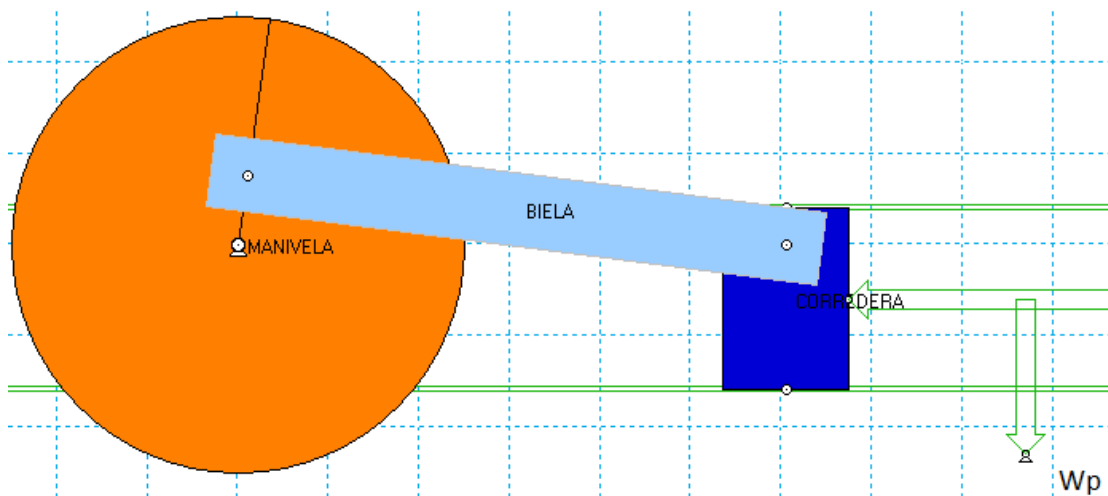


Figura 0.20: Mecanismo Biela Manivela Corredera.

2.17.1 SÍNTESIS DE ESLABONAMIENTOS²⁵

El término síntesis cinemática se refiere al diseño o creación de un mecanismo para obtener un conjunto deseado de característica de movimiento.

Síntesis del tipo, del número y dimensional.

La síntesis del tipo se refiere a la clase de mecanismo seleccionado; podría ser un eslabonamiento, un sistema de engranajes, bandas y poleas o un sistema de levas. Esta fase inicial del problema total de diseño comprende por lo común factores de diseño tales como los procesos de manufacturas, materiales, seguridad, confiabilidad, espacio y economía. El estudio de la cinemática en general se ocupa sólo ligeramente de la síntesis de tipo.

La síntesis de número se ocupa del número de eslabones y de articulaciones o pares que se requiere para obtener una movilidad determinada. La síntesis del número es el segundo paso en el diseño, después de la síntesis del tipo.

El tercer paso en el diseño, la determinación de las dimensiones de los eslabones individuales se conoce con el nombre de síntesis dimensional.

Se ocupó en el diseño la **síntesis dimensional** necesaria para lograr los movimientos deseados.

Se aplica la Relación $\frac{r}{l}$ (Para analizar las dimensiones del mecanismo en base a las gráficas, para ver si está bien diseñada)

²⁵ Shigley, J, Uicker, Jr. (1992). *Teoría de Máquinas y Mecanismos*. México, McGraw-hill.

Donde:

$r =$ radio de la manivela

$l =$ longitud de la biela

$> \frac{r}{l}$ Más defectuoso el movimiento del mecanismo

Métodos

✚ Métodos gráficos(AutoCad, Working Model)

✚ Métodos Algebraicos(Ecuación de Euler, Forma compleja, MathCad)

2.17.2 ANÁLISIS DE POSICIÓN.

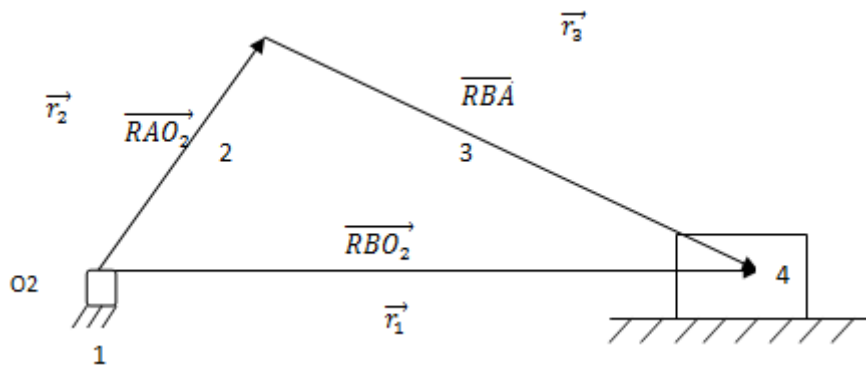


Figura 0.21: Vectores del Mecanismo

MD MD MD

$$r_1 = r_2 + r_3 \quad \text{Ec. 0.37}$$

Ecuación de cierre del circuito:

$$r_1 - r_2 - r_3 = 0 \quad \text{Ec. 0.38}$$

Forma polar compleja:

$$r = r e^{i\theta} \quad \text{Ec. 0.39}$$

$$r_1 e^{i\theta_1} = r_2 e^{i\theta_2} + r_3 e^{i\theta_3} \quad \text{Ec. 0.40}$$

Identidad de Euler:

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \quad \text{Ec. 0.41}$$

$$r_1(\overset{1}{\cos \theta_1} + i \overset{0}{\sin \theta_1}) = r_2(\cos \theta_2 + i \sin \theta_2) + r_3(\cos \theta_3 + i \sin \theta_3) \quad \theta_1 = 0^\circ$$

$$r_1 = r_2(\cos \theta_2 + i \sin \theta_2) + r_3(\cos \theta_3 + i \sin \theta_3)$$

$$\textcircled{1} \quad r_1 = r_2 \cos \theta_2 + r_3 \cos \theta_3 \quad \text{Ec. 0.42}$$

$$\textcircled{2} \quad 0 = r_2 \sin \theta_2 + r_3 \sin \theta_3$$

De $\textcircled{2}$ se despeja θ_3

$$\textcircled{3} \quad \theta_3 = \sin^{-1} \frac{-r_2 \sin \theta_2}{r_3} \quad \text{Ec. 0.43}$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$\theta_3 \theta_2 := \text{asin} \frac{-r_2 \sin(\theta_2)}{r_3}$$

$$r_1 \theta_2 := (r_2 \cos(\theta_2) + r_3 \cos(\theta_3(\theta_2)))$$

$$W_2 := 12 \text{rpm}$$

$$w_2 := \frac{2\pi \times W_2}{60}$$

$$W_2 = \frac{12 \text{ rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$W_2 = 1.256 \text{ rad/seg}$$

θ_3 Vs θ_2

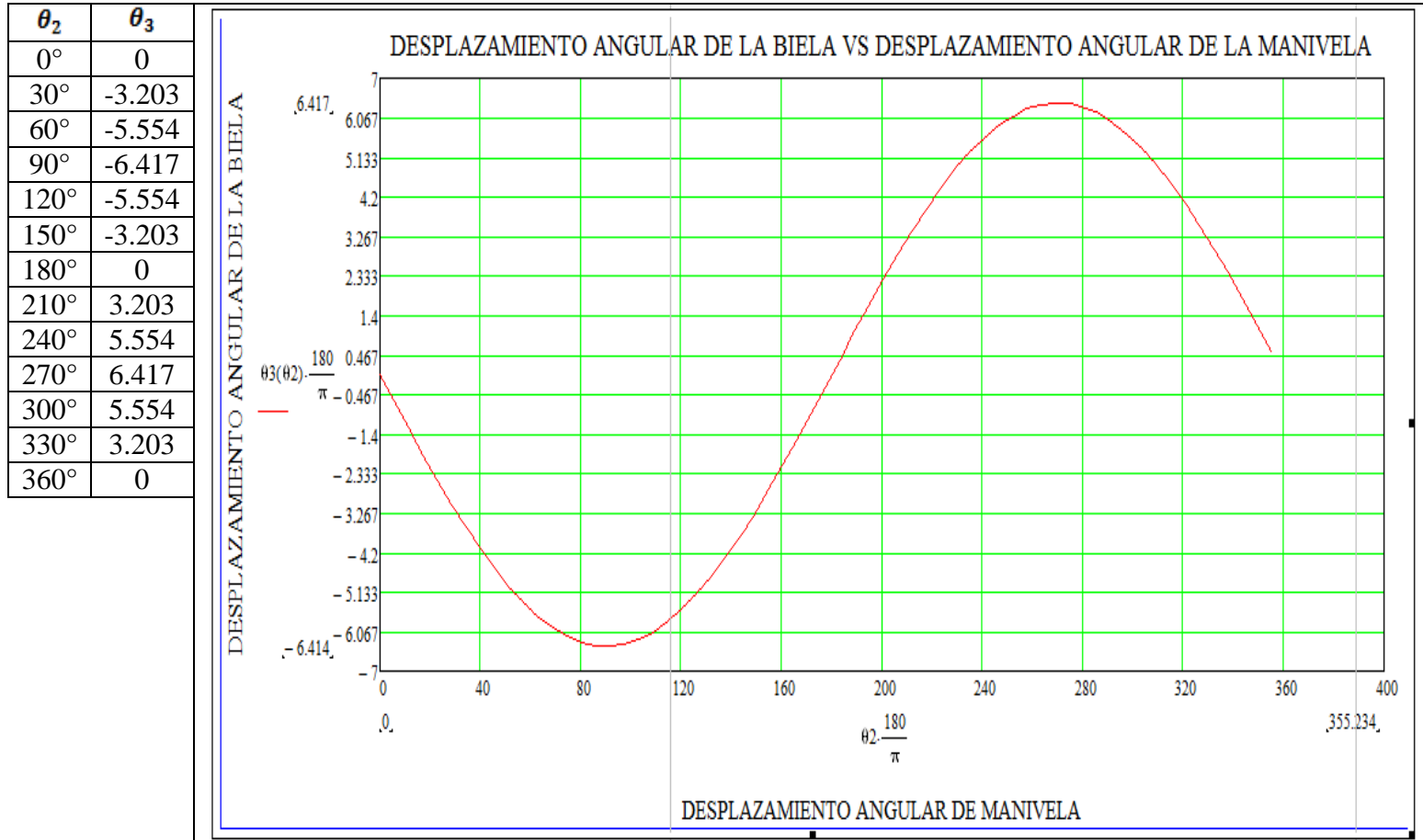


Figura 0.22: θ_3 Vs θ_2

r_1 Vs θ_2

θ_2	r_1 (m)
0°	0.378
30°	0.372
60°	0.357
90°	0.338
120°	0.319
150°	0.307
180°	0.302
210°	0.307
240°	0.319
270°	0.338
300°	0.357
330°	0.372
360°	0.378

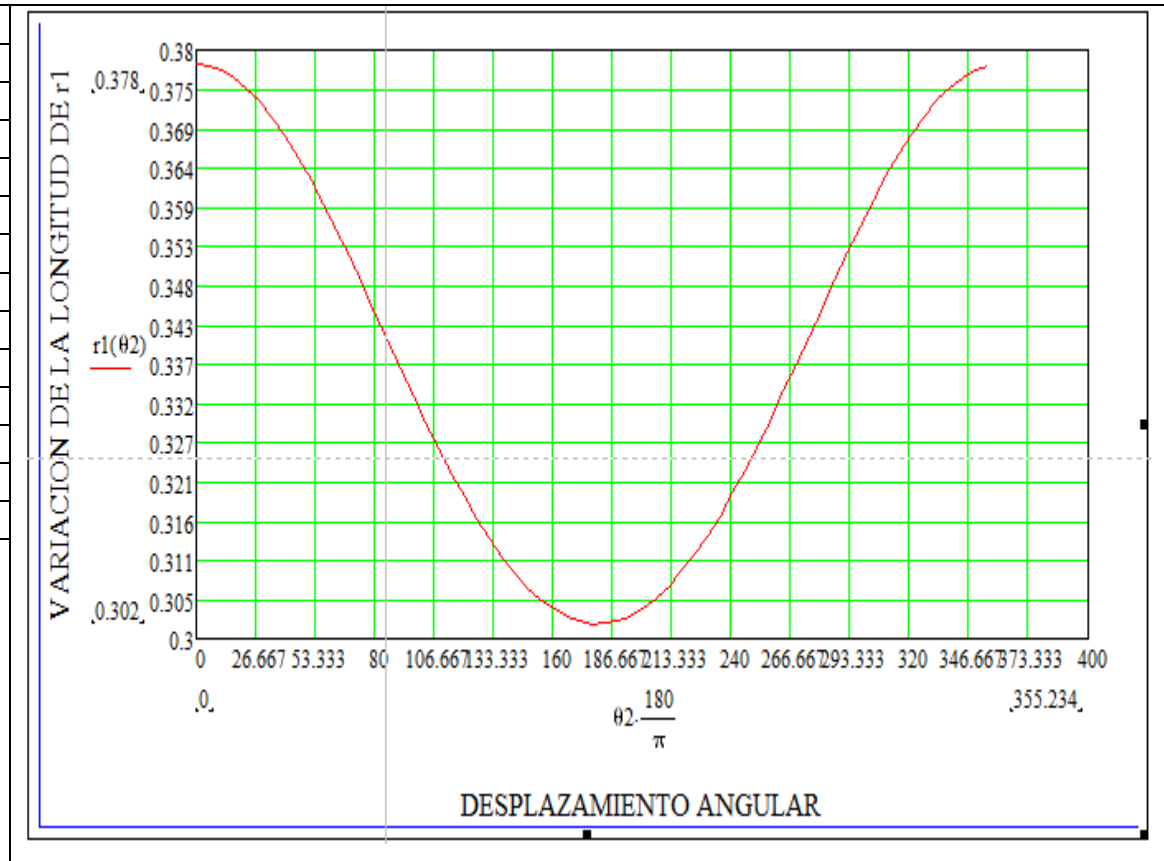


Figura 0.23: r_1 Vs θ_2

2.17.3 ANÁLISIS DE VELOCIDAD.

$$r_1 = r_2 + r_3$$

$$\frac{d(r_1)}{dt} = \frac{d(r_2 + r_3)}{dt}$$

$$\frac{d(r_1)}{dt} = \frac{d(r_2)}{dt} + \frac{d(r_3)}{dt}$$

$$\frac{d(r_1 e^{i\theta_1})}{dt} = \frac{d(r_2 e^{i\theta_2})}{dt} + \frac{d(r_3 e^{i\theta_3})}{dt}$$

$$r_1 \frac{d(e^{i\theta})}{dt} + e^{i\theta_1} \frac{d(r_1)}{dt} = r_2 \frac{d(e^{i\theta_2})}{dt} + r_3 \frac{d(e^{i\theta_3})}{dt}$$

$$r_1 e^{i\theta_1} \frac{d(i\theta_1)}{dt} + e^{i\theta_1} v_1 = r_2 e^{i\theta_2} \frac{d(i\theta_2)}{dt} + r_3 e^{i\theta_3} \frac{d(i\theta_3)}{dt}$$

$$i r_1 w_1 e^{i\theta_1} + v_1 e^{i\theta_1} = i r_2 w_2 e^{i\theta_2} + i r_3 w_3 e^{i\theta_3}$$

$$v_1 (\cos \theta_1 + i \sin \theta_1) = i r_2 w_2 e^{i\theta_2} + i r_3 w_3 e^{i\theta_3}$$

$$(4) \quad v_1 = -r_2 w_2 \sin \theta_2 - r_3 w_3 \sin \theta_3$$

$$(5) \quad 0 = r_2 w_2 \cos \theta_2 + r_3 w_3 \cos \theta_3$$

De (5) se despeja w_3

$$(6) \quad w_3 = \frac{-r_2 w_2 \cos \theta_2}{r_3 \cos \theta_3} \quad \text{Ec. 0.44}$$

$$v_1 = -r_2 w_2 \sin \theta_2 - r_3 \sin \theta_3 \frac{-r_2 w_2 \cos \theta_2}{r_3 \cos \theta_3}$$

$$(7) \quad v_1 = -r_2 w_2 \sin \theta_2 - r_2 w_2 \tan \theta_3 \cos \theta_2$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$w_3 \theta_2 := \frac{(-r_2 w_2 \cos(\theta_2))}{(r_3 \cos(\theta_3(\theta_2)))}$$

$$v_1 \theta_2 = (-r_2 w_2 \sin(\theta_2) - r_2 w_2 \tan(\theta_3(\theta_2)) \cos(\theta_2))$$

W_3 Vs θ_2

θ_2	W_3 (rad/seg)
0°	-0.14
30°	-0.122
60°	-0.071
90°	0
120°	0.071
150°	0.122
180°	0.14
210°	0.122
240°	0.071
270°	0
300°	-0.071
330°	-0.122
360°	-0.14



Figura 0.24: W_3 Vs θ_2

v_1 Vs θ_2

θ_2	v_1 (m/seg)
0°	0
30°	-0.025
60°	-0.042
90°	-0.048
120°	-0.041
150°	-0.023
180°	0
210°	0.023
240°	0.041
270°	0.048
300°	0.042
330°	0.025
360°	0

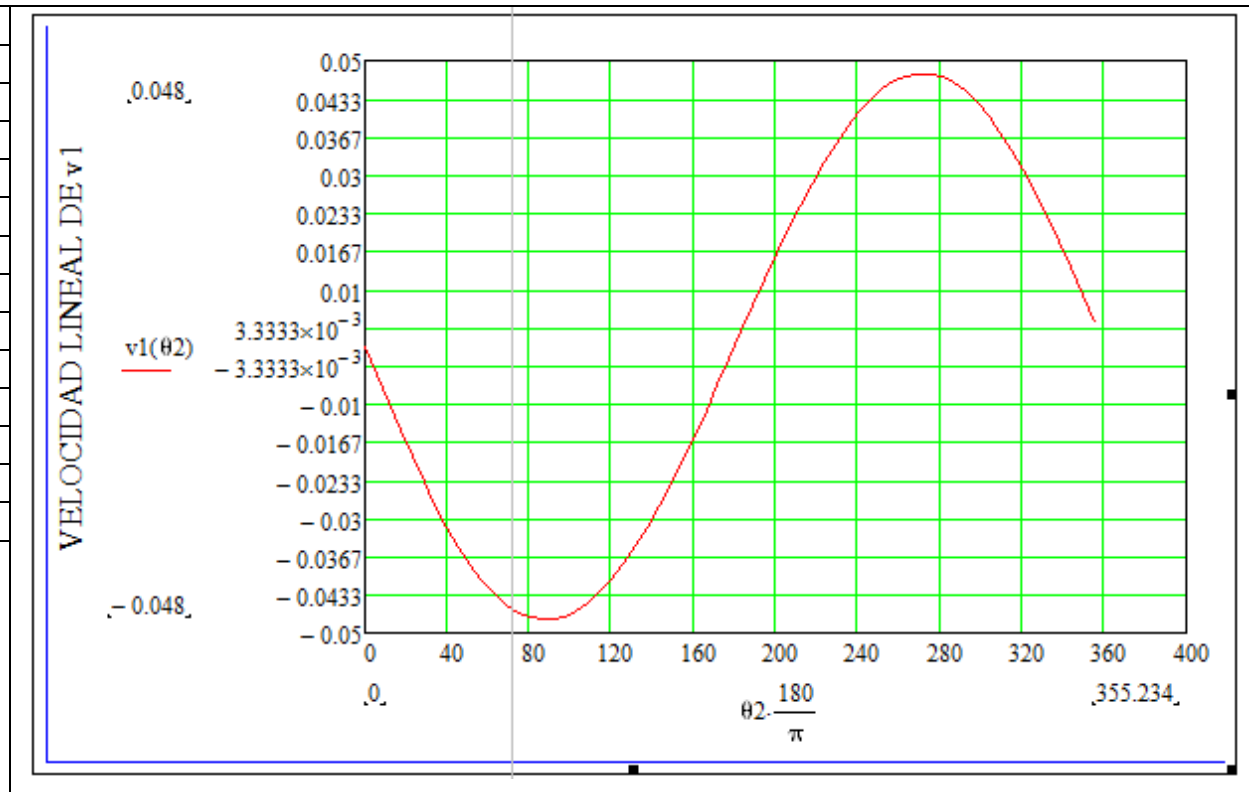


Figura 0.25: v_1 Vs θ_2

2.17.4 ANÁLISIS DE ACELERACIÓN

$$v_1 e^{i\theta_1} = ir_2 w_2 e^{i\theta_2} + ir_3 w_3 e^{i\theta_3}$$

$$\frac{d(v_1 e^{i\theta_1})}{dt} = \frac{d(ir_2 w_2 e^{i\theta_2})}{dt} + \frac{d(ir_3 w_3 e^{i\theta_3})}{dt}$$

$$v_1 \frac{d(e^{i\theta_1})}{dt} + e^{i\theta_1} \frac{d(v_1)}{dt} = ir_2 \frac{w_2 d(e^{i\theta_2})}{dt} + e^{i\theta_2} \frac{d(w_2)}{dt} + ir_3 \frac{w_3 d(e^{i\theta_3})}{dt} + e^{i\theta_3} \frac{d(w_3)}{dt}$$

$$v_1 e^{i\theta_1} \frac{d(i\theta_1)}{dt} + a_1 e^{i\theta_1} = ir_2 w_2 e^{i\theta_2} \frac{d(i\theta_2)}{dt} + \alpha_2 e^{i\theta_2} + ir_3 w_3 e^{i\theta_3} \frac{d(i\theta_3)}{dt} + \alpha_3 e^{i\theta_3}$$

0

$$\cancel{v_1} v_1 e^{i\theta_1} + a_1 e^{i\theta_1} = ir_2 i w_2^2 e^{i\theta_2} + \alpha_2 e^{i\theta_2} + ir_3 i w_3^2 e^{i\theta_3} + \alpha_3 e^{i\theta_3}$$

1

0

$$a_1 \cos \theta_1 + i \sin \theta_1 \cancel{v_1} = -r_2 w_2^2 e^{i\theta_2} + ir_2 \alpha_2 e^{i\theta_2} - r_3 w_3^2 e^{i\theta_3} + ir_3 \alpha_3 e^{i\theta_3}$$

$$a_1 = -r_2 w_2^2 \cos \theta_2 + i \sin \theta_2 + ir_2 \alpha_2 \cos \theta_2 + i \sin \theta_2 - r_3 w_3^2 \cos \theta_3 + i \sin \theta_3 + ir_3 \alpha_3 \cos \theta_3 + i \sin \theta_3$$

$$a_1 =$$

$$-r_2 w_2^2 \cos \theta_2 - ir_2 w_2^2 \sin \theta_2 + ir_2 \alpha_2 \cos \theta_2 - ir_2 \alpha_2 \sin \theta_2 - r_3 w_3^2 \cos \theta_3 - ir_3 w_3^2 \sin \theta_3 +$$

(1)

$$ir_3 \alpha_3 \cos \theta_3 - ir_3 \alpha_3 \sin \theta_3$$

$$a_1 = -r_2 w_2^2 \cos \theta_2 - r_2 \alpha_2 \sin \theta_2 - r_3 w_3^2 \cos \theta_3 - r_3 \alpha_3 \sin \theta_3$$

(2)

$$0 = -r_2 w_2^2 \sin \theta_2 + r_2 \alpha_2 \cos \theta_2 - r_3 w_3^2 \sin \theta_3 + r_3 \alpha_3 \sin \theta_3$$

De (2) se despeja α_3

$$(3) \quad \alpha_3 = \frac{r_2 w_2^2 \sin \theta_2 - r_2 \alpha_2 \cos \theta_2 + r_3 w_3^2 \sin \theta_3}{r_3 \cos \theta_3} \quad \text{Ec. 0.45}$$

(3) En (1)

$$a_1 = -r_2 w_2^2 \cos \theta_2 - r_2 \alpha_2 \sin \theta_2 - r_3 w_3^2 \cos \theta_3 - r_3 \frac{r_2 w_2^2 \sin \theta_2 - r_2 \alpha_2 \cos \theta_2 + r_3 w_3^2 \sin \theta_3}{r_3 \cos \theta_3} \sin \theta_3$$

$$\alpha_1 = -r_2 w_2^2 \cos \theta_2 - r_2 \alpha_2 \sin \theta_2 - r_3 w_3^2 \cos \theta_3 - \tan \theta_3 (r_2 w_2^2 \sin \theta_2 - r_2 \alpha_2 \cos \theta_2 + r_3 w_3^2 \sin \theta_3) \quad \text{Ec. 0.46}$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$\alpha_3 \theta_2 := \frac{r_2 w_2^2 \sin(\theta_2) - r_2 \alpha_2 \cos(\theta_2) + r_3 w_3(\theta_2)^2 \sin(\theta_3(\theta_2))}{r_3 \cos(\theta_3(\theta_2))}$$

$$a_1(\theta_2) := r_2 w_2^2 \cos(\theta_2) - r_2 \alpha_2 \sin(\theta_2) - r_3 w_3 \theta_2^2 \cos(\theta_3(\theta_2)) - \tan(\theta_3(\theta_2))(r_2 w_2^2 \sin(\theta_2) - r_2 \alpha_2) \cos(\theta_2) + r_3 w_3(\theta_2)^2 \sin(\theta_3(\theta_2))$$

α_3 Vs θ_2

θ_2	α_3 (rad/seg ²)
0°	0
30°	0.088
60°	0.153
90°	0.178
120°	0.153
150°	0.088
180°	0
210°	-0.088
240°	-0.153
270°	-0.178
300°	-0.153
330°	-0.088
360°	0

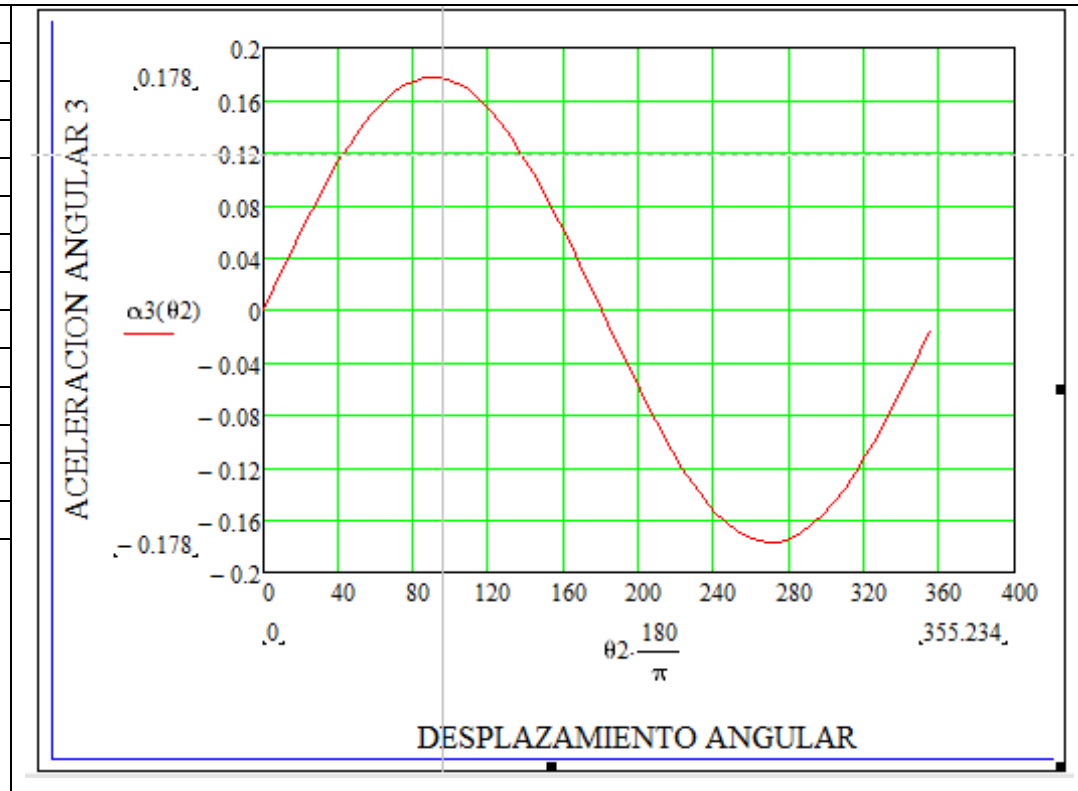


Figura 0.26: α_3 Vs θ_2

a_1 Vs θ_2

θ_2	a_1 (m/seg ²)
0°	0.053
30°	0.048
60°	0.031
90°	0
120°	-0.034
150°	-0.059
180°	-0.067
210°	-0.058
240°	-0.034
270°	0
300°	0.031
330°	0.049
360°	0.053

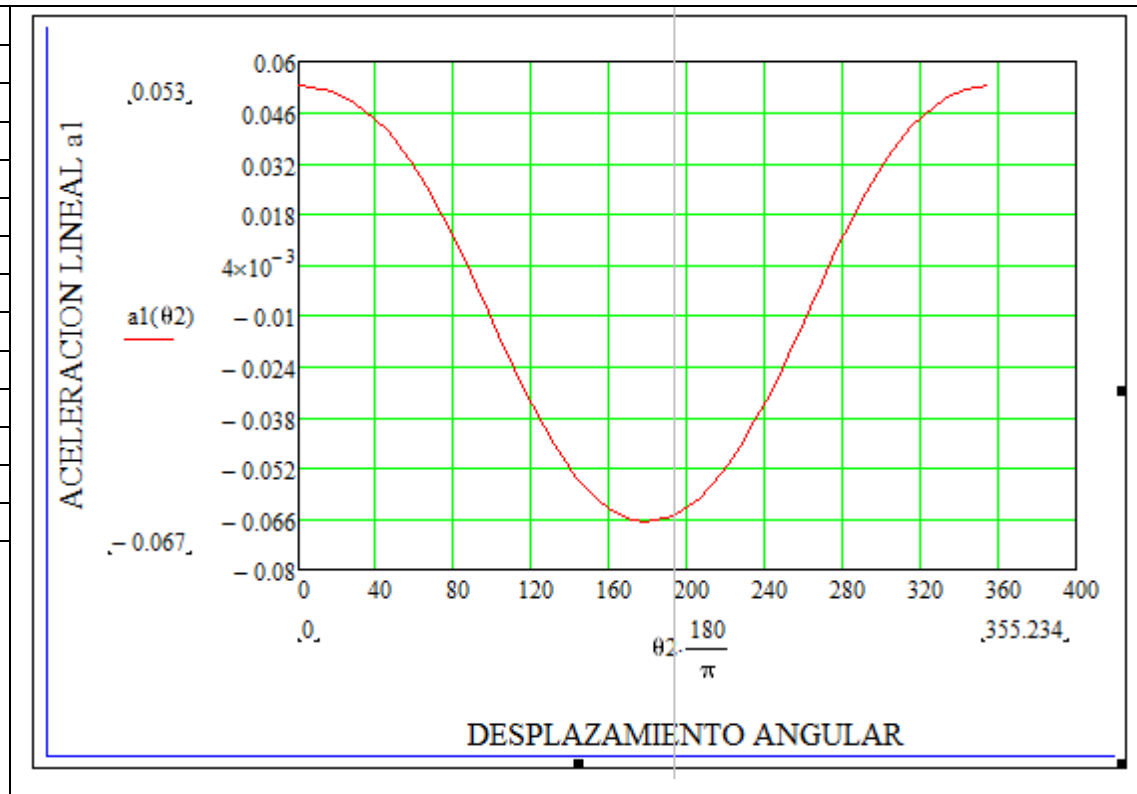


Figura 0.27: a_1 Vs θ_2

Mediante la gráfica se observa una curva sinusoidal suave, la cual permite llegar a la conclusión que no existen vibraciones ni impactos bruscos en el mecanismo.

2.17.5 MODELACIÓN DE LOS ESLABONES EN SOLIDWORKS

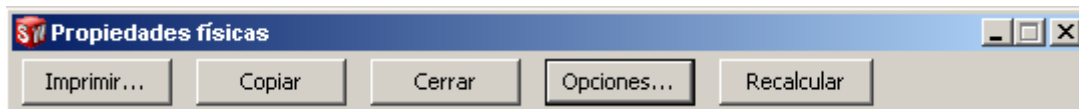
A continuación se efectúa el modelado dinámico de los eslabonamientos principales, para obtener los modelos dinámicos.

Análisis de la biela

El dibujo está realizado en Solidworks.



En la barra de comandos principal se encuentra la opción **Herramientas** y en esta a su vez la opción **Propiedades Físicas**, que se despliega de esta forma:



En el botón **opciones** se puede cambiar la densidad del material.

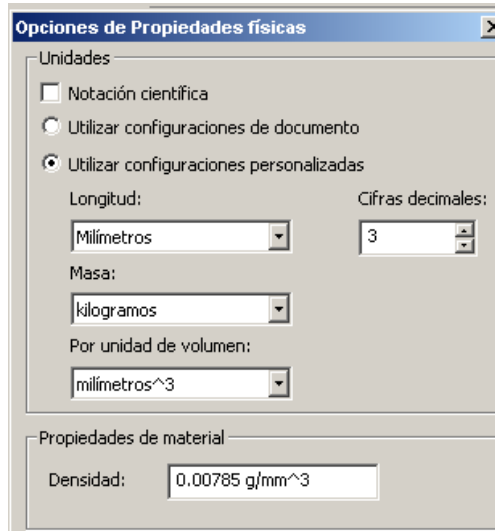


Tabla 0.6: Propiedades físicas de la biela.

<p>Densidad = 7850 kilogramos por metro cúbico</p> <p>Masa = 0.40731 kilogramos</p> <p>Volumen = 0.00005 metros cúbicos</p> <p>Área de superficie = 0.02949 metros cuadrados</p> <p>Centro de masa: (metros)</p> <p>X = 0.17000</p> <p>Y = 0.02000</p> <p>Z = -0.00200</p> <p>Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos × metros cuadrados)</p> <p>Medido desde el centro de masa.</p> <p>Ix = (1.00000, 0.00000, 0.00000) Px = 0.00006</p> <p>Iy = (0.00000, 1.00000, 0.00000) Py = 0.00367</p> <p>Iz = (0.00000, 0.00000, 1.00000) Pz = 0.00373</p> <p>Momentos de inercia: (kilogramos × metros cuadrados)</p> <p>Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.</p>
--

$L_{xx} = 0.00006$	$L_{xy} = 0.00000$	$L_{xz} = 0.00000$
$L_{yx} = 0.00000$	$L_{yy} = 0.00367$	$L_{yz} = 0.00000$
$L_{zx} = 0.00000$	$L_{zy} = 0.00000$	$L_{zz} = 0.00373$

Momentos de inercia: (kilogramos \times metros cuadrados)

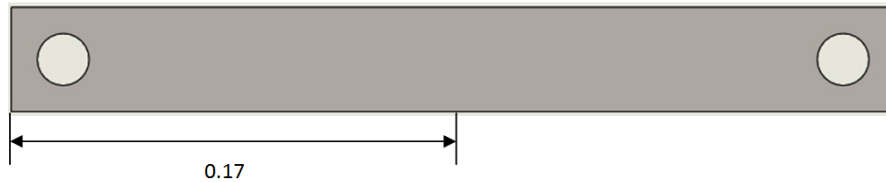
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

$I_{xx} = 0.00022$	$I_{xy} = 0.00138$	$I_{xz} = -0.00014$
$I_{yx} = 0.00138$	$I_{yy} = 0.01544$	$I_{yz} = -0.00002$
$I_{zx} = -0.00014$	$I_{zy} = -0.00002$	$I_{zz} = 0.01566$

Los términos que están en negritas son los que interesan:

$$m_3 := 0.4073 \text{ kg} \quad I_{G_3} := 0.0156 \text{ kgm}^2 \quad r_{CG_3} := 0.17 \text{ m}$$

Con estos datos se puede construir el modelo dinámico de la biela



ANALISIS DE LA CORREDERA

El conjunto de la corredera es el nylon mas la barra de cobre –ánodo.

Por lo tanto se utiliza la sumatoria de las masas:

Masa nylon: 0.26 kg.

Masa barra de cobre – ánodo: 2.24 kg.

La sumatoria de todas las masas son: 2.5 kg

$$m_4 := 2.5 \text{ Kg}$$

✚ *Análisis de la manivela.*



Tabla 0.7: Propiedades Física de la Manivela.

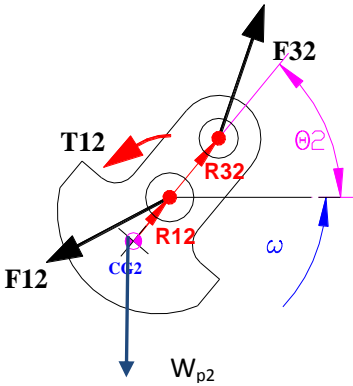
Densidad = 7850 kilogramos por metro cúbico
Masa = 3.02268 kilogramos
Volumen = 0.00039 metros cúbicos
Área de superficie = 0.10410 metros cuadrados
Centro de masa: (metros)
X = 0.00000
Y = -0.00075
Z = -0.00400
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos × metros cuadrados)
Medido desde el centro de masa.
I _x = (1.00000, 0.00000, 0.00000) P _x = 0.01191
I _y = (0.00000, 1.00000, 0.00000) P _y = 0.01206
I _z = (0.00000, 0.00000, 1.00000) P _z = 0.02394
Momentos de inercia: (kilogramos × metros cuadrados)
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.
L _{xx} = 0.01191 L _{xy} = 0.00000 L _{xz} = 0.00000
L _{yx} = 0.00000 L _{yy} = 0.01206 L _{yz} = 0.00000
L _{zx} = 0.00000 L _{zy} = 0.00000 L _{zz} = 0.02394

Momentos de inercia: (kilogramos × metros cuadrados)		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
$I_{xx} = 0.01196$	$I_{xy} = 0.00000$	$I_{xz} = 0.00000$
$I_{yx} = 0.00000$	$I_{yy} = 0.01210$	$I_{yz} = 0.00001$
$I_{zx} = 0.00000$	$I_{zy} = 0.00001$	$I_{zz} = 0.02394$

De esta tabla 2.7 se obtiene los siguientes datos:

$m_2 = 3.02268 \text{ kg}$ $r_{CG_2} = -0.00075 \text{ m}$ $I_{G_2} = 0.02394 \text{ kgm}^2$

DIAGRAMAS DE CUERPO LIBRE DE LA MANIVELA



✚ Análisis de los centros de gravedad

$$r_{cg2} = r_{cg2} e^{i\theta_2}$$

$$\frac{d(r_{cg2})}{dt} = \frac{d(r_{cg2} e^{i\theta_2})}{dt}$$

$$v_{cg2} = r_{cg2} \frac{d(e^{i\theta_2})}{dt}$$

$$v_{cg2} = r_{cg2} e^{i\theta_2} i\omega_2$$

$$v_{cg2} = r_{cg2} \omega_2 i e^{i\theta_2}$$

$$\frac{d(v_{cg2})}{dt} = \frac{d(r_{cg2} w_2 e^{i\theta_2})}{dt}$$

$$a_{cg2} = ir_{cg2} w_2 \frac{de^{i\theta_2}}{dt} + e^{i\theta_2} \frac{dw_2}{dt}$$

$$a_{cg2} = ir_{cg2} i w_2^2 e^{i\theta_2} + \alpha_2 e^{i\theta_2}$$

$$\text{Si } W_2 = \text{cte} \quad \alpha_2 = 0$$

$$a_{cg2} = -r_{cg2} w_2^2 e^{i\theta_2}$$

$$\mathbf{a_{cg2} = -r_{cg2} w_2^2 \cos \theta_2 + i \sin \theta_2} \quad \mathbf{Ec. 0.47}$$

$$a_{cg2} = -r_{cg2} w_2^2 \cos \theta_2$$

$$a_{cg2} = -r_{cg2} w_2^2 \sin \theta_2$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$acg_{2x} \theta_2 := -r_{cg2} w_2^2 \cos(\theta_2)$$

$$acg_{2y} \theta_2 := -r_{cg2} w_2^2 \sin(\theta_2)$$

acg_2 Vs θ_2

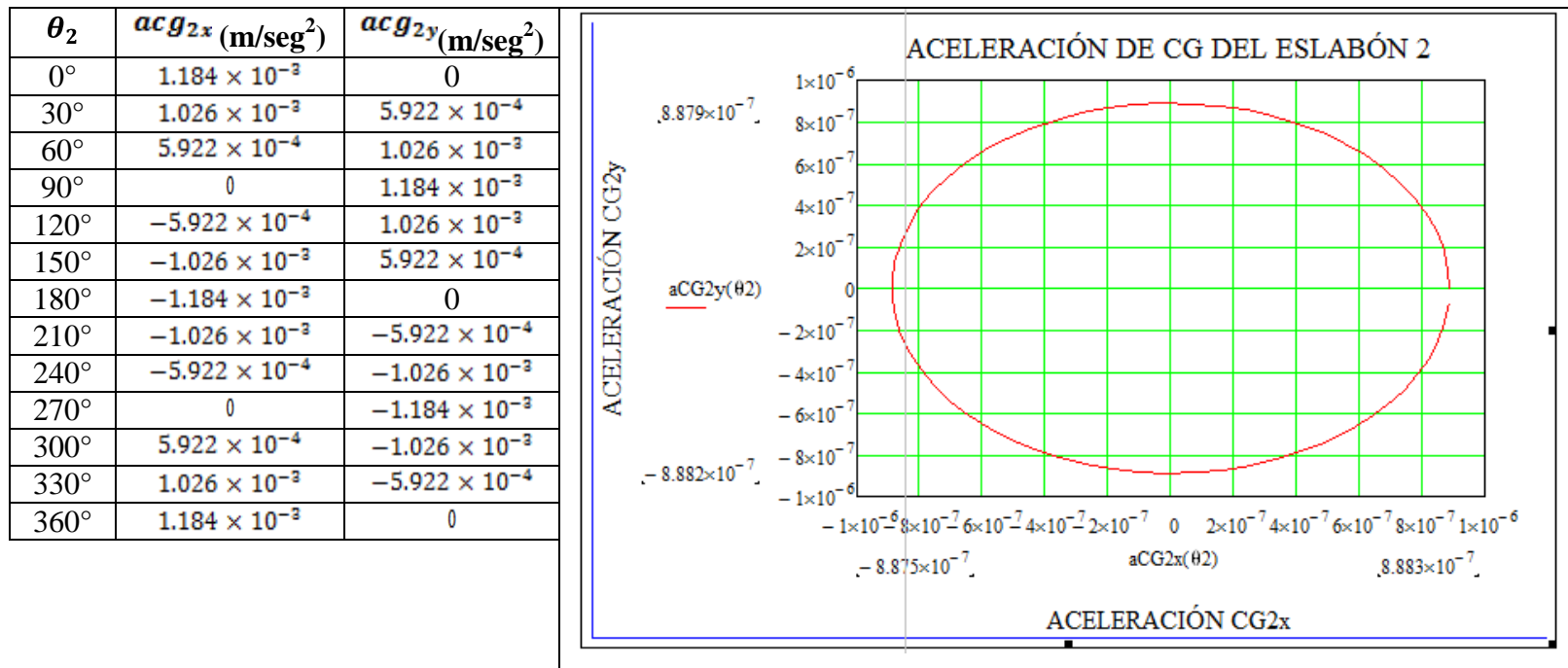


Figura 0.28: acg_2 Vs θ_2

Utilizando la segunda ley de Newton se plantea las condiciones de equilibrio:

$$F = ma$$

$$F = m_2 a_{cg2}$$

$$F_x = m_2 a_{cg2x}$$

$$F_y = m_2 a_{cg2y}$$

Por lo tanto:

$$F_{12x} + F_{32x} = m_2 a_{cg2x}$$

$$W_{P2} + F_{12y} + F_{32y} = m_2 a_{cg2y}$$

La segunda ley de Newton aplicada a elementos rotatorios dice:

$$M = I\alpha$$

$$M = I_{G2} \alpha_2$$

$$T_{12} + R_{32} \times F_{32} + R_{12} \times F_{12} = I_{G2} \overset{0}{\alpha_2}$$

$$\alpha_2 = 0$$

$$T_{12} + (R_{32x} F_{32y} - R_{32y} F_{32x}) + (R_{12x} F_{12y} - R_{12y} F_{12x}) = 0$$

Es importante también definir R_{32x} , R_{32y} , R_{12x} y R_{12y} .

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$R_{12} := -0.00075 \text{ m}$$

$$R_{32} := r_2 - R_{12}$$

$$R_{32x} \theta_2 := R_{32} \cos(\theta_3 \theta_2)$$

$$R_{32y} \theta_2 := R_{32} \sin(\theta_3 \theta_2)$$

$$R_{12x} \theta_2 := R_{12} \cos \theta_2$$

$$R_{12y} \theta_2 := R_{12} \sin(\theta_2)$$

$$W_{P2} := 27.67 \text{ N}$$

R_{32} Vs θ_2

θ_2	$R_{32x}(\text{m})$	$R_{32y}(\text{m})$
0°	0.039	0
30°	0.039	-2.165×10^{-3}
60°	0.039	-3.751×10^{-3}
90°	0.039	-4.331×10^{-3}
120°	0.039	-3.751×10^{-3}
150°	0.039	-2.165×10^{-3}
180°	0.039	0
210°	0.039	2.165×10^{-3}
240°	0.039	3.751×10^{-3}
270°	0.039	4.331×10^{-3}
300°	0.039	3.751×10^{-3}
330°	0.039	2.165×10^{-3}
360°	0.039	0

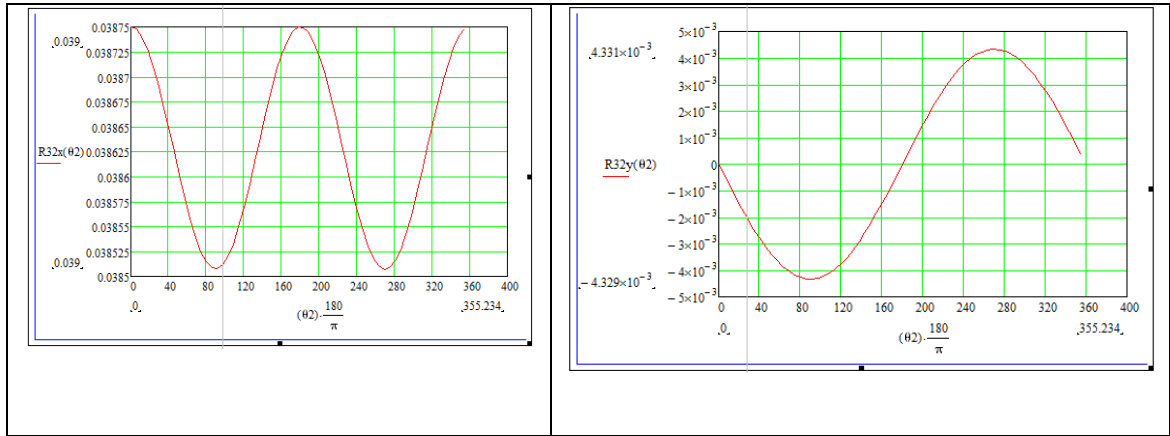


Figura 0.29: $R_{32}Vs \theta_2$

$R_{12}Vs \theta_2$

θ_2	$R_{12x}(m)$	$R_{12y}(m)$
0°	-7.5×10^{-4}	0
30°	-6.495×10^{-4}	-3.75×10^{-4}
60°	-3.75×10^{-4}	-6.495×10^{-4}
90°	0	-7.5×10^{-4}
120°	3.75×10^{-4}	-6.495×10^{-4}
150°	6.495×10^{-4}	-3.75×10^{-4}
180°	7.5×10^{-4}	0
210°	6.495×10^{-4}	3.75×10^{-4}
240°	3.75×10^{-4}	6.495×10^{-4}
270°	0	7.5×10^{-4}
300°	-3.75×10^{-4}	6.495×10^{-4}
330°	-6.495×10^{-4}	3.75×10^{-4}
360°	-7.5×10^{-4}	0

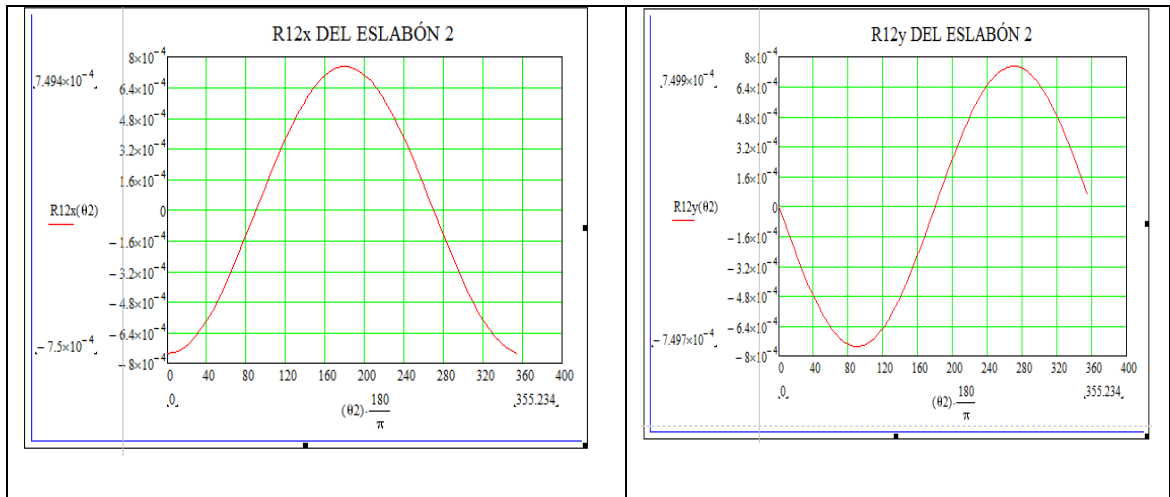


Figura 0.30: R_{12} Vs θ_2

Se obtiene tres ecuaciones vectoriales:

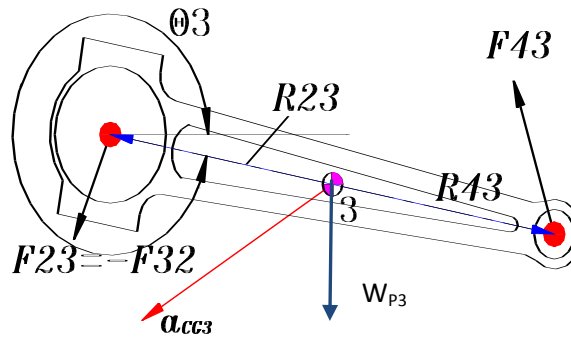
Eslabón 2

$$F_{12x} + F_{32x} = m_2 a_{G2x}$$

$$W_{P2} + F_{12y} + F_{32y} = m_2 a_{G2y}$$

$$T_{12} + R_{12x}F_{12y} - R_{12y}F_{12x} + R_{32x}F_{32y} - R_{32y}F_{32x} = 0$$

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA BIELA



$$r_{cg3} = r_2 + R_{23}$$

$$r_{cg3} = r_2 e^{i\theta_2} + R_{23} e^{i\theta_3}$$

$$r_{cg3} = ir_2 \omega_2 e^{i\theta_2} + iR_{23} \omega_3 e^{i\theta_3}$$

$$a_{cg3} = ir_2 (i\omega_2^2 e^{i\theta_2} + \alpha_2 e^{i\theta_2}) + iR_{23} (i\omega_3^2 e^{i\theta_3} + \alpha_3 e^{i\theta_3})$$

$$a_{cg3} = -r_2 \omega_2^2 e^{i\theta_2} - R_{23} \omega_3^2 e^{i\theta_3} + iR_{23} \alpha_3 e^{i\theta_3}$$

$$a_{cg3} = -r_2 w_2^2 \cos \theta_2 + i \sin \theta_2 - R_{23} w_3^2 \cos \theta_3 + i \sin \theta_3 + i R_{23} \alpha_3 \cos \theta_3 + i \sin \theta_3 \quad \text{Ec. 0.48}$$

$$a_{cg3x} = -r_2 w_2^2 \cos \theta_2 - R_{23} w_3^2 \cos \theta_3 - R_{23} \alpha_3 \sin \theta_3$$

$$a_{cg3y} = -r_2 w_2^2 \sin \theta_2 - R_{23} w_3^2 \sin \theta_3 + R_{23} \alpha_3 \cos \theta_3$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$a_{CG3x|\theta} := -r_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \cos|\theta| - r_{CG3} \alpha_3 |\theta| \cdot \sin|\theta_3|\theta| - r_{CG3} \omega_3 |\theta|^2 \cdot \cos|\theta_3|\theta|$$

$$a_{CG3y|\theta} := -r_2 \cdot \omega_2^2 \cdot \sin|\theta| + r_{CG3} \alpha_3 |\theta| \cdot \cos|\theta_3|\theta| - r_{CG3} \omega_3 |\theta|^2 \cdot \sin|\theta_3|\theta|$$

Los siguientes son los gráficos de las componentes de la aceleración del centro de gravedad del eslabón 3 o biela.

acg₃ Vs θ₂

θ_2	acg_{3x} (m/seg ²)	acg_{3y} (m/seg ²)
0°	-0.063	0
30°	-0.054	-0.045
60°	-0.028	-0.078
90°	3.374×10^{-3}	-0.09
120°	0.032	-0.078
150°	0.05	-0.045
180°	0.057	0
210°	0.05	0.045
240°	0.032	0.078
270°	3.374×10^{-3}	0.09
300°	-0.028	0.078
330°	-0.054	0.045
360°	-0.063	0

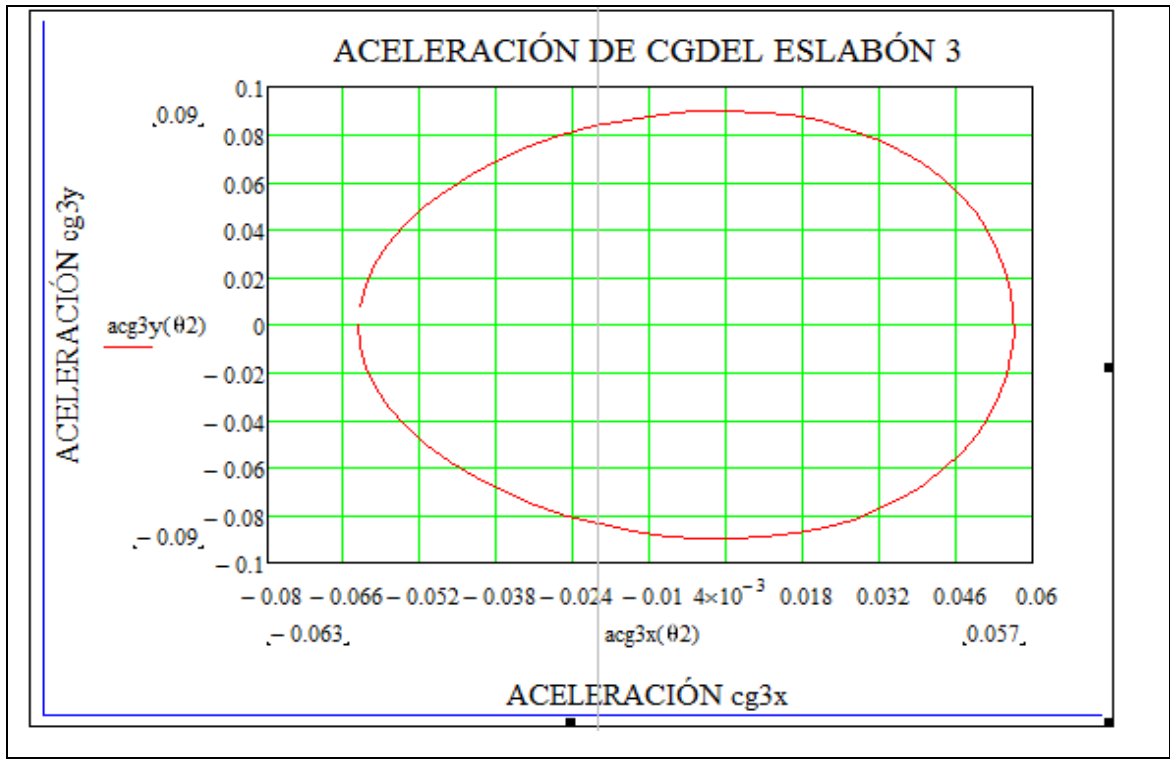


Figura 0.31: acg_3 Vs θ_2

$$F = ma$$

$$F = m_3 a_{cg3}$$

$F_{23} = -F_{32}$ para eliminar incógnitas adicionales:

$$F_x = m_3 aCG_{3x}$$

$$F_y = m_3 aCG_{3y}$$

$$F_{43x} - F_{32x} = m_3 aCG_{3x}$$

$$W_{P3} + F_{43y} - F_{32y} = m_3 aCG_{3y}$$

$$\Sigma T = I_{G3} \alpha_3$$

$$R_{23} \times -F_{32} + R_{43} \times F_{43} = I_{G3} \alpha_3$$

$$-(R_{23x} F_{32y} - R_{23y} F_{32x}) + (R_{43x} F_{43y} - R_{43y} F_{43x}) = I_{G3} \alpha_3$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$R_{23} := 0.17$$

$$R_{23y}(\theta_2) := -R_{23} \sin(\theta_3(\theta_2))$$

$$R_{43} := r_3 - R_{23}$$

$$R_{43x}(\theta_2) := R_{43} \cos(\theta_3(\theta_2))$$

$$R_{23x}(\theta_2) := -R_{23} \cos(\theta_3(\theta_2))$$

$$R_{43y}(\theta_2) := R_{43} \sin(\theta_3(\theta_2))$$

$$W_{P_3} := 4 \text{ N}$$

R_{23} Vs θ_2

θ_2	R_{23x} (m)	R_{23y} (m)
0°	-0.17	0
30°	-0.17	9.5×10^{-3}
60°	-0.169	0.016
90°	-0.169	0.019
120°	-0.169	0.016
150°	-0.17	9.5×10^{-3}
180°	-0.17	0
210°	-0.17	-9.5×10^{-3}
240°	-0.169	-0.016
270°	-0.169	-0.019
300°	-0.169	-0.016
330°	-0.17	-9.5×10^{-3}
360°	-0.17	0

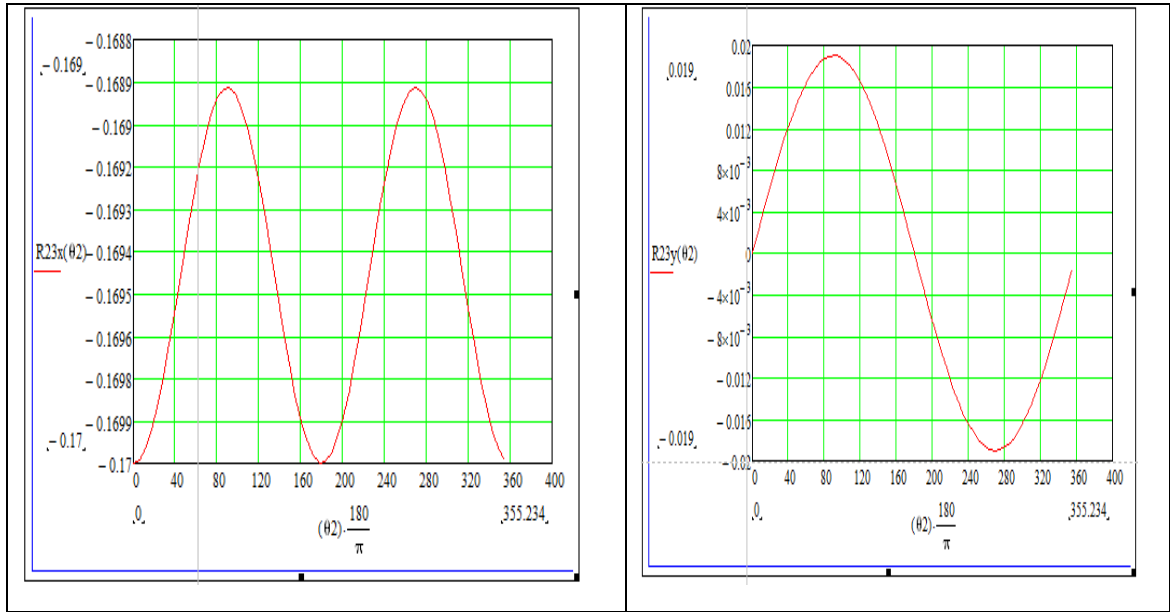


Figura 0.32: R_{23} Vs θ_2

$R_{43} Vs \theta_2$

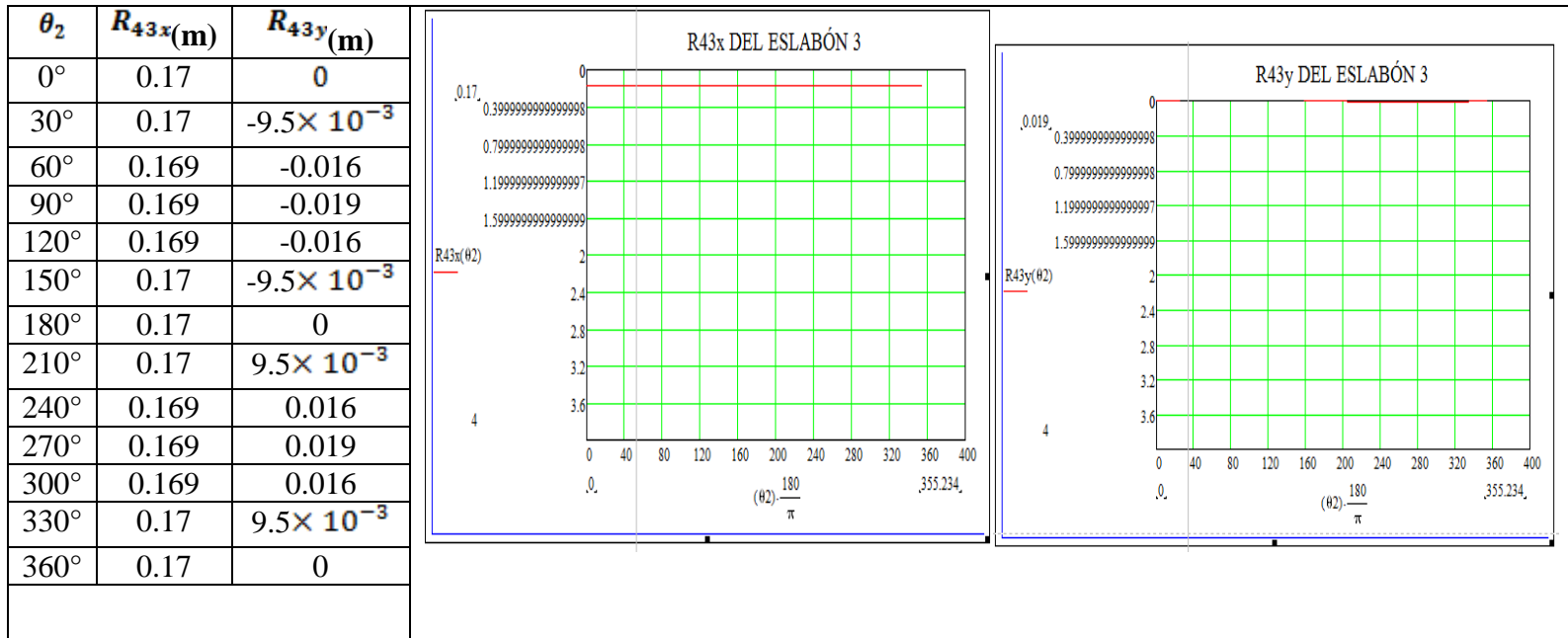


Figura 0.33: $R_{43} Vs \theta_2$

Se obtiene tres ecuaciones vectoriales adicionales:

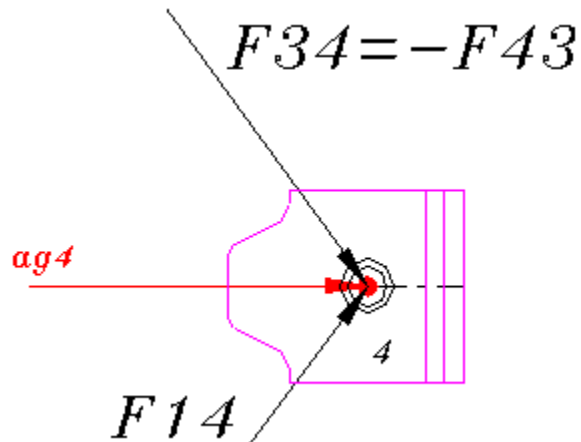
Eslabón 3

$$F_{43x} - F_{32x} = m_3 a_{G3x}$$

$$W_{P3} + F_{43y} - F_{32y} = m_3 a_{G3y}$$

$$R_{43x}F_{13y} - R_{43y}F_{13x} - R_{23x}F_{32y} - R_{23y}F_{32x} = I_{G3}\alpha_3$$

DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE



Eslabón 4

$$F_x = m_4 a_{CG4x}$$

$$F_{14x} - F_{43x} = m_4 a_{CG4x}$$

$$F_y = m_4 a_{CG4y}$$

$$F_{14y} - F_{43y} - W_{P4} = 0$$

$$N = F_{14y}$$

$$\pm \mu N = F_{14x}$$

$$\pm \mu F_{14y} = F_{14x}$$

$$\pm \mu F_{14y} - F_{43x} = m_4 a_{CG4x}$$

Se obtienen 2 ecuaciones vectoriales:

$$\pm \mu F_{14y} - F_{43x} = m_4 acG_{4x}$$

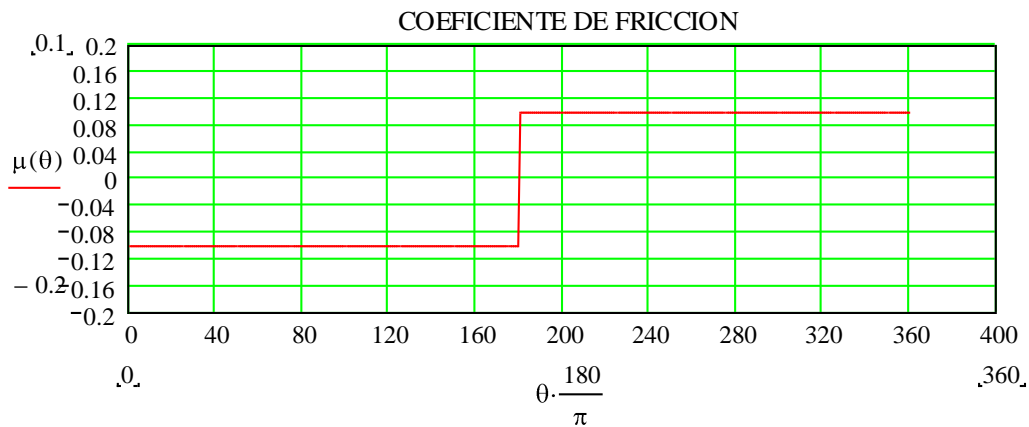
$$F_{14y} - F_{43y} - W_{P4} = 0$$

$$\Sigma T_4 = 0$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCad son:

El coeficiente de fricción $\mu := 0.1$

$$\mu(\theta_2) := \text{if}(\theta_2 \geq \pi, \mu, -\mu)$$



$$acg_{4x} = a_1$$

$$acg_{4y} = 0$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$acg_{4x} \theta_2 := a_1(\theta_2)$$

$$W_{P4} := 356 \text{ N}$$

a_{cg4x} Vs θ_2

θ_2	a_{cg4x} (m/seg ²)
0°	0.053
30°	0.048
60°	0.031
90°	0
120°	-0.034
150°	-0.059
180°	-0.0067
210°	-0.0058
240°	-0.034
270°	0
300°	0.031
330°	0.049
360°	0.053

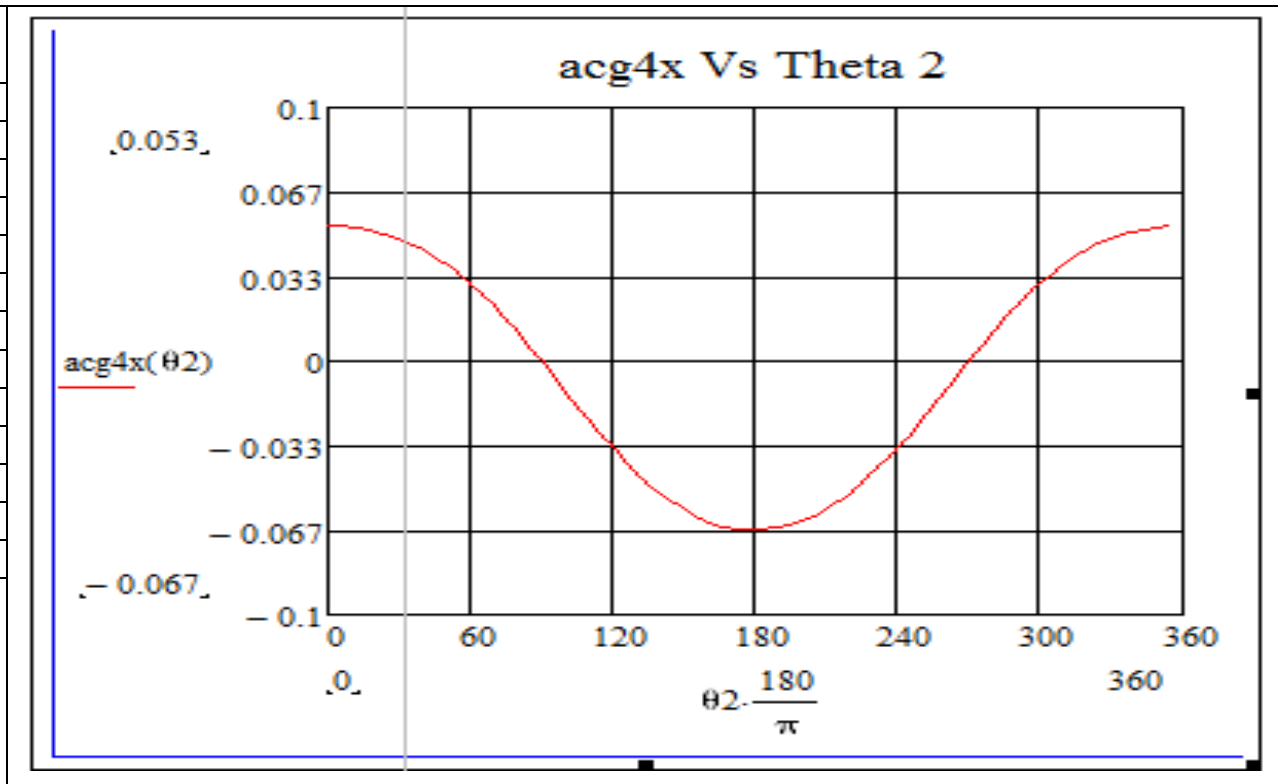


Figura 0.34: a_{cg4x} Vs θ_2

SOLUCION DE LAS ECUACIONES VECTORIALES

El siguiente paso es efectuar un arreglo matricial con las 8 ecuaciones vectoriales obtenidas, para lo cual se construye la siguiente matriz:

Matriz para cálculo de fuerzas (Biela – Manivela – Corredera)²⁶

$$\begin{matrix}
 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{12X} \\
 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & F_{12Y} \\
 -R_{12Y} & R_{12X} & -R_{32Y} & R_{32X} & 0 & 0 & 0 & 1 & F_{32X} \\
 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & F_{32Y} \\
 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & F_{43x} \\
 0 & 0 & R_{23Y} & -R_{23X} & -R_{43Y} & R_{43X} & 0 & 0 & F_{43Y} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & \pm\mu & 0 & F_{14Y} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & T_{12}
 \end{matrix} \times$$

$$\begin{aligned}
 & m_2 a G_{2X} \\
 & W_{P2} + m_2 a G_{2Y} \\
 & I_{G2} \alpha_2 \\
 = & m_3 a G_{3X} \\
 & W_{P3} + m_3 a G_{3Y} \\
 & I_{G3} \alpha_3 \\
 & m_4 a G_{4x} \\
 & 0
 \end{aligned}$$

Utilizando las propiedades de las matrices se tiene que:

$$[\mathbf{M}(\theta)] * [\mathbf{F}(\theta)] = [\mathbf{C}(\theta)]$$

$$[\mathbf{F}(\theta)] = [\mathbf{M}(\theta)]^{-1} [\mathbf{C}(\theta)]$$

RESULTADOS

Utilizando el programa MathCad, se puede determinar las fuerzas para cada rotación de ángulo:

$$F_{12x}(\theta_2) := F(\theta_2)_0 \quad F_{12y}(\theta_2) := F(\theta_2)_1 \quad F_{32x}(\theta_2) := F(\theta_2)_2 \quad F_{32y}(\theta_2) := F(\theta_2)_3$$

$$F_{43x}(\theta_2) := F(\theta_2)_4 \quad F_{43y}(\theta_2) := F(\theta_2)_5 \quad F_{14y}(\theta_2) := F(\theta_2)_6$$

²⁶ Robert L. Norton- Diseño de Maquinaria- Capítulo 11-Análisis de Fuerzas Dinámicas.

$F_{12}Vs \theta_2$

θ_2	F_{12x} (N)	F_{12y} (N)
0°	-684.45	29.67
30°	-688.31	68.18
60°	-691.22	96.87
90°	-692.35	107.51
120°	-691.36	96.88
150°	-688.55	68.19
180°	-739.58	29.67
210°	-743.72	-11.94
240°	-746.77	-42.93
270°	-747.84	-54.41
300°	-746.62	-42.91
330°	-743.49	-11.93
360°	-739.32	29.67

$F_{12x}(\theta_2)$

$F_{12y}(\theta_2)$

Figura 0.35: $F_{12}Vs \theta_2$

$F_{32}Vs \theta_2$

θ_2	F_{32x} (N)	F_{32y} (N)
0°	-684.45	-2
30°	-688.31	-40.51
60°	-691.22	-69.19
90°	-692.35	-79.84
120°	-691.36	-69.21
150°	-688.55	-40.52
180°	-739.58	-2
210°	-743.72	39.61
240°	-746.77	70.59
270°	-747.84	82.08
300°	-746.62	70.58
330°	-743.49	39.6
360°	-739.32	-2

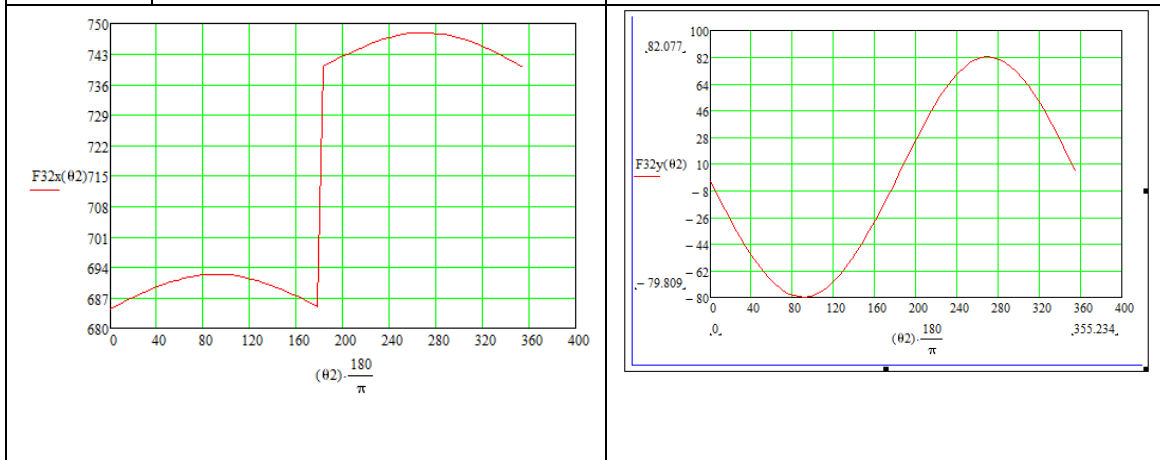


Figura 0.36: $F_{32}Vs \theta_2$

$F_{43}Vs \theta_2$

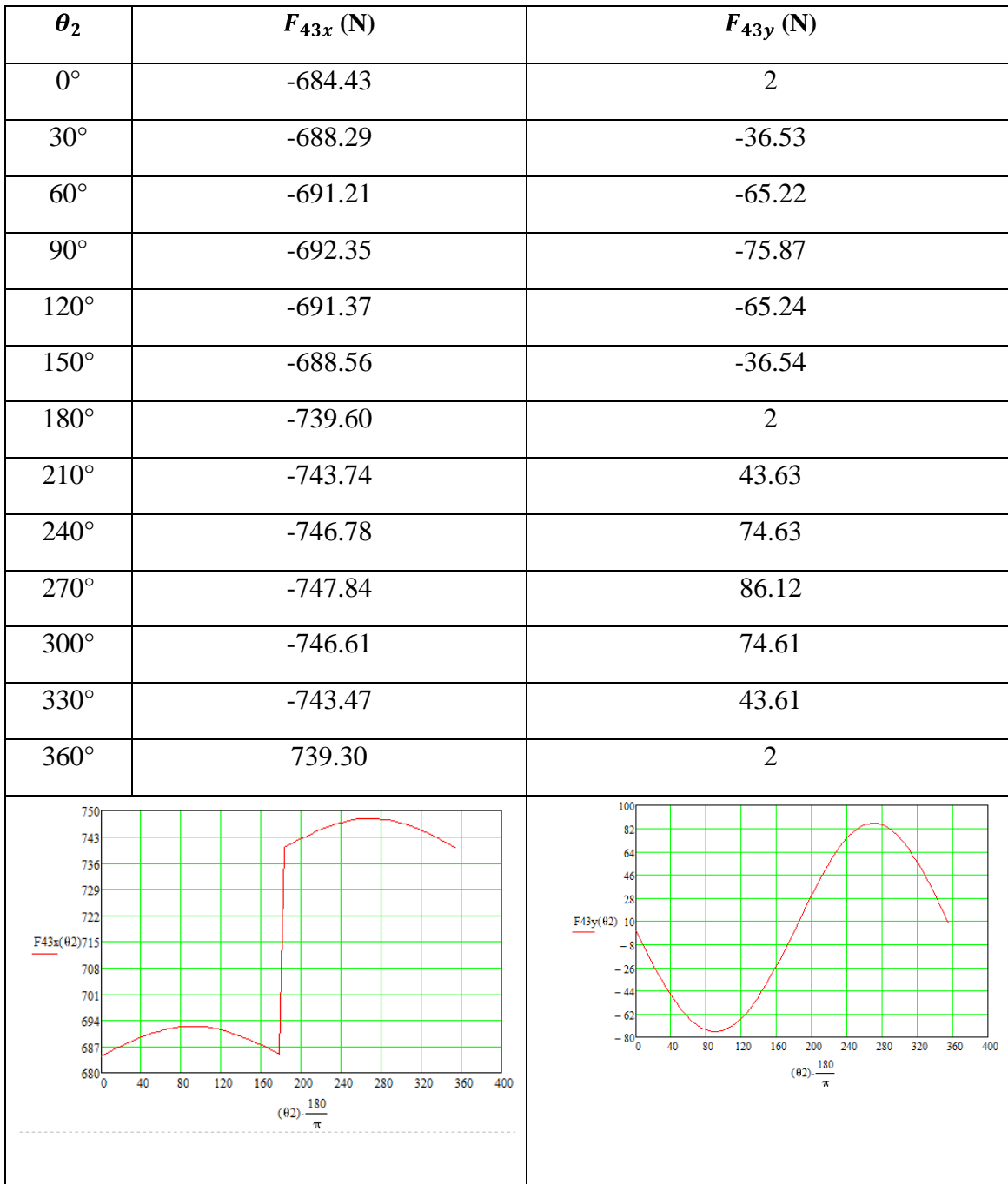


Figura 0.37: $F_{43}Vs \theta_2$

F_{14} Vs θ_2

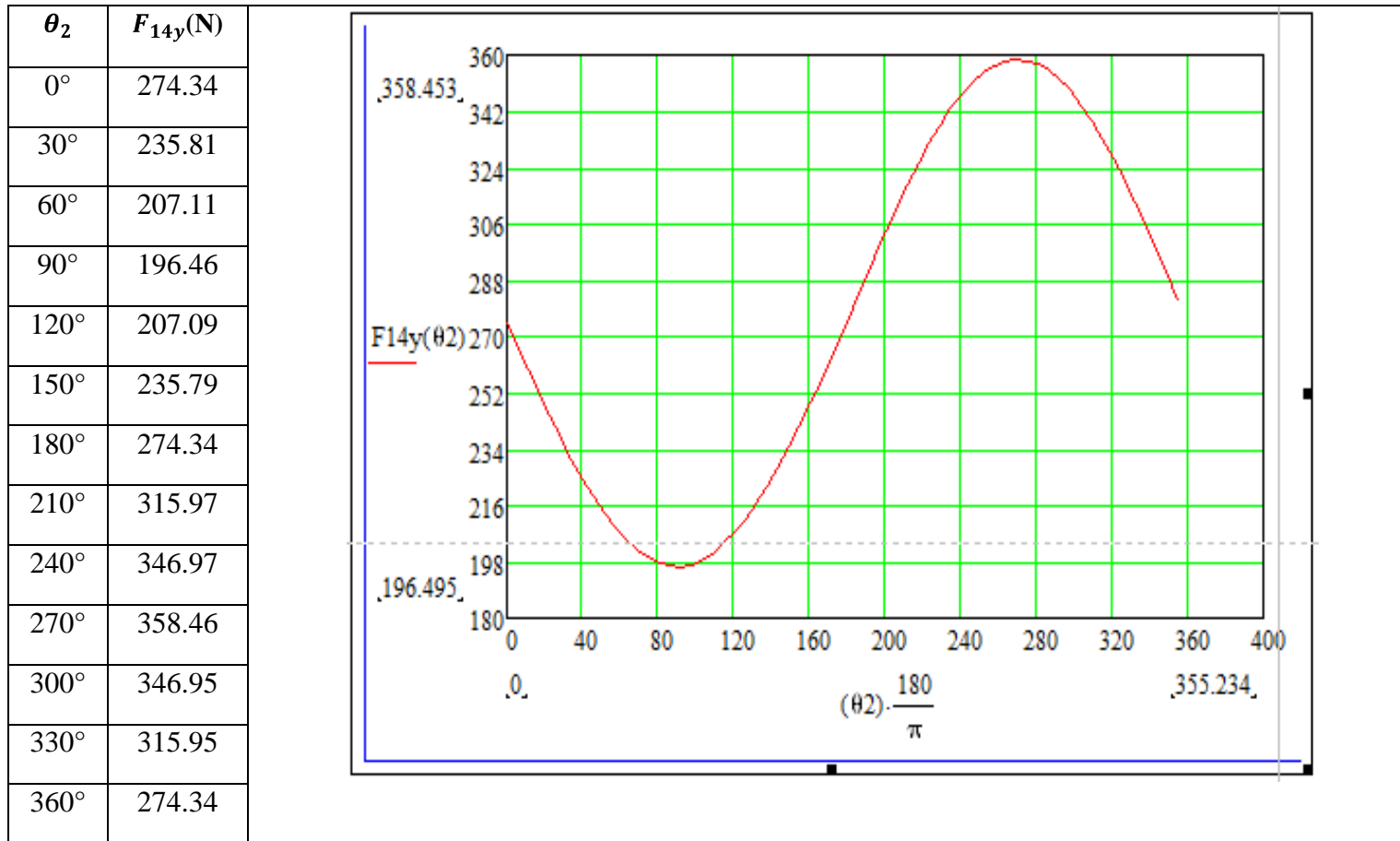


Figura 0.38: F_{14} Vs θ_2

ANÁLISIS DEL TORQUE

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$T_{12} \theta_2 := F(\theta_2)_7$$

$T_{12} \text{ Vs } \theta_2$

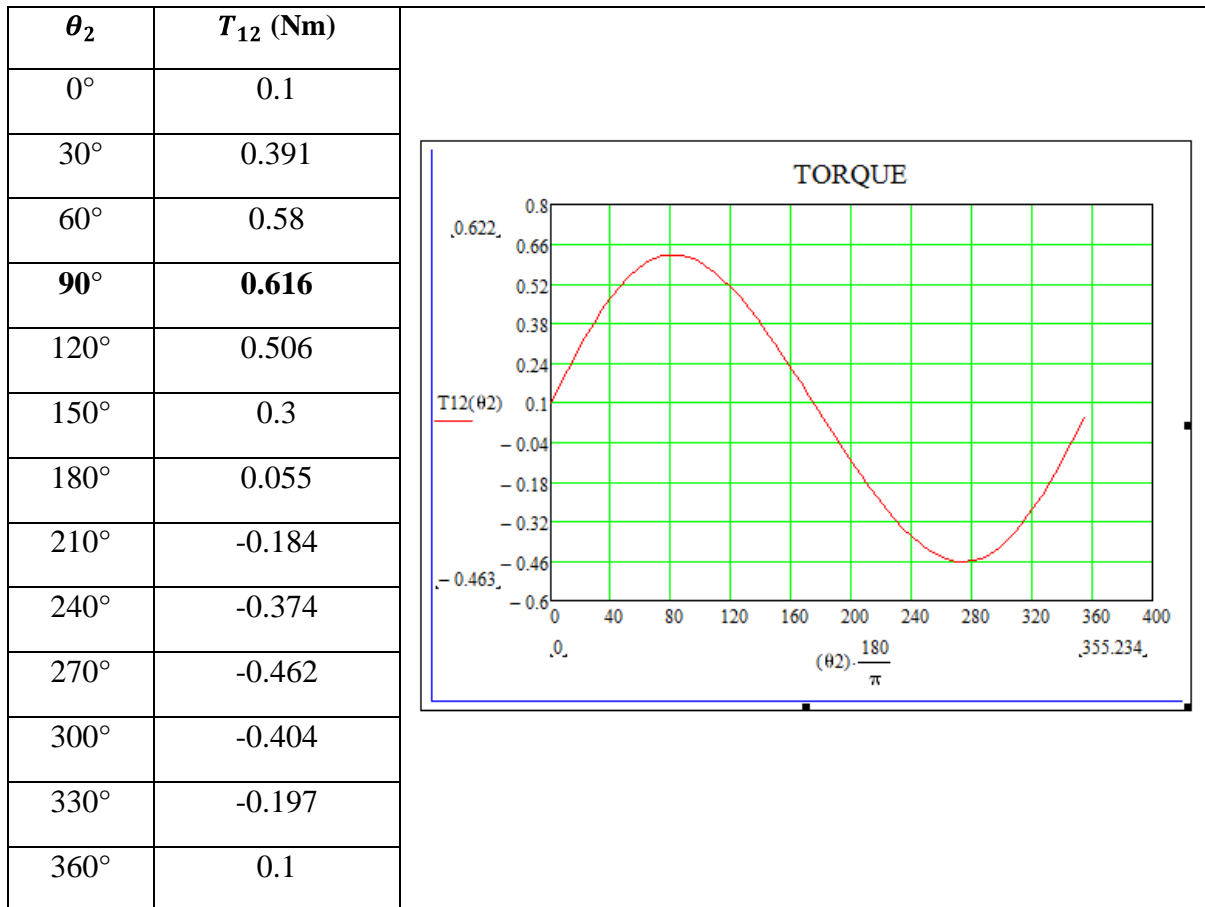


Figura 0.39: $T_{12} \text{ Vs } \theta_2$

En la gráfica de torque se muestra los bucles positivos que son los puntos en los que el mecanismo necesita energía para funcionar; los bucles negativos significan la energía de los elementos rotatorios que ésta almacenada.

✚ ANALISIS DE LAS POTENCIAS

- **Potencia Máxima**

Potencia en base al torque máximo

$$P = T_{12} \times W_2 \text{ Ec. 0.49}$$

$$P = 0.616Nm \times 1.256 \frac{rad}{seg}$$

$$P = 0.774 \text{ Watt}$$

Los parámetros físicos que encabezarán el programa de MathCAD son:

$$P \theta_2 := F(\theta_2) \cdot w_2$$

$P_{m\acute{a}x}$ Vs θ_2

θ_2	$P_{m\acute{a}x}$ (watts)
0°	0.125
30°	0.491
60°	0.729
90°	0.774
120°	0.636
150°	0.377
180°	0.069
210°	-0.231
240°	-0.47
270°	-0.581
300°	-0.508
330°	-0.248
360°	0.125

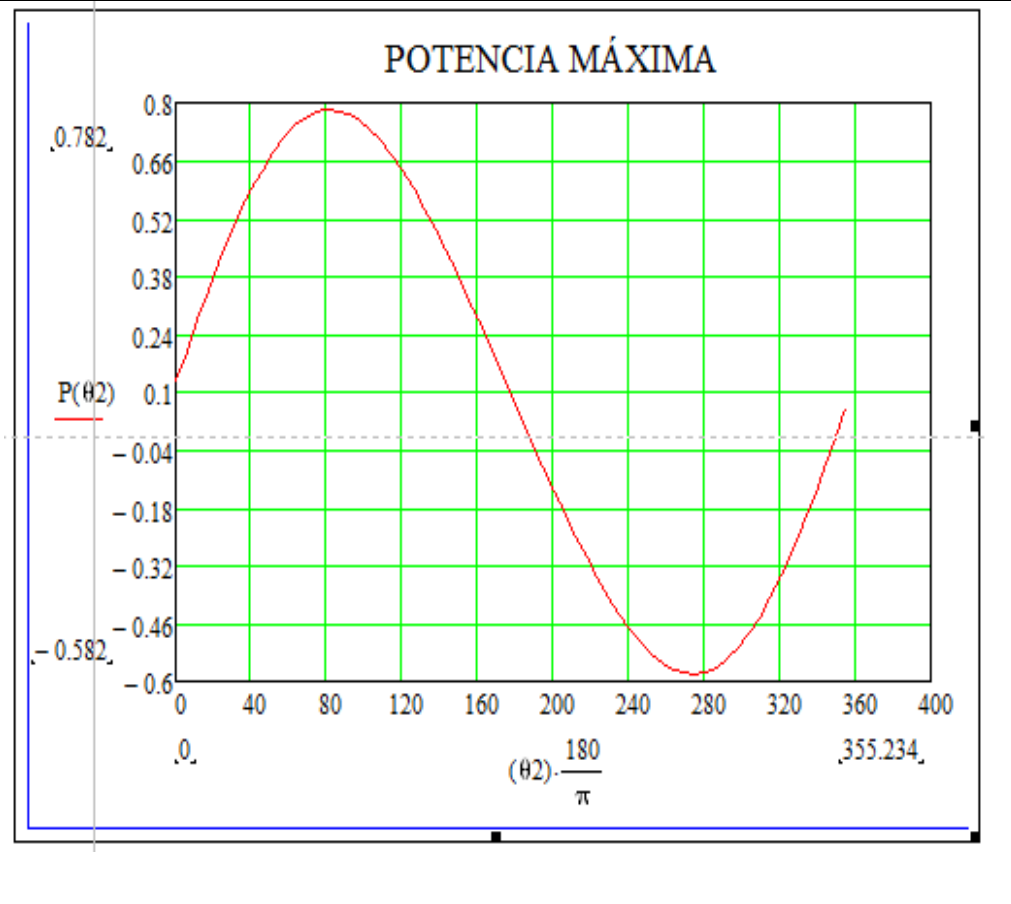


Figura 0.40: $P_{m\acute{a}x}$ Vs θ_2

2.17.6 CÁLCULO DEL VOLANTE

El volante cumple con la función de almacenar energía mediante un eje seguidor y soporte de guía para poder realizar el mecanismo biela manivela corredera.

Para reducir el tamaño del motor (potencia) se debe acoplar un volante al eje del motor que es un disco pesado el mismo que regularizada la velocidad angular del eslabón.

El disco almacenará (volante) la energía cinética rotacional del mecanismo en los bucles negativos y esta energía hará que el disco se acelere y entregue la energía en los bucles positivos al mecanismo.

De la segunda ley de Newton:

$$\Sigma T = I\alpha$$

$$T_{12} - T_m = I\alpha$$

Donde:

T_{12} = Torque producido por las cargas

T_m = Torque medio

La aceleración equivale a:

$$\alpha = d\omega/dt = (d\omega/dt) (d\theta/d\theta) = \omega d\omega/d\theta \quad \text{Ec. 0.50}$$

$$T_{12} - T_m = I \frac{d\omega}{dt} \frac{d\theta}{d\theta}$$

$$T_{12} - T_m = I\omega d\omega/d\theta$$

$$(T_{12} - T_m) d\theta = I\omega d\omega$$

$$\int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} (T_{12} - T_m) d\theta = \int_{W_{min}}^{W_{max}} I\omega d\omega$$

$$\int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} (T_{12} - T_m) d\theta = I \int_{W_{min}}^{W_{max}} \omega d\omega$$

$$\int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} (T_{12} - T_m) d\theta = I \frac{W^2}{2} \Big|_{W_{min}}^{W_{max}}$$

$$\int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} (T_{12} - T_m) d\theta = \frac{I}{2} (W_{max}^2 - W_{min}^2)$$

$$\int_{\theta_{min}}^{\theta_{max}} (T_{12} - T_m) d\theta = IKW_{med}^2 \quad \text{Ec. 0.51}$$

Donde:

$(T_{12} - T_m)$ = Energía que el mecanismo transfiere al disco en los bucles negativos.

IKW_{med}^2 = Energía que el disco entrega al mecanismo en los bucles.

K = La razón del cambio de velocidad se denomina coeficiente de fluctuación es igual:

$$K = \frac{W_{max} - W_{min}}{W_{med}} \quad \text{Ec. 0.52}$$

Tabla 0.8: Coeficientes de fluctuación para diseño de volante.²⁷

MAQUINA IMPULSADA	COEFICIENTE DE FLUTUACIÓN K
Dinamos o generadores de c.c. transmisión directa	0.002
Alternadores o generadores de c.c, transmisión directa	0.0035
Máquinas de punzonar, cizallar y prensar	0.05-0.1
Bocartes, estampadoras, trituradoras	0.2
Bombas alternativas, compresores	0.03-0.05
Máquinas herramientas, máquinas para fábricas de papel	0.025
Máquinas de hilar ,hilos finos a bastos	0.01-0.02
Transmisiones con poleas(reductores de velocidad)	0.02

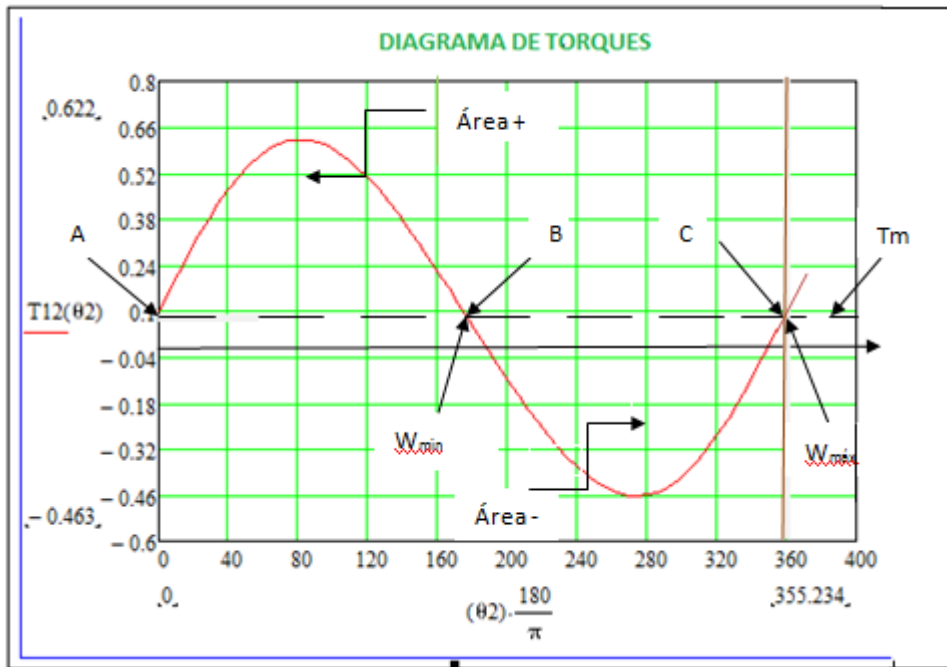
²⁷ Tesis: Paguay Héctor. **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PICADORA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR,”** Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA. Riobamba - Ecuador 2011.

Para determinar el tamaño del volante se efectuará los siguientes pasos:

Se calcula el Torque medio del diagrama T_{12} vs θ_2 , utilizando la integral de MathCAD.

$$T_m := \frac{\int_0^{2 \cdot \pi} F(\theta_2) d\theta_2}{2 \cdot \pi}$$

$$T_m = 0.077 \text{ Nm}$$



Integración de la función

Desde	$\Delta \text{Área} = \Delta E$	Suma acumulada = E	
A a B	+ 0.573	+ 0.573	$W_{\min} @ B$
B a C	-6.63×10^{-4}	+ 0.572337	$W_{\max} @ C$
	Energía Δ total	= E@ W_{\max} - E@W_{\min}	
		0.572337 - (+0.573)	-6.63×10^{-4}

$$\alpha_2 = \frac{w_2}{t}$$

Donde:

t = tiempo = 3seg para que empiece a funcionar

$$\alpha_2 = \frac{1.256 \frac{rad}{seg}}{3 seg}$$

$$\alpha_2 = 0.418 \text{ rad/seg}^2$$

$$I_2 := 0.0234 \text{ kg m}^2$$

$$P_{arrq} = I_2 \alpha_2 w_2$$

$$P_{arrq} = (0.0234 \times 0.418 \times 1.256) \text{ watt}$$

$$P_{arrq} = 0.0122 \text{ watt} \times \frac{1HP}{746 \text{ Watt}}$$

$$P_{arrq} = 0.0000163 \text{ HP}$$

$$P_r = T_m \times w_2 + P_{arrq}$$

$$P_r = 0.077 \text{ Nm} \times 1.256 \frac{rad}{seg}$$

$$P_r = 0.096 \text{ Watt} + P_{arrq}$$

$$P_r = 0.096 \text{ Watt} \times \frac{1HP}{746 \text{ Watt}} + 0.0000163 \text{ HP}$$

$$P_r = 0.000145 \text{ HP}$$

Con el valor del Tmedio se puede calcular la potencia real y tomando en cuenta la potencia de arranque necesaria para que el motorreductor empiece a funcionar en 3 segundos a velocidad nominal.

En el presente caso se escogió un motor de ½ hp, comercialmente se puede encontrar motorreductores desde ¼ de hp.

$$E = IKW_{med}^2 \quad \text{Ec. 0.53}$$

Donde:

I = Momento de inercia del volante

E= Variación de energía cinética

K = coeficiente de fluctuación de velocidad

W_{med}^2 = Variación de energía

DIMENSIONADO DEL VOLANTE

Para determinar el tamaño del volante necesario para absorber la energía con un cambio aceptable en la velocidad, se requiere encontrar el momento másico del volante I_S que requiere el sistema.

$$I_S = \frac{E}{KW_{med}^2} \quad \text{Ec. 0.54}$$

El coeficiente de fluctuación de velocidades depende del tipo de máquina, Se toma un valor de $K= 0.02$ de acuerdo a la tabla 2.8.

$$I_S = \frac{6.63 \times 10^{-4} Nm \times seg^2 \quad Kg \ m}{0.02 \times (1.256 \ rad)^2 \quad N \ seg^2}$$

$$I_S = 0.021 \ Kg \ m^2$$

$$I_d = \rho \times t \times \frac{\pi}{32} D^4 - d^4 \quad \text{Ec. 0.55}$$

$$I_d = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.008\text{m} \times \frac{\pi}{32} 0.25^4 - 0.02^4 \text{ m}^4$$

$$I_d = 0.024 \text{ Kg m}^2$$

$$I_d > I_s$$

$$0.024 \text{ Kg m}^2 > 0.021 \text{ Kg m}^2 \quad \text{OK}$$



$$I_{xz} = 0.00000$$

$$I_{yz} = 0.00001$$

$$I_{zz} = \mathbf{0.02394}$$

Figura 0.41: Volante (Solidworks).

2.17.7 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR.

En función a la potencia y la velocidad requerida.

Se seleccionó un Motorreductor Trifásico de las siguientes características:

Marca:	SINCRON 83 D 35 1065 - XM
Potencia	0.5 HP
Voltaje:	220 V
Amperaje:	3.5 - 2 A
Frecuencia:	60 Hz
Rpm entrada	1420
Rpm salida:	37
Relación:	47.33

2.17.8 SISTEMA DE REDUCCIÓN POR ACCIONAMIENTO SIMPLE.

MOTOR

Datos:

✚ Potencia del motor= 0.5 hp

✚ F= 60 Hz

✚ Rpm= 1725

REDUCTOR

Datos:

✚ Rpm de entrada= 1800 rpm

✚ Rpm de salida= 12 rpm

✚ Hora de trabajo diario = 15 horas

Tabla 0.9: Velocidades de motor de CA para corriente de 60HZ.

Número de polos	Velocidad sincrónica (rpm)	Velocidad a plena carga ^a (rpm)
2	3600	3450
4	1800	1725
6	1200	1140
8	900	850
10	720	690
12	600	575

^a Aproximadamente 95% de la velocidad sincrónica (deslizamiento normal)

Objetivo: Diseñar la transmisión de banda V

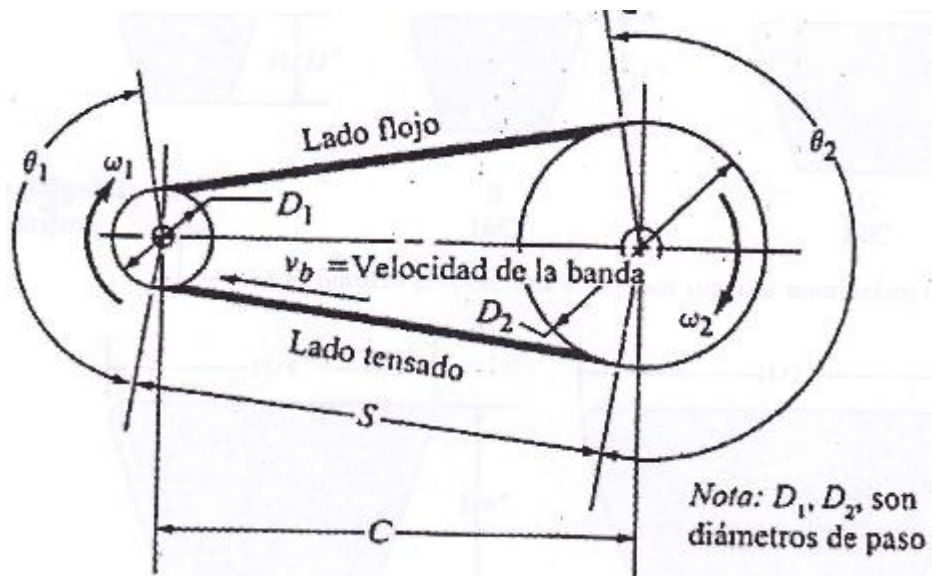


Figura 0.42: Geometría Básica de un impulsor de banda.

Paso 1. Cálculo de la potencia de diseño. Según la tabla 2.10 para un motor eléctrico de par torsional normal que trabaje 15 horas por día, que impulse a un reductor de velocidad, el factor de servicio es de 2 por servicios continuos, entonces la potencia de diseño es $2 \times 0.5 \text{ hp} = 1 \text{ hp}$.

Paso 2. Selección de la sección de la banda. Según la figura 2.43, se recomienda una banda 3Vx para 0.5 hp o 1hp a 1420 rpm.

Tabla 0.10: Factores de Servicio para bandas en V.

	<i>Tipo de Impulsor</i>					
	<i>Motores de CA: torque normal^a</i> <i>Motores de CD: bobinado en derivación</i> <i>Motores de cilindro múltiple</i>			<i>Motores de CA: torque alto^a</i> <i>Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto</i> <i>Motores: de 4 o menos cilindros</i>		
<i>Tipo de máquina que es impulsada</i>	<i><6 h</i> <i>Por día</i>	<i>6 – 15h</i> <i>Por día</i>	<i>>15h</i> <i>Por día</i>	<i><6h</i> <i>Por día</i>	<i>6-15h</i> <i>Por día</i>	<i>>15h</i> <i>Por día</i>
Agitadores, ventiladores, ventiladores con tolva, bombas centrífugas, transportadores, ligeras	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generadores, herramientas para máquinas, mezcladores, transportadores, grava.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Elevadores de baldes o recipientes, máquinas textiles, molinos de martillo, transportadores, pesados.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Trituradoras, molinos de bola, malacates, extruidoras de hule.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Cualquier máquina que pueda ahogarse	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
^a sincrónicos, de fase dividida, de tres fases con torque (par) de arranque o torque (par) al paro menos que 250% del torque con carga total.						
^b De fase única, trifásico con torque (par) de arranque o torque (par) al paro mayor que 250% del torque con carga total						

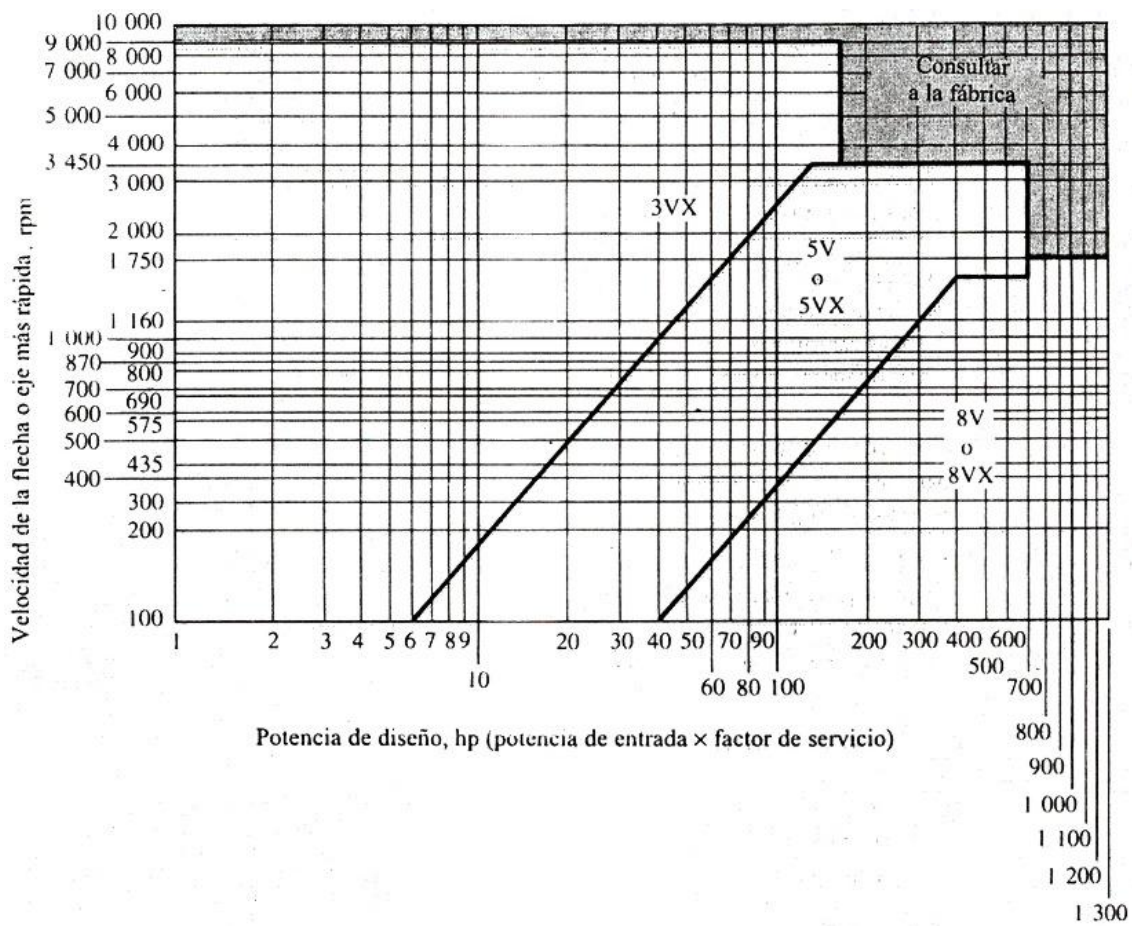


Figura 0.43: Gráfica de selección para bandas en V industriales de sección estrecha.

Paso 3.

En el sistema de agitación la mínima velocidad que se debe obtener son 12 rpm y máxima de 15rpm para obtener mejor resultado en el sistema de electropulido.

Por lo tanto para disminuir las revoluciones por minuto se debe utilizar un accionamiento simple por bandas.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad \text{Ec. 0.56}$$

Donde:

d_1 = diámetro de la rueda motriz.

n_1 = número de revoluciones de la rueda motriz.

d_2 = diámetro de la rueda accionada.

n_2 = número de revoluciones de la rueda accionada.

i = relación de transmisión

La relación de revoluciones se deduce del motor (flujo de fuerza): número de revoluciones motriz al número de revoluciones accionado.

$$i = \frac{\text{número de revoluciones motriz}}{\text{número de revoluciones accionado}} = \frac{\text{diámetro accionado}}{\text{diámetro motriz}}$$

La relación de revoluciones es la inversa de la relación de diámetros.

En el sistema de transmisión la polea es de 35mm de un motor que gira 37rpm, se calcula el diámetro necesario en mm de la rueda de transmisión para un número de revoluciones de la caja de reducción de 12 rpm.

Datos:

d_1 = 35 mm.

n_1 = 37 rpm.

d_2 = buscado.

n_2 = 12 rpm.

$$d_2 = \frac{d_1 \times n_1}{n_2}$$

$$d_2 = \frac{35 \times 37}{12}$$

$$d_2 = 107.91 \text{ mm}$$

Por lo tanto el diámetro a utilizar es de 107.91 mm para obtener una revolución a 12rpm.

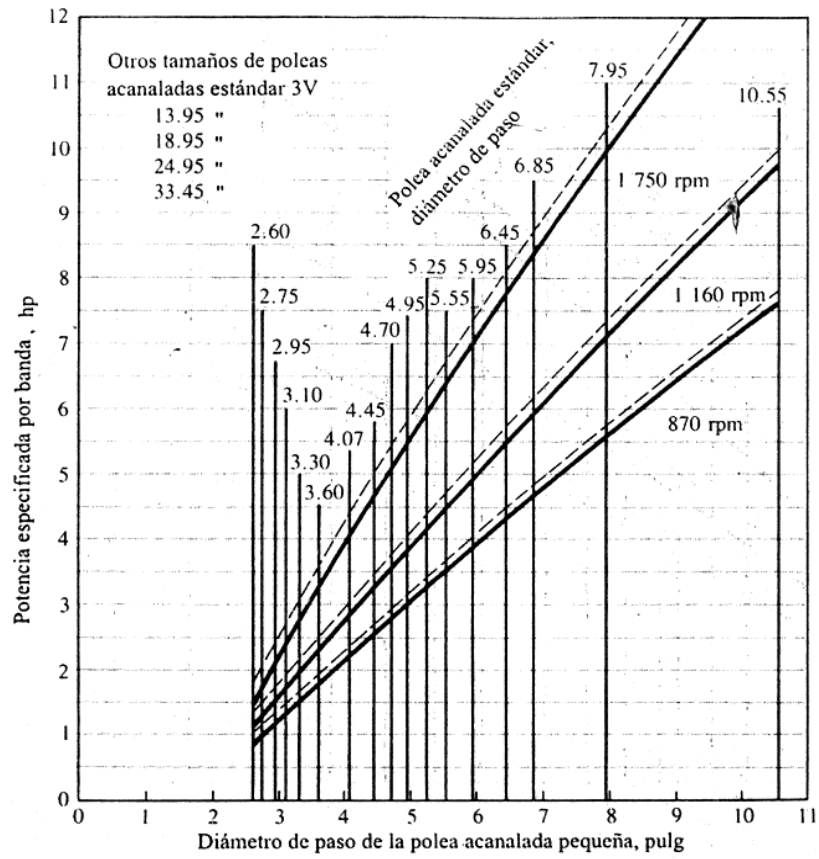


Figura 0.44: Especificación de Potencia: Bandas 3V.

Paso 4. Se especifica una distancia entre centros tentativa.

$$D_2 < C < 3 \times D_2 + D_1 \quad \text{Ec. 0.57}$$

$$4.21 < C < 16.74$$

Se asume C= 10 pulg.

Paso 5. Se calcula la longitud de la banda necesaria:

$$L = 2 \times C + 1.57 \times D_2 + D_1 + \frac{D_2 - D_1}{4 \times C} \quad \text{Ec. 0.58}^{28}$$

$$L = 2 \times 10 + 1.57 \times 5.58 + \frac{2.82}{4 \times 10}$$

$$L = 28.96 \text{ pulg.}$$

Según la tabla 2.11

$$L = 28 \text{ pulg.}$$

Paso 6. Se selecciona una longitud estándar en la tabla 2.11 y se calcula la distancia real entre centros, que resulta:

$$B = 4 \times L - 2 \times \pi D_2 + D_1 \quad \text{Ec. 0.59}$$

$$B = 4 \times 28 - 2 \times \pi \times 5.58$$

$$B = 76.94$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32 \times (D_2 - D_1)^2}}{16}$$

$$C = \frac{76.94 + \sqrt{76.94^2 - 32 \times 2.82^2}}{16}$$

$$C = 9.55 \text{ pulg. OK}$$

²⁸ Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (4ta. ed.). México: Pearson Educación. Pág. 264.

Tabla 0.11: Longitudes de bandas estándar para bandas 3V, 5V y 8V (en pulg.).

Sólo 3V	3V y 5V	3V, 5V y 8V	5V y 8V	Sólo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
165			315	
			335	
			355	

Paso 7. Cálculo del ángulo de contacto de la banda en la polea menor:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 * \text{sen}^{-1} \frac{D_2 - D_1}{2 * C} \quad \text{Ec. 0.60}$$

$$\theta_1 = 170.62^\circ$$

Paso 8. Determinación de los factores de corrección con las figuras 2.45 y 2.46 para

$\theta_1 = 170.62^\circ$, $C_\theta = 1$, para $L = 28$ pulg $C_L = 0.84$

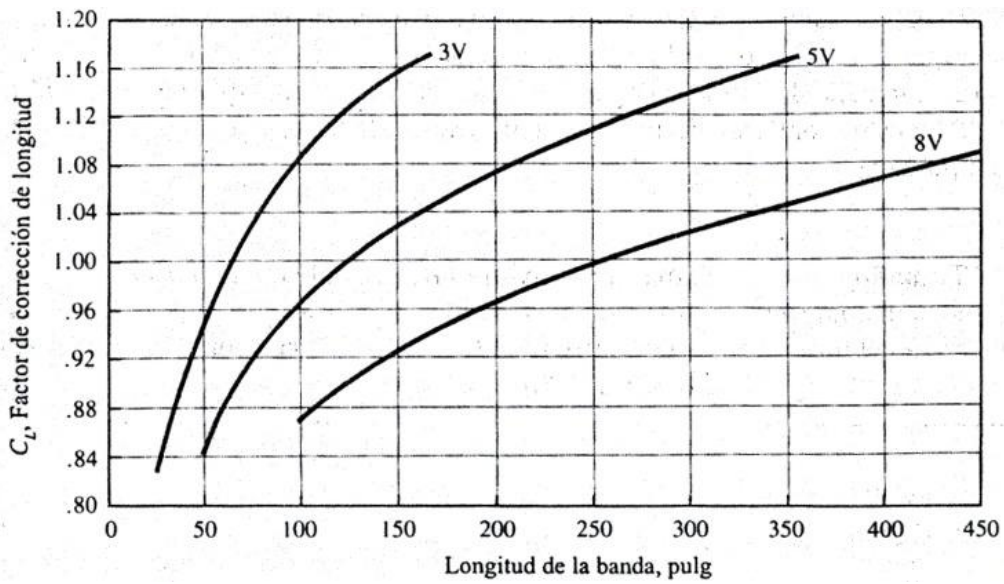


Figura 0.45: Factor de corrección para Longitud de la banda, C_L

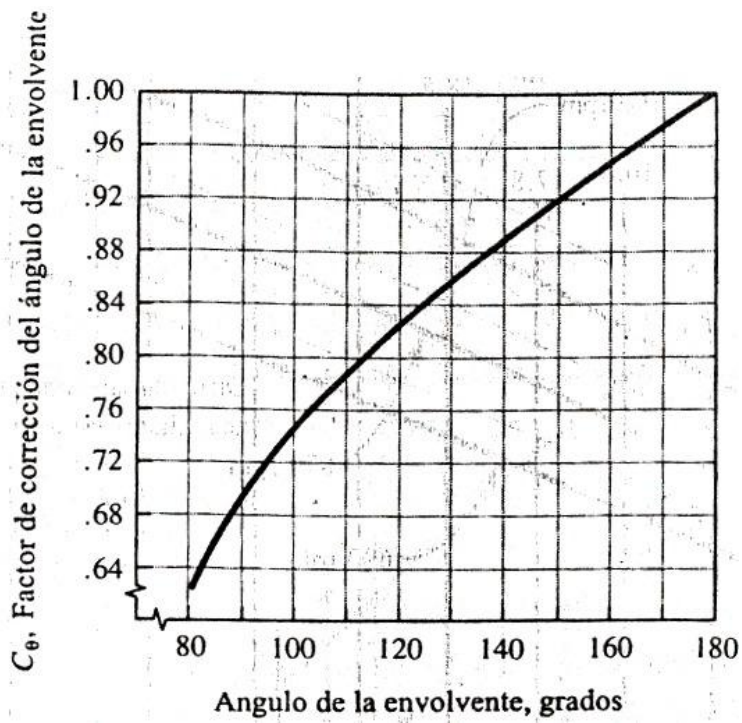


Figura 0.46: Factor de corrección del ángulo de la envolvente, C_0

Paso 9. Cálculo de la potencia nominal corregida por banda y la cantidad de bandas necesarias para manejar la potencia de diseño:

$$\text{Potencia corregida} = C_{\theta} \times C_L \times P = 1 \times 0.84 \times 1 = 0.84HP$$

Número de bandas= $1/0.84= 1.16$ que equivale 1 banda.

Resumen de diseño

- ✚ Entrada: motor eléctrico, 0.5 hp a 1700 rpm
- ✚ Factor de servicio: 2
- ✚ Potencia de diseño: 1 hp
- ✚ Reductor de velocidad entrada= 1420 rpm
- ✚ Reductor de velocidad de salida= 12 rpm
- ✚ Banda: sección 3Vx, 28 pulgadas de longitud, 1 banda.
- ✚ Polea: motriz, 1.38 pulg de diámetro, 3Vx; conducida 4.21 pulg de diámetro, 3 Vx.
- ✚ Distancia entre centros: 10 pulg.

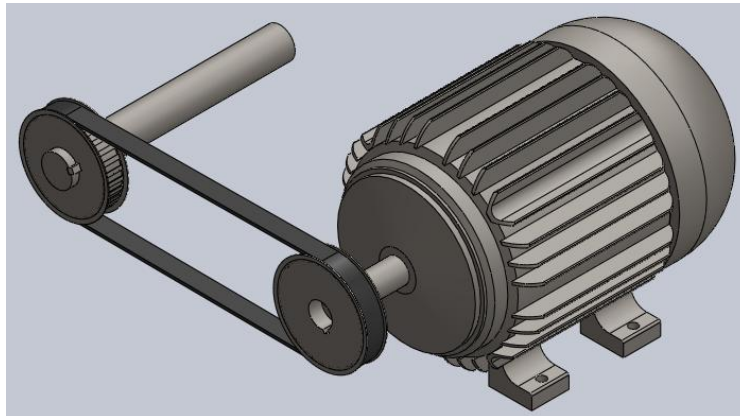


Figura 0.47. Mecanismo de Agitación.

2.18 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA EL MECANISMO DE AGITACIÓN.

La principal función de esta estructura es soportar el peso del mecanismo de agitación que incluye motor sistema de reducción (poleas) mecanismo biela manivela corredera, se considera el peso total del todo el conjunto para el análisis de la condición máxima de esfuerzos y construida en acero ASTM A 36 SAE 1008, se escogió este material porque tiene un punto mínimo de resistencia de cedencia de 36 ksi, el cual es suficiente para la aplicación que se necesita, además en el mercado nacional en forma de perfiles o ángulos, para este caso se utilizó ángulos cuyas medidas están en el ANEXO D-2.

Además se debe tomar en consideración la altura desde el suelo hasta el borde superior de la cuba para obtener un buen mecanismo de agitación.

2.18.1 TENSION DE VON MISSES.

Esta estructura tiene un esfuerzo máximo de 11.9 MPa Figura 2.48, está concentrado en el centro de los miembros estructurales que la conforman, esto quiere decir que la carga aplicada se distribuye de manera uniforme.

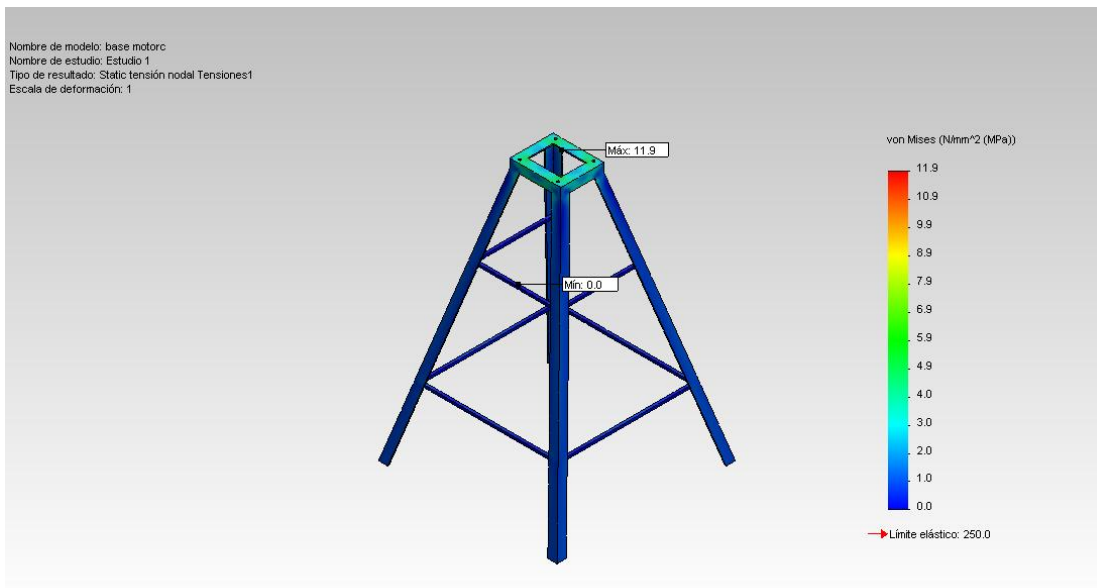


Figura 0.48: Tensión de Von Mises generada en la estructura.

2.18.2 FACTOR DE SEGURIDAD

Factor de seguridad para la estructura es mínimo de 21(figura 2.49), lo cual indicia que soportará de forma confiable todo el peso del mecanismo de agitación, en conclusión la estructura se encuentra bien realizada, su diseño y planos se encuentra en el Anexo K-25, estos fueron realizados con criterio técnico en función de la carga total.

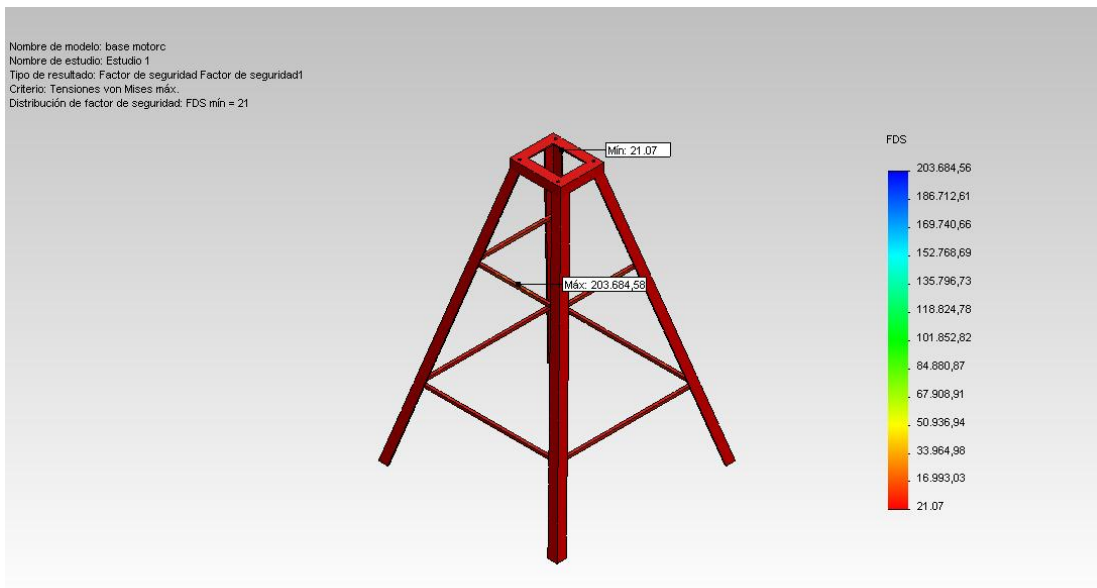


Figura 0.49: Factor de diseño de la estructura.

2.19 SELECCIÓN DEL RECTIFICADOR DE CORRIENTE.

En forma ideal, un rectificador se forma de ciertos arreglos con dispositivos electrónicos siendo uno de los no menos importantes el diodo rectificador el cual es un interruptor cerrado cuando tiene polarización directa y un interruptor abierto cuando tiene polarización inversa. Por esta cualidad, es útil para convertir corriente alterna en corriente continua.

La característica esencial que distingue a un rectificador de todos los otros aparatos eléctricos es que su resistencia al flujo de corriente en una dirección es mayor que su resistencia en la otra dirección.

Si se inserta un elemento rectificador sencillo en un circuito cerrado que incluya un potencial de corriente alterna, el rectificador impedirá el flujo de corriente en una

dirección y presentara una impedancia menor en la otra dirección de manera que resultara un flujo de corriente pulsatoria unidireccional. Esto describe a la rectificación monofásica de media onda, el cual es el circuito más simple que puede convertir corriente alterna en corriente continua (ver Figura 2.50). Además del rectificador de media onda existe el rectificador de onda completa y el rectificador de puente.

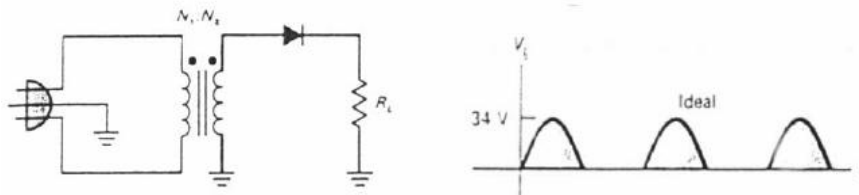


Figura 0.50: Circuito rectificador y señal de media onda.

Para los procesos de acabado de los metales se requieren comparativamente bajos voltajes y corrientes elevadas, utilizando elementos rectificadores semiconductores tales como germanio, silicio, etc.

Rectificadores de germanio: En cualquier caso, excepto para ciertas aplicaciones bastante alejadas del acabado de los metales, el germanio ha sido sustituido actualmente por el silicio. En la actualidad, para trabajos de acabado de los metales, solo necesitan ser considerados los elementos rectificadores de silicio.

Rectificadores de silicio: Los elementos de silicio tienen un voltaje inverso de servicio mucho mayor que las celdas individuales de selenio. Esto junto con la baja caída de voltaje directo, cuenta para la sensacional eficiencia de conversión de corriente alterna a corriente continua.

Todas las unidades rectificadoras comerciales para el acabado de los metales son equipadas habitualmente con un voltímetro y un amperímetro, ambos de corriente continua. Estos indican el voltaje y la corriente terminal, respectivamente. De modo invariable, los medidores son del tipo de bobina móvil, los cuales indican valores promedios proporcionando en esta forma la clase de información que se desea.

Cuando hay una distancia considerable entre la unidad rectificadora y el tanque donde se hace el trabajo, puede haber una apreciable caída de voltaje en las barras conductoras que conectan la unidad rectificadora al tanque.

El voltaje de salida especificado, cuando se planea la compra de unidades rectificadoras; debe tomar en cuenta los procesos en los que se intenta usar las unidades y debe recordarse también que muchos fabricantes de rectificadores han estandarizado o normalizado ciertos voltajes.

La capacidad de corriente especificada debe, por supuesto, estar basada en los procesos que serán usados y en la cantidad de trabajo que será manejado al mismo tiempo. La capacidad de corriente requerida no deberá ser menor que la densidad de corriente recomendada multiplicada por el área de trabajo que será tratado al mismo tiempo. Como sería de esperar, la experiencia ha demostrado que es mucho mejor especificar una capacidad de corriente algo mayor que la que ha sido calculada.

Para instalaciones de 380-1500Lt. (100-400 gl) debe tener un rectificador de 18 V, mientras que 24 V es recomendado para 1.900 -19.000 Lt Para aplicaciones superficiales a 19.000 Lt.se requiere de 30 a 50 V. El amperaje del electropulido debe ser suficiente para manejar cargas de trabajo de 15 a 50 A/ dm²

Una regla general es la que indica que es necesario 4 Lt. De baño por cada dos 2 a 4 amperios de corriente que pasa través del electrolito.

2.19.1 CÁLCULOS DEL EQUIPO TRANSFORMADOR RECTIFICADOR CON SILICONES.

Primario

- ✚ Voltaje 208 V
- ✚ Amperaje 96 A.
- ✚ Potencia 28KW
- ✚ Fase 3

Secundario

- ✚ Voltaje 12 V.
- ✚ Amperaje 2000 A.
- ✚ Ciclo 60

Potencia del rectificador:

$$I_N = \frac{\frac{P}{f_p}}{3 \times V} \quad \text{Ec. 0.61}^{29}$$

$$I_N = 86.45 \text{ A.}$$

²⁹ Harper. E. (1995) Elementos de diseños de las instalaciones eléctricas. 2da edición. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.

Donde:

P= Potencia (KW).

fp= Factor de potencia.

V= voltaje.

$$I_N = \frac{\frac{28000}{0.85}}{3 * 220} = 86.45 \text{ A.}$$

A este amperaje se le debe añadir el 30% de sobrecargas + el 30% de armónicos
Así que el amperaje será igual a 138.32 A.

En el ANEXO D-3 se elige el conductor número 4AWG.

2.20 DISEÑO DEL EXTRACTOR DE GASES.

2.20.1 DEFINICIONES.

PRESIÓN.

El aire, para circular, necesita de una determinada fuerza que le empuje. Esta fuerza, por unidad de superficie, es lo que se llama Presión. Existen tres clases de presión:

a. Presión Estática, Pe.

Es la que ejerce en todas las direcciones dentro del conducto, en la misma dirección del aire, en dirección contraria y en dirección perpendicular, sobre las paredes del mismo. Si el conducto fuese cerrado, como un recipiente con el aire en reposo, también se manifestaría este tipo de Presión. La Presión Estática puede ser positiva, si es superior a la atmosférica o bien negativa, si está por debajo de ella.

b. Presión Dinámica, Pd.

Es la presión que acelera el aire desde cero a la velocidad de régimen. Se manifiesta solo en la dirección del aire y viene relacionada con la dirección del mismo. La Presión Dinámica es siempre positiva.

c. Presión total, Pt.

Es la presión que ejerce el aire sobre un cuerpo que se opone a su movimiento.

$$\mathbf{Pt = Pe + Pd \quad Ec. 0.62}$$

VENTILACION LOCALIZADA.

Cuando en un local se originan gases, olores y polvo, aplicar al mismo los principios de la ventilación general puede originar algunas problemáticas concretas como una instalación poco económica y en algunos casos poco efectiva debido a los grandes volúmenes de aire a circular.

En consecuencia, siempre que ello sea posible, lo mejor es solucionar el problema de contaminación en el mismo punto donde se produce mediante la captación de los contaminantes lo más cerca posible de su fuente de emisión, antes de que se dispersen por la atmosfera del recinto y sea respirado por los operarios.

Las aspiraciones localizadas pretenden mantener las sustancias molestas o nocivas en el nivel más bajo posible, evacuando directamente los contaminantes antes de que estos sean diluidos.

Una de las principales ventajas de estos sistemas es el uso de menores caudales que los sistemas de ventilación general, lo que repercute en unos menores costes de inversión, funcionamiento y calefacción.

Por último la ventilación por captación localizada debe ser prioritaria ante cualquier otra alternativa y en especial cuando se emitan productos tóxicos en cantidades importantes.

a. Ventilación localizada: captado de los contaminantes

b. Ventilación general: dilución de los contaminantes.

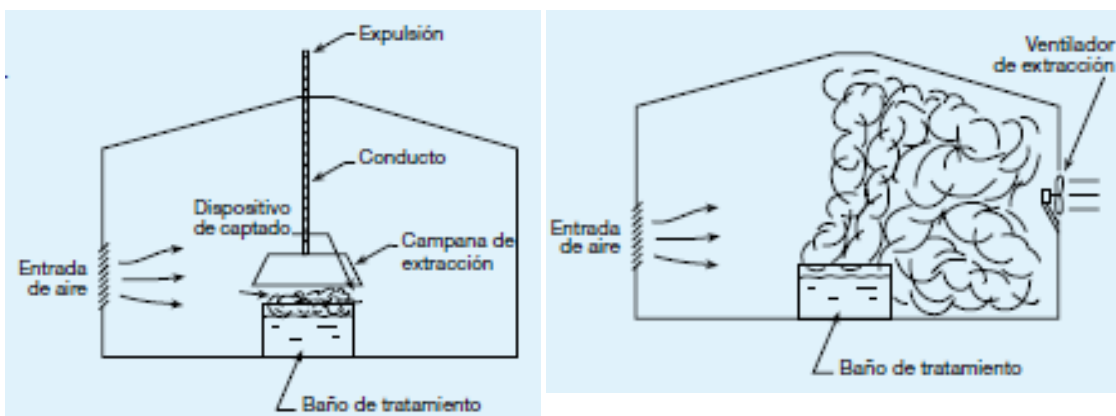


Figura 0.51: Tipos de Ventilación.

2.20.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LA CAPTACIÓN.

El rendimiento de una extracción localizada depende, en gran parte, del diseño del elemento de captación o campana. Se indican a continuación un conjunto de reglas para el diseño de los mismos:

- ✚ Colocar los dispositivos de captado lo más cerca posible de la zona de emisión de los contaminantes.

La eficacia de los dispositivos de aspiración disminuye muy rápidamente con la distancia.

- ✚ Instalar el sistema de aspiración para que el operario no quede entre éste y la fuente de contaminación.

Las vías respiratorias del trabajador jamás deben encontrarse en el trayecto del contaminante hacia el punto de aspiración.

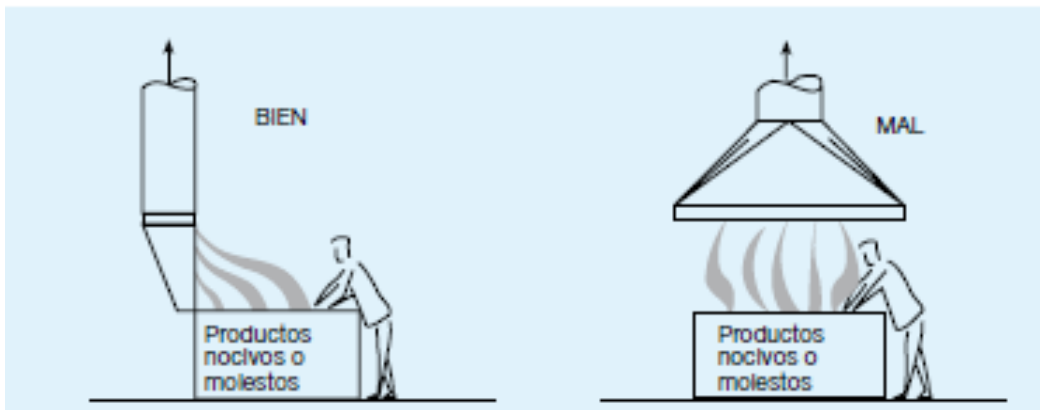


Figura 0.52: Sistema de Aspiración.

2.20.3 CIRCULACIÓN DE AIRE POR CONDUCTOS.

Para ventilar un espacio, un recinto o una máquina, ya sea impulsando aire o bien extrayéndolo, es muy frecuente conectar el ventilador/ extractor por medio de un conducto, una tubería, de mayor o menor longitud y de una u otra forma o sección.

El flujo del aire por tal conducto absorbe energía del ventilador que lo impulsa/ extrae debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso.

La rentabilidad de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida. Como el consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión total P_t a que trabaja, se puede constatar que, de no cuidar el diseño de una canalización, puede darse el caso de gastar mucha más energía de la necesaria.

2.20.4 PÉRDIDA DE CARGA.

A la presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto, que es la que determina el gasto de energía del ventilador, se le llama pérdida de carga. Se calcula a base de la longitud de la conducción, el llamado diámetro hidráulico, la velocidad y densidad del aire y el coeficiente de frotamiento, de la rugosidad de las paredes, de las dimensiones y la disposición del mismo.

TRAMOS RECTOS.

La forma práctica de hacerlo es recurriendo a nomogramas confeccionados en base a todo el bagaje técnico necesario y son válidos para conducciones con la rugosidad corriente en materiales habitualmente usados.

2.20.5 PROCESO PARA DECIDIR UN SISTEMA DE VENTILACION.

Se indica paso a paso el camino a seguir para culminar una ventilación:

a. Decidir el sistema más idóneo:

La ventilación localizada es para controlar la contaminación en los lugares donde se genera.

- b. Calcular la cantidad de aire, el caudal del mismo necesario.
- c. Estudiar si es posible la descarga libre, esto es, lanzar fuera el aire contaminado a través de un cerramiento, pared o muro.
- d. En el caso de tener que descargar en un punto lejano, calcular la pérdida de carga de la canalización necesaria, con todos sus accidentes: captación, tramos rectos, codos, expansiones, reducciones, obstáculos, etc., hasta alcanzar la salida.
- e. Consultar un catálogo de ventiladores para identificar cuáles de ellos contienen en su curva característica el punto de trabajo necesario: Caudal-Presión.
- f. Escoger el ventilador adecuado atendiendo, además del punto de trabajo, al ruido permitido, al voltaje de alimentación, a la regulación de velocidad (si es necesaria) a la protección (intemperie), posibilidades de instalación y, naturalmente, al coste.

2.20.6 CÁLCULO DEL CAUDAL CFM (PIES³/MIN).

$$Q = 3600 \times v \times S \quad \text{Ec. 0.63}$$

Donde:



Q (m³/h) = Cantidad o Caudal de aire que circula.

S (m²) = La sección del conducto.

v (m/s) = La Velocidad del aire.

Considerando que la velocidad de captación de los vapores es suficiente con 1m/seg (según la tabla 2.12).

Tabla 0.12: Velocidades de Captación.³⁰

Únicamente gases y vapores	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/seg
	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanque. desengrasado	0.25 – 0.5
	Desprendimiento a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia.	0.5 - 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire	Cabinas de pintura	1 - 2.5
Con partículas sólidas en suspensión	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire	Trituradoras.	1 – 2.5
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado. Rectificado	2.5 - 10
Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:			
Inferior		Superior.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pocas corrientes de aire en el local. 2. Contaminantes de baja toxicidad. 3. Intermitencia de las operaciones. 4. Campanas grandes y caudales elevadas. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Corrientes turbulentas en el local. 2. Contaminantes de alta toxicidad. 3. Operaciones continuas. 4. Campanas de pequeño tamaño. 	

³⁰ Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012]

La campana en cuestión deberá absorber un caudal según la ecuación 2.64:

$$Q \text{ (m}^3\text{/hora)} = 3600 \times L \times H \times V$$

Donde:

L= longitud de la cuba: 1.5m

H= altura de la campana a la cuba: 0.05m

$$Q = 3600 \times 1.5 \times 0.05 \times 1 \text{ (m/s)}$$

$$Q = 270 \text{ m}^3\text{/hora}$$

Considerando que la velocidad de captación de los vapores es suficiente con 1 m/seg, la velocidad de aire en el ducto se decide en $V_c = 10$ m/seg (tabla 2.13) con lo que se puede determinar por medio de la gráfica de la Figura 2.53 que la presión dinámica en el mismo será:

$P_d = 6$ mm c.d.a (milímetros de columna de agua).

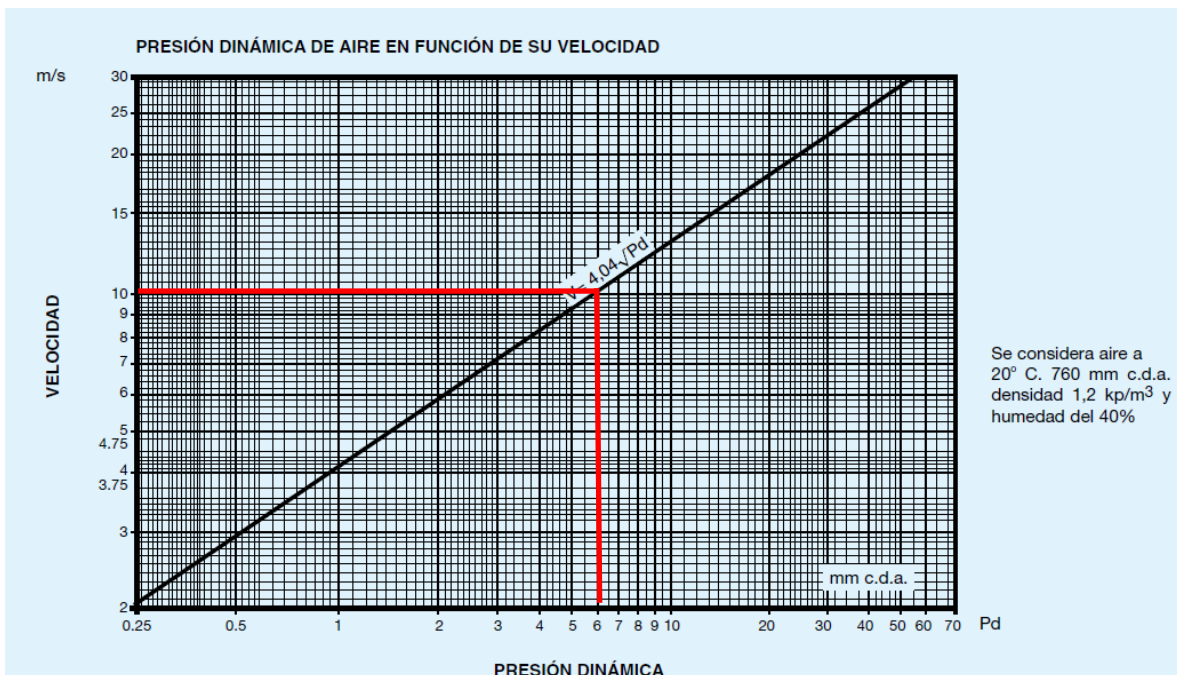


Figura 0.53: Presión Dinámica de Aire en función de su velocidad.

Tabla 0.13: Gama de los valores mínimos de transporte de aire contaminado en las condiciones.³¹

Gases, vapores		5 a 6 (*)
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio 7 a 10 (*)	
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón.	10 a 13
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, de baquelita; felpas de yute; polvos de algodón, de jabón.	13 a 16
Polvos industriales medios	Abrasivo de lijado en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo; embalaje o pesada de amianto en las industrias textiles.	18 a 20
Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmolde, de chorreado, de escariado.	20 a 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto- cemento, cal viva.	>23 o transporte neumático o húmedo.
(*) Generalmente se adoptan velocidades de 10 m/seg		

El diámetro del conducto circular deberá ser de acuerdo con los 270 m³/hora y la velocidad de 10 m/seg, se obtiene en la Figura 2.54. D= 100 mm, redondeando su valor a una medida comercial de 127mm o 5 pulgadas. A estos valores corresponde una pérdida de carga de 1.5 mm c.d.a. también obtenida de la misma gráfica, para todos los tramos rectos del ducto.

³¹ Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012]

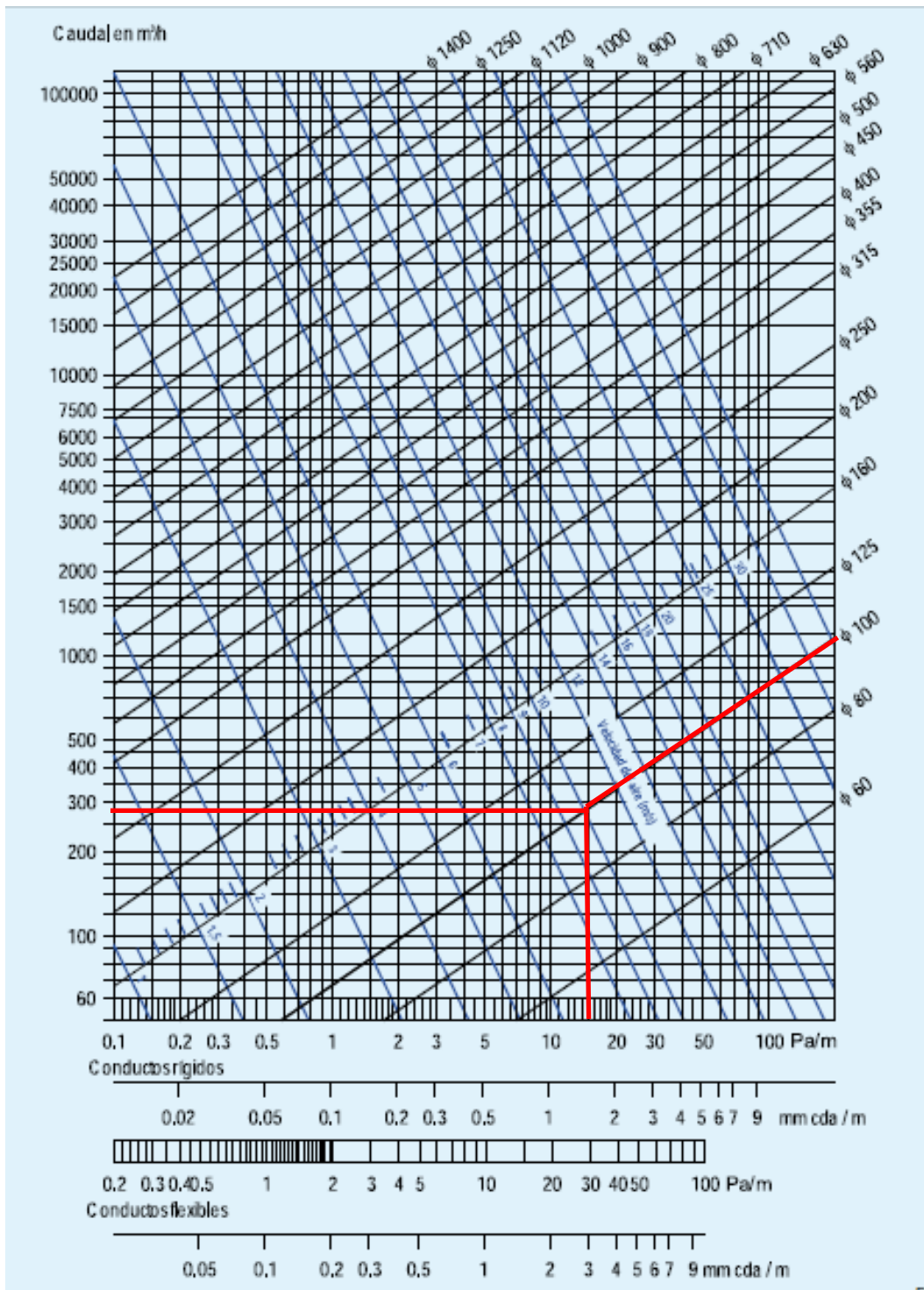
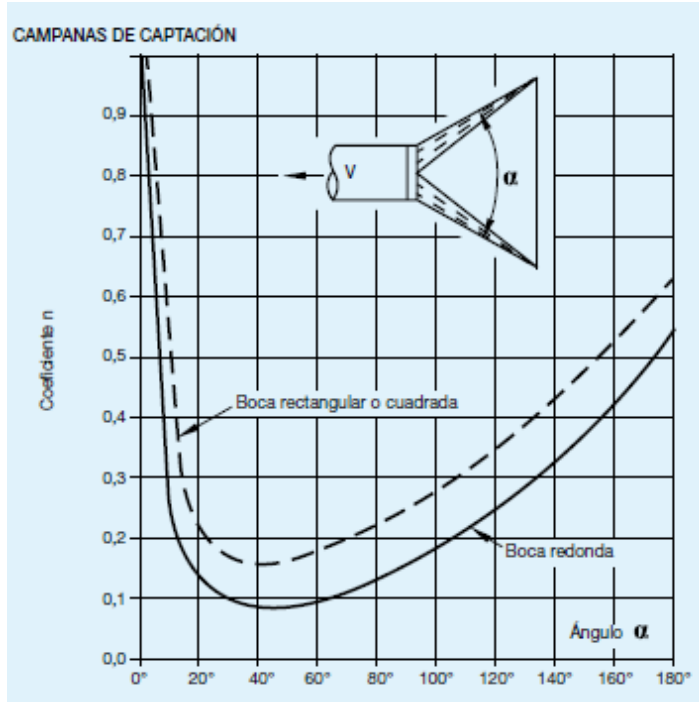


Figura 0.54: Conductos Circulares Rectilíneos Pérdida de carga por rozamiento del aire.

Los coeficientes n de pérdida de carga son:

✚ CAMPANA.



α	Coeficiente n	
	Circular	Rectangular
15°	0,15	0,25
30°	0,08	0,16
45°	0,06	0,15
60°	0,08	0,17
90°	0,15	0,25
120°	0,26	0,35
150°	0,40	0,48

Figura 0.55: "n" Coeficiente de pérdida de carga de campanas de captación.³²

Campana: $n = 0.35$, según figura 2.55.

³² Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012]

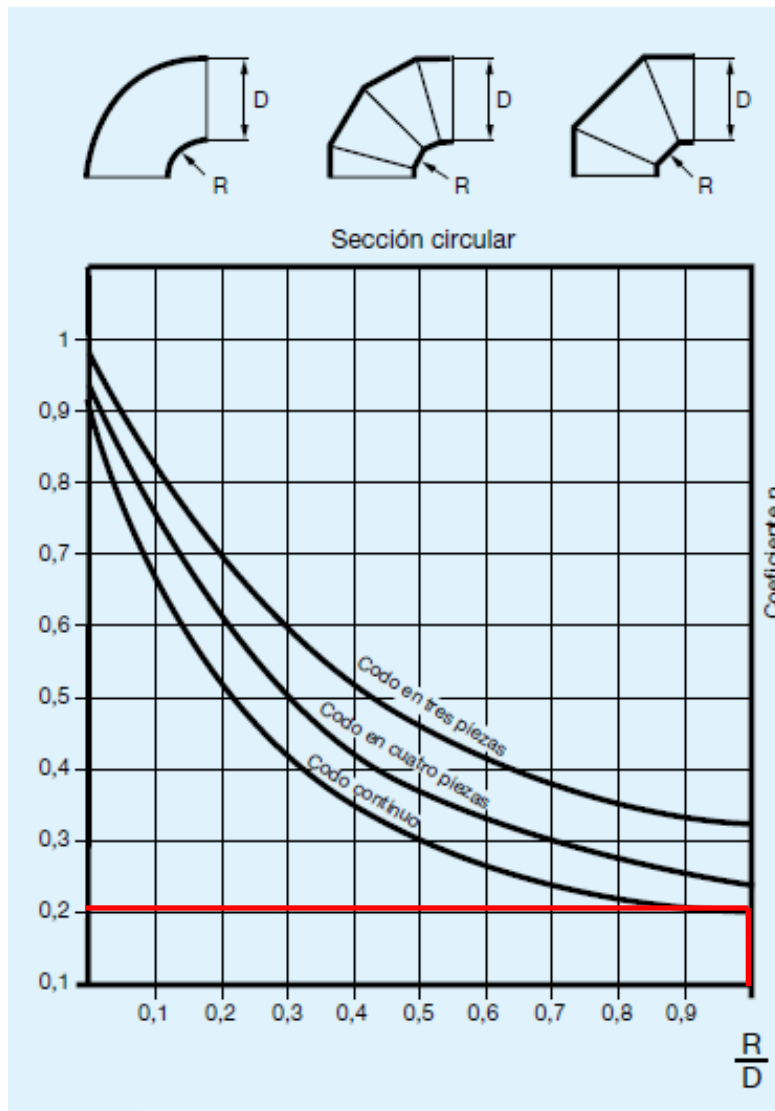


Figura 0.56: "n" Coeficiente de pérdida de carga de sección circular.³³

Codos continuo: $n = 0.2$, si el radio interior es igual al diámetro según figura 2.56.

³³ Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012]

✚ SOMBRERETE

D= diámetro del ducto es 6 pulgadas. Por lo tanto la altura de la techera es de 6pulgadas.

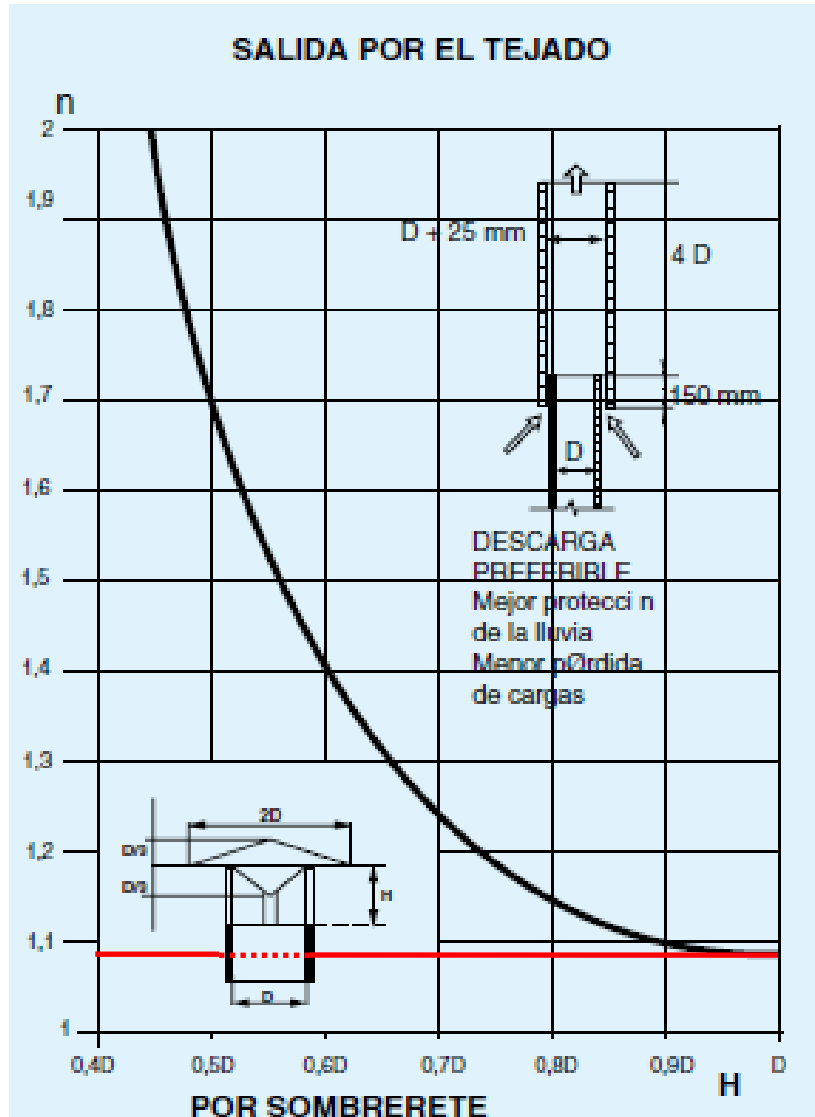


Figura 0.57: "n" Coeficiente de pérdida de carga de salida por el tejado.³⁴

$n=1.08$ para $H=D$ según figura 2.57

³⁴ Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012]

La pérdida de carga para los tramos rectos es:

$$\Delta p_{t1} = \text{Long. Conducto} \times \text{Pérdida por metro} \quad \text{Ec. 0.64}$$

Longitud del conducto es la altura desde la cuba hasta el techo en la empresa: 3.50 m.

El valor 1.5 se obtiene de la Figura 2.54

$$\begin{aligned}\Delta p_{t1} &= 3.50 \times 1.5 \\ \Delta p_{t1} &= 5.25 \text{ mm c. d. a.}\end{aligned}$$

Y la pérdida por la campana, codos y sombrerete:

Donde:

$n_1 = 1.08$ del sombrerete (Figura 2.57).

$n_2 = 0.2$ del codo (Figura 2.56).

$n_3 = 0.35$ de la campana (Figura 2.55).

$$P_{t2} = (1.08 + 0.2 + 0.35) \times 6 \quad \text{Ec. 0.65}^{35}$$

$$P_{t2} = 9.78 \text{ mm c.d.a.}$$

La pérdida de carga total de la instalación resulta ser:

$$\begin{aligned}\Delta P_t &= P_{t1} + P_{t2} \\ \Delta P_t &= 5.25 + 9.78 \\ \Delta P_t &= 15.03 \text{ mm c. d. a.}\end{aligned}$$

³⁵ Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012].

Así pues, el extractor de aire a escoger debe ser capaz de circular 270 m³/hora a través de un sistema que presenta unas pérdidas de 15.03 mm c.d.a.

2.20.7 ELEMENTOS DE UNA CAPTACIÓN LOCALIZADA.

En una captación localizada serán necesarios los elementos siguientes:

- ✚ Sistema de captación.
- ✚ Canalización de transporte del contaminante.

✚ SISTEMA DE CAPTACIÓN.

El dispositivo de captación, que en muchos casos suele denominarse campana, tiene por objeto evitar que el contaminante se esparza por el resto del local, siendo este elemento la parte más importante de la instalación ya que una mala concepción de este dispositivo puede impedir al sistema captar correctamente a los contaminante o llevar, para compensar esta mala elección inicial, a la utilización de caudales, coste de funcionamiento y de instalación excesivos. Este dispositivo puede adoptar diversas formas, tal como se observa en la figura 2.58:

Para que el dispositivo de captación sea efectivo, deberá asegurarse unas velocidades mínimas de captación. Esta velocidad se define como: la velocidad que debe tener el aire para arrastrar los vapores, gases, humos y polvo en el punto más distante de la campana. Estas velocidades se observa en la tabla 2.12.

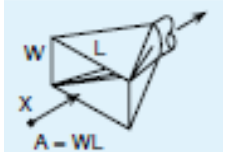

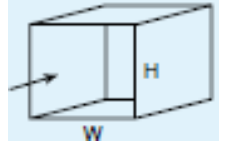
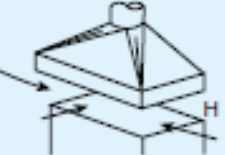
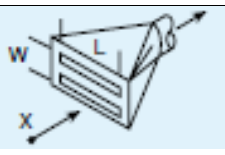
<i>TIPO DE CAMPANA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CAUDAL</i>
	Campana simple	$Q = V \times (10 \times x^2 + A)$ $A = W \times L$ V=velocidad de captación A=área W=ancho L=largo
	Campana simple con pestaña	$Q = 0.75 \times V \times (10 \times x^2 + A)$ X=profundidad
	Cabina	$Q = V \times A = W \times H$
	Campana elevada	$Q = 1.4 \times P \times V \times H$ P= perímetro H= altura sobre la operación
	Rendija múltiple. 2 o más rendijas	$Q = V \times (10 \times x^2 + A)$

Figura 0.58: Tipos de Campanas.³⁶

✚ CANALIZACIÓN DE TRANSPORTE

Una vez efectuada la captación y para asegurar el transporte del aire contaminado, es necesario que la velocidad de éste dentro de la canalización impida la sedimentación de las partículas sólidas que se encuentran en suspensión.

Así el dimensionamiento del conducto se efectuará según el tipo de materiales que se encuentran en suspensión en el aire, tal como se observa en la tabla 2.13.

³⁶ Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012].

2.20.8 FUNCIÓN DEL EXTRACTOR.

La campana de gases como los demás dispositivos de ventilación local está diseñada para hacer frente a uno o más de los tres objetivos principales:

- ✚ Proteger al usuario (campanas de extracción, cabinas de bioseguridad, cajas de guantes, cabina de flujo laminar).
- ✚ Proteger el producto o el experimento que se va utilizar.
- ✚ Proteger el medio ambiente (campanas de extracción con recirculación, determinadas cabinas de bioseguridad, y cualquier otro tipo cuando está equipado con filtros adecuados en el aire de escape).

2.20.9 MATERIAL DEL EXTRACTOR.

Estas unidades se construyen normalmente de polipropileno para resistir los efectos corrosivos de los ácidos a altas concentraciones.

Para el presente caso el material de construcción es de Polivinílico de Cloruro (PVC), para evitar la corrosión.

2.20.10 SELECCIÓN DEL EXTRACTOR.

En el proyecto se va a utilizar extractor axial ya que son los que se usan con más frecuencia y son muy eficientes.

La característica de la potencia máxima reduce la posibilidad de sobrecargar el motor o el sistema de distribución eléctrica, cuando el ventilador transporta más aire que para el que fue diseñado.

Extractor Axial.

Es la solución ideal para eliminar vapores, humedades y malos olores, a través de conducciones de pequeños diámetros situados a gran altura, con un diseño bien estético que le diferencia de los demás ventiladores.

Aplicaciones.

Renovación ambiental en espacios reducidos, ventilación en empresas.

Tabla 0.14: Características Técnicas³⁷

Modelo	Velocidad RPM	Potencia W	Tensión Volts	Caudal a descarga libre m³/ hr CFM	Presión sonora	Peso aprox. Kg
FUTURE 100	2500	13	127	95/56	40	0.5
FUTURE 120	2500	28	127	185/109	46	0.7
FUTURE 150	2450	34	127	300/176	47	0.9

³⁷ Extractor de gases (s.f) disponible <http://cata.es/es-es/catalogo/ventilacion.html> [consulta 12 de enero del 2013]



Figura 0.59: Extractor Axial

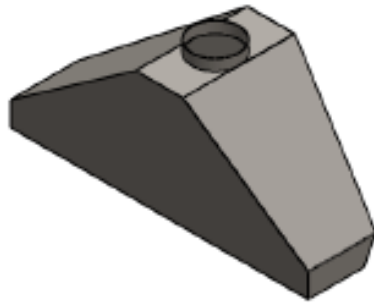


Figura 0.60: Campana Extractora (Solidworks).

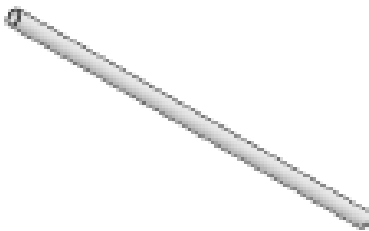


Figura 0.61: Tubo Extractor (Solidworks)

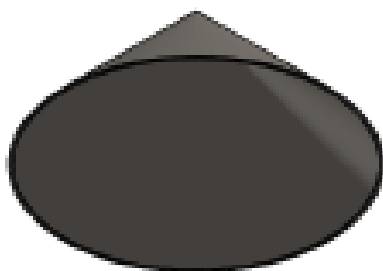


Figura 0.62: Techera (Solidworks).

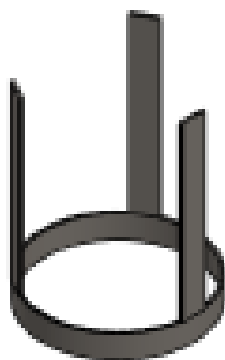


Figura 0.63: Base Extractor- techera (solidworks.)

2.21 SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL CALENTAMIENTO DEL ELECTROLITO.

Entre los factores que se consideran esenciales en la selección del medio para calentar la solución, están:

- ✚ Medio para calentamiento: Electricidad
- ✚ Tipo de serpentín: Interno (inmersión).
- ✚ Materiales de construcción: resistentes a la corrosión y compatibles con los reactivos.

La adecuada selección del medio está vinculada por consideraciones de disponibilidad y costos en el mercado. Se estableció que la temperatura de funcionamiento o de operación de los baños electropulidores oscila en el rango de 47°C hasta 60 °C.

Se pueden utilizar calentadores eléctricos de inmersión de una razón de unos 5 a 10 W/L (watts/litro)³⁸ y que sea resistente a los productos químicos que se utilizarán, se puede proceder a realizar el cálculo de la capacidad de dicho elemento. Aunque el costo del calentamiento por electricidad en muchos lugares es considerablemente más elevado que por vapor, con frecuencia se selecciona el primero por sus muchas ventajas: El control de la temperatura es fácil; estos calentadores son portátiles y de fácil instalación en los tanques.

Se tiene que el volumen se maneja es de 774 litros, entonces:

$$P = (10 \text{ W/L}) \times (774 \text{ L}). \quad \text{Ec. 0.66}$$

$$P = 7740 \text{ W} \cong 8000 \text{ W}.$$

Dado que el calentador debe ser capaz de proporcionar la energía necesaria, para incrementar la temperatura de la solución y mantenerla, así como suplir las pérdidas por transferencia al medio ambiente que se pueden generar, cuando se esté ejecutando el proceso y considerando un factor de seguridad de 2 la potencia mínima del calentador es:

$$P = 2 \times 8000 \text{ W}$$

$$P = 16 \text{ KW}$$

³⁸ Graham-Pinkerton, Manual de Ingeniería de los Recubrimientos Electrolíticos, Traducción de la Segunda Edición en Inglés, Compañía Editorial Continental S. A. México-España, Primera Edición en Español, 1967.

Con la ayuda de éste resultado se puede concluir que se necesita cuatro calefactores de cuarzo de 4000 watts para obtener un calentamiento rápido del electrolito pero por motivos de costo se puede trabajar con un calefactor de cuarzo con pre calentamiento de 4horas.

CALEFACTOR DE CUARZO.

Tabla 0.15: Datos de calefactor de cuarzo.

Marca	PROCESS TECHNOLOGY
Modelo	N 04227
Potencia	4000 watts.
Voltaje	240 V.
Amperaje 1 PH	17 A.

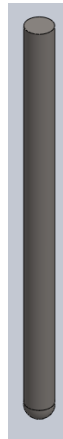


Figura 0.64: Calefactor (Solidworks).

2.22 SELECCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA.

Siempre que sea posible la temperatura deberá tomarse en forma automática; se necesitan medios calefactores para calentar hasta la temperatura de operación cuando comienza el trabajo y para mantener la misma durante el funcionamiento con cargas menores que la capacidad de la cuba.

2.22.1 TERMOSTATO

La selección de este elemento (figura 2.65) se da inicialmente por la necesidad de controlar la temperatura interior de la cuba con la sustancias químicas por medio de un calefactor de cuarzo para mantenerla caliente entre un rango de 50 – 60 °C. Por razones de disponibilidad y costo mínimo se ha seleccionado un termostato con las siguientes características.

Tabla 0.16: Datos de Placa del Termostato.

Marca	PROCESS TECHNOLOGY
Modelo	N 302LT
Potencia	12000 watts.
Voltaje	240 V.
Amperaje trifásico	30 A.



Figura 0.65: Termostato

2.23 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Para el diseño eléctrico del sistema de electropulido de materiales ferrosos se ha dispuesto tener un control manual debido al funcionamiento de acuerdo con el requerimiento de la empresa, por lo tanto se seleccionará con criterio técnico todos los elementos eléctricos para una vida útil duradera y así evitar paradas innecesarias de la máquina.

2.23.1 CONTROL MANUAL.

Este control es el más sencillo y conocido; es generalmente el más utilizado para el arranque de motores. Este tipo de control se utiliza frecuentemente con el propósito de la puesta en marcha y parada del motor.

El control manual se caracteriza por el hecho de que el operador debe mover un interruptor o pulsar un botón para que se efectúe cualquier cambio en las condiciones de funcionamiento de la máquina.

En algunos casos el control puede tener combinación de dispositivos manuales y automáticos. Si el circuito contiene uno o más dispositivos automáticos, debe ser clasificado como control automático.

2.23.2 SELECCIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS.

La elección de los contactores se la hará en función de:

- ✚ Clase de corriente (alterna o continúa).
- ✚ Voltaje de la red (V).
- ✚ Potencia del receptor (KW).
- ✚ Intensidad nominal (A)
- ✚ Voltaje de empleo para el circuito de control (V).
- ✚ Forma en que se hace el arranque.

MOTORREDUCTOR.

“El Motorreductor arrancará en forma directa, por ello se estima que la intensidad de arranque para este tipo de motores viene a ser de 6 veces la In. Para un arranque directo los contactores recomendados son de categoría AC 3”³⁹.

Tabla 0.17: Datos de Placa del motor.

Marca	SIEMENS
Potencia	1 HP
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0,79
Voltaje	220/380 V
Corriente	3.4/1.95 A
RPM	1700 RPM

³⁹ Roldán, V. J. (1999). *Cálculo y construcción de Circuitos con contactores (Ira. Edición.)*. Chile: Editorial Paraninfo. Pág. 57.

Tabla 0.18: Datos de Placa del Reductor.

Marca	SINCORN
Potencia	1 HP
Frecuencia	60 Hz
RPM	1420 RPM
RPM	47.33 RPM

La tabla 2.17 hace referencia a los datos de placa del Motorreductor, con esta información se seleccionaran los contactores para el motor en la tabla 2.19.

Tabla 0.19: Características de los Contactores.

Marca	SIEMENS
Modelo	SIRIUS
Número de polos	3
Tipo de montaje	Sobre riel DIN
Contactos auxiliares	1NA
Voltaje de bobina	220 VAC
Voltaje de operación	220 VAC

EXTRACTOR DE GASES FUTURE 150

Esta gama de extractores axiales diseñados para la renovación ambiental son la solución ideal para eliminar vapores, humedades y malos olores, a través de conducciones de pequeño diámetro situadas a gran altura, con un diseño estético que lo diferencia de los demás ventiladores.

Características principales:

Perfil extraplano, alto poder de aspiración fácil limpieza e instalación, silenciosos, seguridad eléctrica total, funcionamiento en cualquier posición, adaptable a todo tipo de decoración o ambiente.

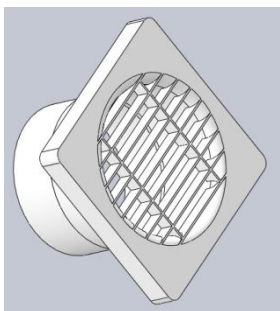


Figura 0.66: Extractor (Solidworks).

Tabla 0.20: Datos de Placa del Extractor.

Marca	S&P
Modelo	Future 150
Potencia	34 W
Voltaje	127 V
Caudal a descarga libre	300/176 m ³ /h.
Presión sonora	46 db (A).

2.24 DISEÑO DEL TABLERO DE MANDO

2.24.1 SELECCIÓN DE LOS FUSIBLES.

a. Fusible para protección del circuito de potencia.

Se puede seleccionar el fusible del circuito de potencia considerando la corriente nominal del motor trifásico de 2.48 A, sistema de calefacción 10.5 A. Con la ecuación 2.68 se determina la corriente de selección.

$$I_a = 1,8 \times (I_{pm} + I_{pc}) \quad \text{Ec. 0.67}^{40}$$

$$I_a = 1,8 \times (2.48 + 10.5) = 23.364 \text{ A}$$

Con el valor antes obtenido, en la tabla 2.21 se muestran las características de los fusibles de protección requeridos por fase.

Tabla 0.21: Fusibles para el circuito de potencia.

Marca	Legrand
Clase	gG
Punto de fusión	32 A



Figura 0.67: Fusible y porta fusible marca LEGRAND.⁴¹

⁴⁰ Roldán, V. J. (1999). *Cálculo y construcción de circuitos con contactores* (1era ed.). Chile: Editorial Paraninfo

⁴¹ Legrand S.A. (2003) *Productos y Sistemas para Instalaciones Eléctricas*. Disponible en URL: <http://.Legrand.com.mx> [consultado 12 de enero del 2013]

2.24.2 SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR MAGNETO-TÉRMICO.

Para la selección del interruptor magneto-térmico para la alimentación general se tomará en cuenta la corriente a plena carga del motorreductor además se tiene que adicionar la corriente que proviene del calefactor y del termostato.

$$I_{sc} = 1,5 \times I_{pc \text{ motor}} + I_{consumo} \quad \text{Ec. 0.68}^{42}$$

I_{sc} = corriente a plena carga del interruptor magneto – térmico.

$I_{pc \text{ motor}}$ = Corriente a plena carga del motor eléctrico

$I_{consumo}$ = Corriente que consume el sistema de calefacción.

$$I_{sc} = 1,5 \times (2.48 + 31.49) = 50.96 \text{ A}$$

Tabla 0.22: Características del interruptor magneto-térmico.

Marca	Siemens
Datos eléctricos	40A/400V
Número de polos	3
Capacidad de ruptura	10 KA



Figura 0.68: Interruptor magneto-térmico marca SIEMENS.⁴³

⁴² Enríquez Harper. *Manual de Aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas*. Primera edición. Pág. 208.

⁴³ *Interruptores magneto térmico SIEMENS* (s.f.) disponible en URL: <http://es.scribd.com/doc/36220706/Siemens-Seleccion-de-un-interruptor-termomagnetico-nota-tecnica> [consulta el 12 de enero del 2013]

2.24.3 SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

Los conductores eléctricos deben ser seleccionados o calculados, al igual que el resto de los elementos que conforman el diseño eléctrico.

Una deficiente elección de los conductores puede dar lugar a:

- ✚ Elevadas caídas de voltaje a nivel de los receptores.
- ✚ Calentamiento excesivo de los conductores.
- ✚ Coste elevado de la instalación por sobredimensionar las secciones de los conductores.
- ✚ Poner conductores de sección correcta pero con aislamientos innecesarios que encarecen el producto.

a. Conductor eléctrico del motor.

Con la ecuación 2.69, empleada para circuitos trifásicos inductivos, se puede conocer la sección del conductor requerida por el Motorreductor.

$$S = 100 \frac{\rho \times P \times L}{\% \Delta U \times U_b^2 \times \cos^2 \theta \times \eta^2} \quad \text{Ec. 0.69}^{44}$$

Donde:

S: Sección del conductor, [mm²]

ρ : Coeficiente de resistividad el cobre, [0,017 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$]

P: Potencia del motor, [746 W]

L: Longitud del cable, [20 m]

$\% \Delta U$: Porcentaje de caída de voltaje en las líneas, [2]

⁴⁴ Roldán, V. J. (1999). **Cálculo y construcción de Circuitos con contactores (1ra. ed.)**. Chile: Editorial Paraninfo. Pág. 151.

Ub: Voltaje en los bornes del motor, [V]

cos θ : Factor de potencia del motor, [0,79]

η : Rendimiento del motor, [82 %]

UL: Voltaje de la red eléctrica

$$\mathbf{U_b = U_L - \Delta U \quad Ec. 0.70^{45}}$$

$$\mathbf{\Delta U = \frac{\% \times U_L}{100} \quad Ec. 0.71}$$

$$\Delta U = \frac{2 \times 220}{100} = 4,4 \text{ V}$$

$$U_b = 220 - 4,4 = 215,3 \text{ V}$$

$$S = 100 \frac{0,0172 \times 746 \times 20}{2 \times 215,3^2 \times 0,79^2 \times 0,82^2} = 0.65 \text{ mm}^2$$

Con la sección antes determinada, el conductor adecuado para este Motorreductor es el # 12, aunque por motivos de seguridad se selecciona un conductor # 10 con designación THHN para utilizarse en lugares que se manipulen lubricantes y combustibles.

Para la selección del cable para el extractor como tiene baja potencia se selecciona el mismo número de cable que el Motorreductor.

En el anexo D-3 se puede observar las características de los conductores seleccionados.

⁴⁵ Roldán, V. J. (1999). **Cálculo y construcción de Circuitos con contactores (1ra. ed.)**. Chile: Editorial Paraninfo. Pág. 213.

b. Termostato y Calefactor.

$$S = 100 \frac{\rho \times P \times L}{\% \Delta U \times U_b^2 \times \cos^2 \theta \times \eta^2}$$

Donde:

S: Sección del conductor, [mm²]

ρ : Coeficiente de resistividad el cobre, [0,017 Ω mm²/m]

P: Potencia del motor, [4000 W]

L: Longitud del cable, [20 m]

$\% \Delta U$: Porcentaje de caída de voltaje en las líneas, [2]

U_b^2 : Voltaje en los bornes del motor, [V]

$\cos \theta$: Factor de potencia, [0,79]

η : Rendimiento [95 %]

$$U_b = U_L - \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{\% \times U_L}{100}$$

$$\Delta U = \frac{2 \times 220}{100} = 4,4 \text{ V}$$

$$U_b = 220 - 4,4 = 215,3 \text{ V}$$

$$S = 100 \frac{0,0172 \times 4000 \times 20}{2 \times 215,3^2 \times 0,79^2 \times 0,95^2} = 2.635 \text{ mm}^2$$

Con la sección antes determinada el conductor adecuado para el conjunto de calefacción es el # 12, aunque por motivos de seguridad se selecciona un conductor # 10 con designación THHN para utilizarse en lugares que se manipulen lubricantes y combustibles.

2.24.4 SELECCIÓN DE ACCESORIOS ELÉCTRICOS.

a. Selector de dos posiciones.

Con el selector de dos posiciones (figura 2.69) se podrá seleccionar el modo de operación ya sea automático o manual. En la tabla 2.23 se muestran las características del selector de dos posiciones.

Tabla 0.23: Características del selector de dos posiciones.

Marca	Camsco
Modelo	SKOS-ED33
Color	Negro
Contactos	2 NA



Figura 0.69: Selector de tres posiciones marca CAMSCO.⁴⁶

⁴⁶ *Selector de tres posiciones* (s.f) disponible en URL: <http://Camsco.com> [consulta 12 de enero del 2013]

b. Pulsadores.

Los pulsadores verdes (figura 2.70) son requeridos para poner en marcha los distintos elementos eléctricos, mientras que los rojos, el apagado de los mismos. En la tabla 2.24 se muestran las características de dichos pulsadores.

Tabla 0.24: Características de los pulsadores.

Marca	Camsco	Camsco
Modelo	FPB-BA1	FPB-BA1
Color	Verde	Rojo
Contactos	1NA	1NC



Figura 0.70: Pulsadores marca CAMSCO.⁴⁷

⁴⁷ *Pulsadores* (s.f.) disponible en URL: <http://Camsco.com> [consulta 12 de enero del 2013]

c. Luces indicadoras.

La luz verde mostrará que todo el sistema se encuentra energizado, y la roja que se activó un paro de emergencia o que el sistema está apagado. En la tabla 2.25 se puede observar las características de las luces indicadoras.

Tabla 0.25: Características de las luces indicadoras.

Marca	Camsco	Camsco
Modelo	FPB-BA1	FPB-BA1
Color	Verde	Rojo
Voltaje de operación	220 VAC	220 VAC

d. Pulsador hongo con retención.

Este pulsador tipo hongo (figura 2.71) es indispensable para el apagado o paro de todo el sistema de lavado ante cualquier emergencia. En la tabla 2.26 se hace referencia a las características de este pulsador.

Tabla 0.26: Características del pulsador hongo con retención.

Marca	Camsco
Modelo	MPB-BC2
Color	Rojo
Contactos	1NC



Figura 0.71: Pulsador hongo con retención CAMSCO.⁴⁸

2.24.5 DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA.

En circuito de potencia estará constituido por el motorreductor trifásico con arranque directo, el extractor de gases para el sistema de ventilación, el calefactor de cuarzo para el sistema de calentamiento a 60 °C de los ácidos, los fusibles de protección, el relé magneto-térmico y los contactores. En la figura 2.72 se muestra un esquema del circuito de potencia, y en Anexo J-1 los planos eléctricos.

⁴⁸ *Pulsadores tipo hongo* (s.f) disponible en URL: <http://Camsco.com> [consulta 12 de enero del 2013]

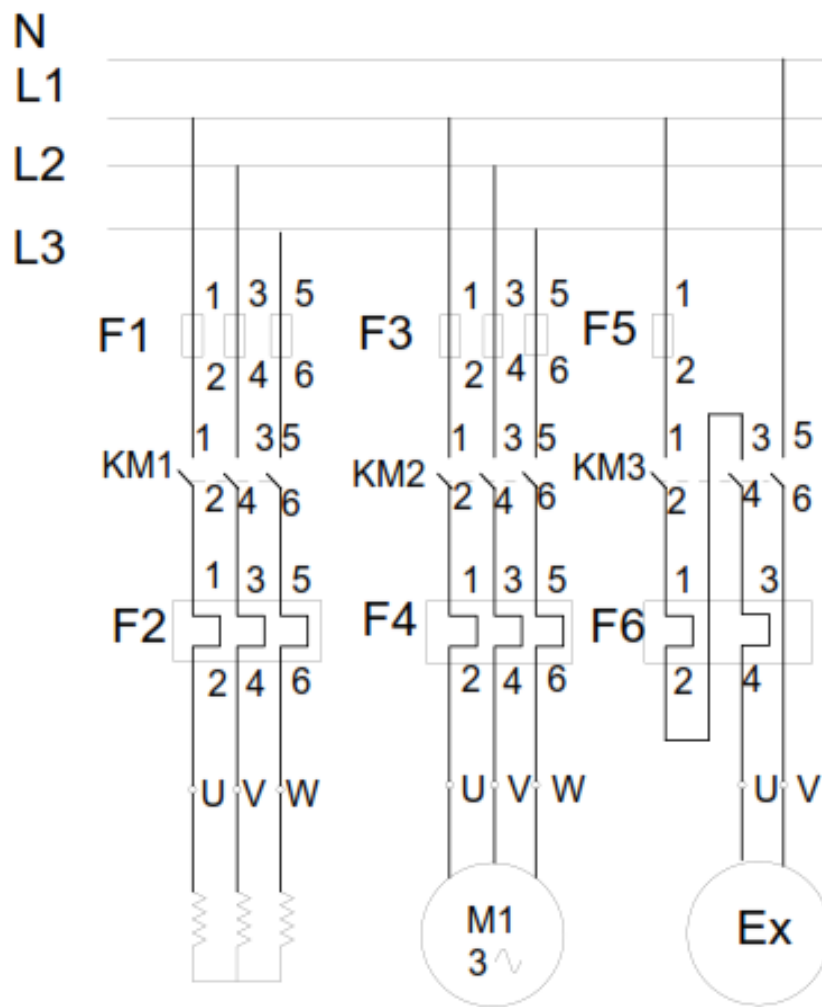


Figura 0.72: Circuito de Fuerza

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.

Una vez concluido y verificado el diseño y la selección de todos los elementos del sistema de pulido electrolítico, se procede a la construcción del mismo, para ello se utiliza como base los diferentes planos proyectados, la construcción del sistema consta de los siguientes procesos:

- ✚ Construcción mecánica.
- ✚ Construcción de la cuba electrolítica.
- ✚ Construcción de la estructura contenedora y mecanismo biela manivela corredera.
- ✚ Construcción del extractor de gases.
- ✚ Instalación de los electrodos, componentes químicos, y eléctricos.
- ✚ Montaje del sistema.

3.1 CONSTRUCCIÓN MECÁNICA.

En la construcción mecánica están presentes principios y conocimientos técnicos tales como la utilización y manejo de químicos, máquinas-herramientas, metrología, la selección correcta de los tipos de soldas y la planificación adecuada para la construcción.

3.1.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES. (ANEXO G)

En éste cronograma se describe de manera cómo se realiza la construcción de todos los elementos que forman parte del sistema de electropulido, cuba electrolítica, mecanismo biela manivela corredera, extractor de gases, parte química y el control de todo el sistema.

3.1.2 CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA PARA LAS PRUEBAS Y EXPERIMENTOS.

Para realizar las pruebas y experimentos se procede a la construcción de un prototipo de máquina para lograr obtener la sustancia deseada (tipo de ácido y su porcentaje).



Figura 0.1: Prototipo de Máquina I



Figura 0.2: Prototipo de Máquina II



Figura 0.3: Calentamiento de la Sustancia.

3.1.3 MATERIALES.

Previo a la construcción es esencial seleccionar los materiales en forma adecuada para el buen funcionamiento del sistema. A continuación se presentan detalladamente los materiales con los que se construye cada uno de los elementos:

a. Construcción de la Cuba Electrolítica.

✚ Paredes de la Cuba.

Tanto las paredes exteriores e interiores de la cuba electrolítica se construyen con planchas de acero ASTM-A 36 de 6 mm de espesor, como se muestra:

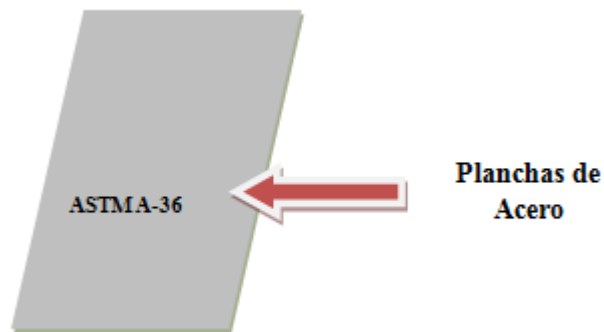


Figura 0.4: Aspecto de las Paredes de la Cuba.

b. Materiales para la Instalación y Soporte de las Piezas.

Se utiliza 4 pedazos de nylon de 0.075 m de largo x 0.06 m de ancho x 0.065 m de alto, aisladores cerámicos para diámetro de una pulgada, barras de cobre de medidas 1.53m de largo y de diámetro 1 pulgada (2 pedazos) y 1.70 m de largo y de diámetro 1 pulgada, además pegamento, grasa, ángulos de platina, bases, rodela y pernos para su debida sujeción y ajuste.



Materiales de Nylon



Aislador cerámico



Barras de Cobre



Platina, pernos, rodela.

Figura 0.5: Materiales para la Instalación.

3.1.4 TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN.

a. Trazado y Corte.

Para armar la cuba electrolítica se usan planchas de acero ASTM A-36, de medidas externas de Largo: 1.53 m, Ancho: 0.77 m, Altura 0.78 m.

Se colocan sobre la mesa de trabajo para trazar en función de las medidas de los planos proyectados. Para realizar esta operación generalmente se utiliza un flexómetro, rayador y una escuadra.



Figura 0.6: Herramientas para el Proceso de Trazado.

Luego del trazado se procede al corte de las planchas se pueden cortar con la ayuda de un equipo de corte por plasma.

Para el corte de planchas de espesor se emplea un equipo de corte por plasma. En este proceso se crea un arco eléctrico entre el electrodo y la cámara cilíndrica (boquilla) ionizando el gas circundante entre las dos piezas, posteriormente este gas ionizado (plasma) pasa a través de una tobera de diámetro pequeño, de forma que el plasma sale de la boquilla a una velocidad muy alta capaz de fundir el material a cortar y retirar las escorias y óxidos formados en el proceso. Con este proceso se obtiene cortes de gran precisión y elevada calidad de todos aquellos materiales que conduzcan la electricidad.

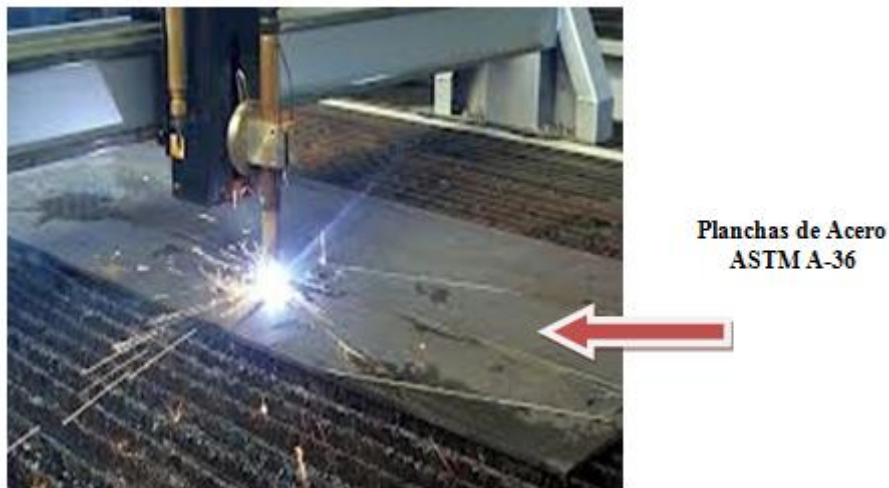


Figura 0.7: Proceso de Corte con Plasma de las Planchas de Acero.

b. Doblado.

Con las piezas cortadas se procede al doblado en las zonas donde se requiera según los planos, como es el caso de la cuba para darle la forma. Para realizar esta operación se usa una dobladora manual por su facilidad de empleo, este equipo permite doblar las planchas de acero de forma correcta, cuenta con un sistema de muelas de diferentes tamaños, las cuales permiten doblar piezas de distintas dimensiones.



Figura 0.8: Proceso de Doblado.

3.1.5 SOLDADURA DE RECIPIENTES.

Existen varios métodos para hacer juntas soldadas. En cada caso particular, la elección de un tipo de entre las numerosas alternativas, depende de:

- ✚ Las circunstancias en que ha de realizarse la soldadura.
- ✚ Los requisitos del Código.
- ✚ Los aspectos económicos.

a. Circunstancias para la realización de la Soldadura.

En muchos casos, la accesibilidad de la junta determina el tipo de soldadura. En un recipiente de diámetro pequeño (menos de 18-24 pulgadas), se utiliza una tira de respaldo, esta debe permanecer en su lugar.

En los recipientes de mayor diámetro, si no tienen registro, la última junta (de cierre) sólo puede soldarse desde el exterior. El tipo de soldadura puede ser determinado también por el equipo del fabricante.

b. Economía de la Soldadura.

Si los dos factores anteriores permiten la libre elección, la economía es el factor decisivo. Siguen algunas consideraciones relativas a la economía de las soldaduras:

La preparación de bordes en V, que puede hacerse a soplete, es siempre más económica que la preparación de juntas J o en U.

La preparación en V doble requiere sólo de la mitad del metal de soldadura depositada de la que requiere la preparación en V sencilla.

Al aumentar el tamaño de la soldadura de filete, su resistencia aumenta en proporción directa, mientras que el metal de soldadura depositado aumenta en proporción al cuadrado de su tamaño.

La soldadura de baja calidad hace necesaria la utilización de placa de mayor espesor para el recipiente. El que sea más económico utilizar soldadura de mayor resistencia y placa más delgada o lo contrario, depende del tamaño del recipiente, del equipo de soldadura, etc. Esto debe decidirse en cada caso particular.

c. Soldadura de los bornes de las placas.

A continuación se ilustra algunas juntas soldadas recomendadas para los bordes de las placas.


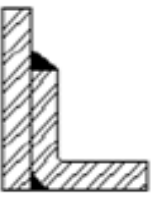
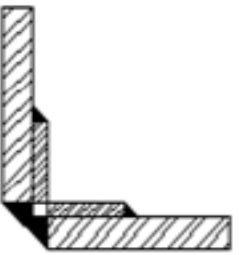
Soldadura a Tope	Base de Fondo con Doble Soldado.	Ángulo de Cerramiento de Refuerzo Soldado.
		

Figura 0.9: Tipos de uniones empleados para bordes de placa.

Los elementos atiesadores pueden soldarse al tanque con soldadura intermitente o continua y pueden colocarse en el interior o en el exterior.

d. Proceso de Soldaduras se determina (ANEXO H).

Para la unión de las piezas antes realizadas se lo efectúa por secciones:

1. Se unen las planchas de acero para formar la estructura de la cuba.
2. Se coloca las planchas de acero para formar las paredes tanto internas como externas de la cuba electrolítica.

El proceso de soldadura consiste en formar un cordón a lo largo de todas las uniones, como el perfil cuadrado de acero es de 2 mm de espesor por 6 cm de ancho, se usan electrodos recubierto E6011, presenta buena penetración y agarre, posteriormente se procede a esmerilar rebabas o cualquier otro defecto para finalmente soldar con electrodos E7018 que permite obtener un buen acabado superficial; el tipo de soldadura es a tope y en ángulo, el amperaje está comprendido entre 90 y 110 amperios.



Figura 0.10: Proceso de Soldadura con arco eléctrico.

3.1.6 ESMERILADO Y PULIDO.

Para tener un acabado superficial óptimo se procede a esmerilar las rebabas o cualquier otro defecto producido por los procedimientos de soldaduras, para esta operación se usa la amoladora con un disco abrasivo de esmerilado.



Figura 0.11: Proceso de Esmerilado y Pulido.

3.1.7 CORTE Y PEGADO DEL RECUBRIMIENTO DE PVC.

Una vez construido la cuba con las planchas de acero ASTM A-36 es necesario un debido recubrimiento ya que no resistiría porque los ácidos producirían roturas en sus paredes y una contaminación al ácido por lo que es necesario recubrirle con aplicación de lámina de PVC la cual va con adherencia y pegamento hacia la base metálica de la tina.

El orden del proceso del pegamento es:

- ✚ Aplicación del PVC en todas sus partes de acabado con suelda de PVC.
- ✚ Aplicación con pistola especial con aire caliente.
- ✚ Espesor del PVC mínimo de 4mm.

En la cual se procede a su corte de acuerdo con los planos proyectados y a sus dimensiones construidas anteriormente y finalmente al pegado en la parte interna de la cuba.



Figura 0.12: Recubrimiento de PVC.

3.1.8 PERFILES DE SOPORTE EN LAS UNIONES DE LA CUBA.

Luego del trazado se procede al corte, con refuerzo en ángulo de 4mm. Se pueden cortar con la ayuda de una sierra.



Figura 0.13: Proceso de corte con arco de sierra.

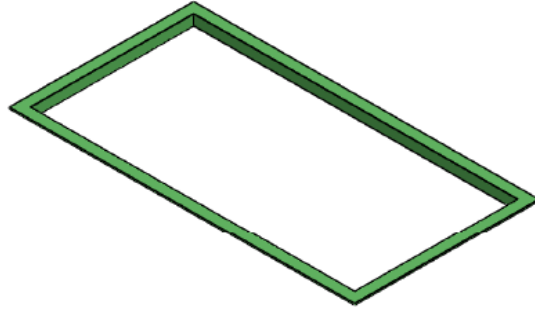
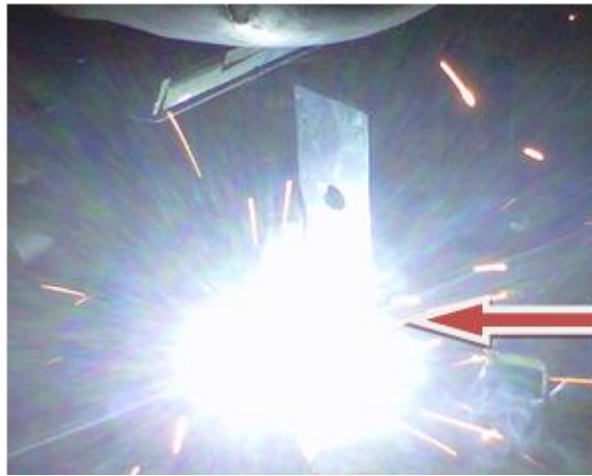


Figura 0.14: Elemento atiesador inferior.



Figura 0.15: Proceso de colocación de los perfiles.

La soldadura eléctrica MIG se utiliza para construir la base para el soporte de él aislador; se emplea este tipo de soldadura por su facilidad para unir, esta se regula de acuerdo con la necesidad, los parámetros que se modifican son el voltaje y la velocidad de salida del alambre de cobre.



Proceso de Soldadura
MIG.

Figura 0.16: Proceso de Soldadura Eléctrica MIG.



Figura 0.17: Base del Aislador.

3.1.9 TALADRADO, CORTE Y SUJECIÓN PARA EL MECANISMO DE SOPORTE.

Para fijar las barras de cobre de un diámetro de 1 pulgada que contendrán a las barras de plomo (cátodo) se necesita construir bases de nylon cortadas a 100° en la mitad en forma de V de medidas de 0.075 x 0.06 x 0.065 m, las mismas que están sujetas con pernos de acero de 3/8 x 2 pulgadas , para esta operación se usa una broca 3/8 de acero, y para fijar la barra de cobre de un diámetro de 1 pulgada que contendrán a las piezas (ánodo), y al mecanismo biela manivela corredera (agitación) se construirá una base para la colocación de aisladores cerámicos, las bases están hechos de platina de acero de 3 mm de espesor en forma de T, perforados para sujetar el aislador mediante perno de acero 3/8 x 3 pulgadas, para esta operación se usa una broca del mismo diámetro de 3/8 de acero para las platinas, el proceso requiere de 4 perforaciones en total.



Aislador de Nylon en V



Platinas de 3 mm



Figura 0.18: Proceso para el Soporte del Mecanismo.

3.1.10 ENSAMBLE.

Una vez cortadas y soldadas cada una de las partes se procede al ensamble.



Figura 0.19: Ensamble de la Cuba Electrolítica.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE.

La estructura para el soporte del mecanismo de agitación se construye con un ángulo ASTM-A 36, conectado entre sí mediante tirantes del mismo material para darle la mayor resistencia y estabilidad a la misma. Los cálculos se encuentran en el capítulo 2.



Figura 0.20: Aspecto de la Estructura Metálica.

3.2.1 MECANISMO DE AGITACIÓN.

El mecanismo de movimiento entre el motor y un eslabón se realiza a través de poleas y banda (biela manivela corredera), se escoge este sistema por la facilidad de incrementar y reducir la velocidad únicamente cambiando la relación de engranajes.



Motorreductor



Volante



Biela



Aislador

Figura 0.21: Materiales Construidos.



Figura 0.22: Ensamble del Sistema de Agitación.

Además se separó al motorreductor en Motor- reductor con la finalidad de reducir la rpm de salida para lo cual se adaptó ejes, se procedió a incorporar poleas con bandas y un templador con el fin de reducir el números de vueltas para una correcta agitación.



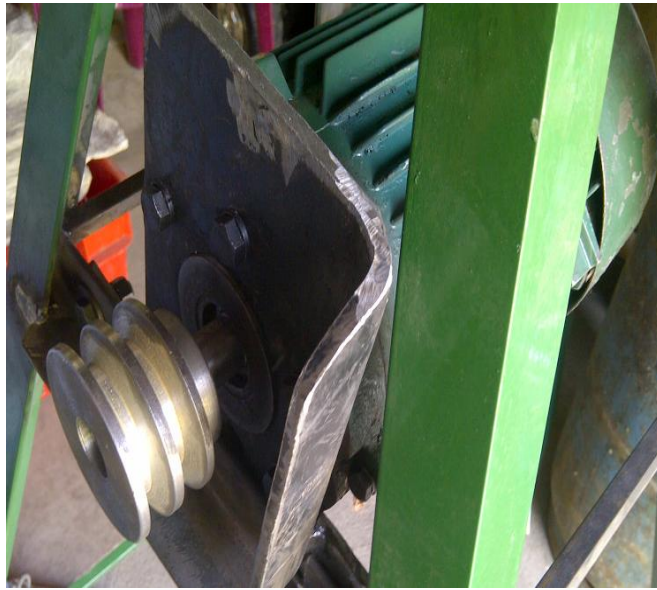


Figura 0.23: Ensamble del Motor - Reductor Mediante Bandas

3.3 CONSTRUCCIÓN DEL EXTRACTOR DE GASES.

3.3.1 DUCTOS.

Se construye los ductos con PVC de 5 pulgadas de diámetro x 3 metros de largo ya que son más resistente a emisión de gases, ácidos y a la corrosión que se genera al exponerse al medio ambiente, la cual permitirá el fluido de los gases (interior).



Figura 0.24: Aspecto de los Ductos.

3.3.2 CÁMARA DE VENTILACIÓN (CAMPANA).⁴⁹

En el capítulo 2 se estableció que el mejor método para la extracción de los gases o vapores que se pueden generar en el proceso de electropulido, es la campana de extracción lateral, por lo tanto se establecerán las principales características con los cuales debe contar este sistema para que su funcionamiento sea efectivo como se muestra en la figura 3.25.

⁴⁹ Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012]

La siguiente información es una guía en lo que respecta a la ventilación⁵⁰:

- ✚ La medida de la ranura, debe ser de 25.4 a 50.8 mm o $H=0.18D$ y de $\frac{3}{4}$ partes a igual largo del tanque.⁵¹

Donde:

H= altura de la ranura.

D= ancho de la cuba.

- ✚ La mínima cantidad de aire que se requiere para eliminar el líquido que se evapora y permanece suspendido en el aire sobre el tanque electropulidor, es igual a unos 4.24 m³/min (150 cfm ó pies cúbicos por minuto).
- ✚ Diámetro de la salida del ducto depende de las medidas del extractor axial. (ANEXO D-4).

Construida la campana con planchas de acero galvanizado ASTM-A 36 (ANEXO K-19) para la extracción adecuada y rápida de los vapores, se procede a colocar la campana mediante pernos de acero de 3/8 x 2 pulgadas a la cuba.



Extractor Axial

⁵⁰ Graham-Pinkerton, Manual de Ingeniería de los Recubrimientos Electrolíticos, Traducción de la Segunda Edición en Inglés, Compañía Editorial Continental S. A. México-España, Primera Edición en Español, 1967.

⁵¹ NTP 265: Tratamientos electrolíticos: riesgos higiénicos.



Figura 0.25: Aspecto de la Cámara de Ventilación.

3.3.3 TECHERA.

Esta sección está construida en **forma cónica** en la salida del extractor como se indica en el capítulo 2. El material de construcción es con planchas de acero galvanizado ASTM-A 36, de medidas de ancho de 10 pulgadas alto de 5 pulgadas.



Figura 0.26: Techera.

3.3.4 ENSAMBLE DE LOS DUCTOS.

Esta última sección está comprendida por la salida de la campana, codos y los ductos, estos se unen mediante silicona y el ducto está sujeto con correas de sujeción hacia el techo.



Figura 0.27: Ensamble de los Ductos de Recirculación.

Para producir un flujo en los ductos, se coloca el extractor en la parte interna de la cámara de ventilación, el cual está sujeto a regulaciones según la cantidad de aire requerida por el sistema. El extractor es de tipo axial en posición horizontal, acoplado a un soporte el mismo que se encuentra soldado a la estructura con electrodos recubiertos E6011.

Una vez ensambladas las tres secciones se finaliza la construcción mecánica del sistema para el extractor de gases, cámara contenedora, ductos y extractor.

3.4 INSTALACIÓN DE LOS ELECTRODOS Y COMPONENTES QUÍMICOS.

3.4.1 COMPONENTES QUÍMICOS.

En los componentes químicos que se utilizaron después de una serie de pruebas y experimentos con diferentes formulaciones y soluciones se llegó a la utilización de ácidos: sulfúrico y fosfórico con la finalidad de la obtención de un acabado excelente.



Figura 0.28: Componentes Químicos

3.4.2 BARRAS DE PLOMO.

PESO: 13KILOS

Gancho de ¼ de pulgada

PARTE ÚTIL (FORMA CÓNICA).

✚ Largo: 73 cm

✚ Ancho: 3.7cm



Figura 0.29: Barras de Plomo

3.4.3 CONSTRUCCIÓN DE GANCHOS.

Se procede a la construcción de ganchos para la sujeción de las piezas para electropulir. Se necesita un material resistente al ácido y al proceso de electrolisis por lo tanto el material adecuado es el titanio, debido al alto costo y escasas del producto en el mercado nacional, se utilizo varilla de cobre.

El cobre necesita un revestimiento para evitar la contaminación con los ácidos que se encuentran en la cuba. El revestimiento es de níquel ya que permite una mayor duración del material.

El dispositivo de contacto, llamado comúnmente punta de contacto del soporte, deberá ser lo suficientemente rígido para evitar que las piezas se desprendan durante el proceso y para asegurar un contacto eléctrico positivo. En la mayor parte de los casos es necesario, un contacto sencillo siempre que las piezas sean del peso suficiente para evitar que ocurra un desbalance y falsos contactos eléctricos. El diseño debe permitir colocar y retirar las probetas rápida y fácilmente.

Además, debe conducir la corriente requerida y proporcionar suficiente área de contacto sin sobrecalentar, ni ocasionar quemaduras de contacto.

El diseño apropiado de los ganchos para sostener el soporte de la barra anódica es importante. El gancho debe tener un grosor apropiado para evitar calentamiento por el efecto Joule. Se debe de diseñar de manera que haya tantos puntos o líneas de contacto eléctrico como sea razonablemente posible. En la Figura 3.30 se muestra la forma más apropiada para el diseño del gancho de contacto del soporte

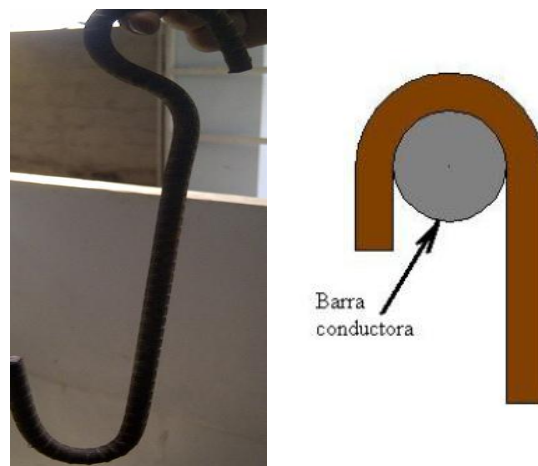


Figura 0.30: Ensamble de Ganchos.

3.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Para la instalación del tablero de control se realiza la acometida desde el tablero principal de la planta con un cable # 10 AWG, debido a que todos los elementos de control (motorreductor y termostato) tienen un voltaje nominal de 240V y el extractor de 120V.

Para esta operación se toma en cuenta todas las medidas de seguridad, para prevenir accidentes. Todos los cálculos de conductores eléctricos se encuentran en el Capítulo 2, sección 2.24.3.



Figura 0.31: Instalación del Tablero de Protección.

3.6 MONTAJE DEL SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO.

La máquina para el sistema de pulido electrolítico se encuentra conformada por cinco partes y sistemas principales. Estas partes y sistemas son:

- a. Cuba electrolítica.
- b. Estructura de soporte y sistema de agitación.
- c. Extractor de gases.
 - ✚ Ductos
 - ✚ Cámara.
 - ✚ Codo.
 - ✚ Techera.
 - ✚ Extractor.
- d. Sistema de control.
- e. Componentes químicos.

Todas las partes y sistemas son dependientes pero tienen que funcionar como un solo sistema. Se ha considerado la necesidad de que exista una permisión de montaje y desmontaje del sistema ya sea por motivos de mantenimiento o reemplazo.

a. Montaje de la Cuba Electrolítica.

Para evitar el contacto de la cuba con el suelo se procede a colocar una viga de madera que además servirá de soporte. Los cálculos de la viga se encuentran en el Capítulo 2, sección 2.12.

Para el acabado eficiente y duradero de la cuba se procede a lijar con lija de número 60 y 80 de fierro después con lija de 100 de agua y finalmente se le coloca pintura antioxidante (anticorrosiva) y pintura (verde).

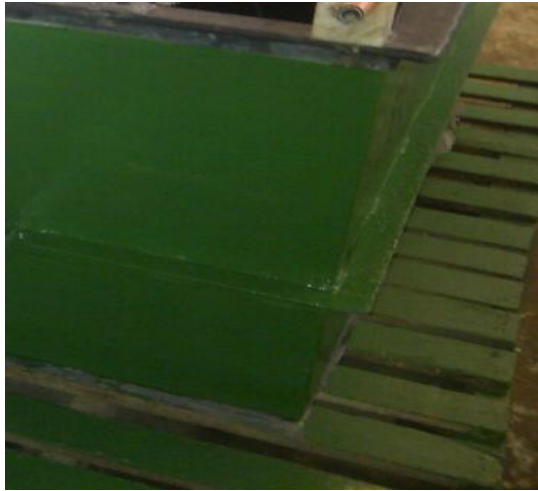


Figura 0.32: Estructura de soporte a la cuba (viga).



Figura 0.33: Lijado y pintado de la Cuba.

b. Montaje de la Estructura de Soporte y Sistema de Agitación.

Para el montaje de la estructura de soporte es necesario realizar perforaciones al piso para su posterior sujeción, mediante pernos 3/8 x 2 pulgadas, ver figura 3.35.

La sujeción para el sistema de agitación sobre la estructura contenedora mediante pernos 3/8 x 2 pulgadas.



Figura 0.34: Montaje de la Estructura.



Figura 0.35: Montaje del Sistema de Agitación.

c. Montaje del Extractor de Gases.

La instalación del sistema de extracción de gases está constituida por: la entrada del extractor y en la salida se encuentra la techera, se usa planchas de acero galvanizado (campana), tubo y codo de PVC (ductos), que facilitan el montaje y desmontaje del extractor.



Figura 0.36: Montaje de los Ductos.

La unión de los ductos a la campana se realiza por medio de silicona en la parte inferior, y en la parte superior se unirá a la techera por medio de remaches de 1/8.



Figura 0.37: Montaje de la techera.

El montaje del extractor se debe realiza en conjunto, se acopla a la campana que se unirá mediante silicona.



Figura 0.38: Montaje del Extractor.

d. Montaje del Sistema de Control.

Para la instalación del sistema de control, se sujeta el tablero de control a la cuba por medio de dos pernos de expansión de 3/8 x 2 pulgadas. Colocado el tablero de control se ubica y se asegura todos los instrumentos que intervienen en el control tanto visibles (controlador, luces de señalización y botoneras) como los ubicados sobre el Riel DIN dentro del tablero (fusibles, contactores, borneras etc.).



Figura 0.39: Montaje del Tablero de Control.

Para las realizar las conexiones del tablero de control, son necesarios ciertos accesorios eléctricos que permitan la instalación de todos los componentes que conforman el tablero de control.

Tabla 0.1: Partes y accesorios del tablero de control.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Tablero de Control de 40X40X20 (cm)
1	Selector de dos posiciones 22 mm negro CSC
3	Pulsadores luminosos verde 22 mm - 220V EBCHQ
3	Pulsadores luminosos rojos 22 mm - 220V EBCHQ
1	Pulsador Emergencia C/RET 1NC rojo CSC
3	Portafusibles 10x38 1 polo 32 A,380 V SASSIN
4	Fusibles 10x38 32A CSC
1	Luz piloto rojo 220V CSC
1	Luz piloto verde 220V CSC
1	Breaker 3 x40 Riel Din 40 A-240V-10 KA
2	Contactores LC1-D32/220V/SASSIN
1	Contactores LC1-D12/110V/SASSIN
1	Riel Din perforada
1	20 metros de Manguera anillada 1 pulgada.
1	3 metros Cable flexible THHN 2
1	10 metros Cable flexible THHN 12
1	12 metros Cable flexible THHN 10
1	3 metros de Canaleta Ranurada 25 x25 gris

3.6.1 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

En esta sección se realiza el cableado del tablero de control; para esta operación se usa el cable # 12 AWG, el cual sigue el orden del diagrama de control proyectado (Anexo J), se debe tener en cuenta el uso adecuado de contactos NO o NC, para evitar que las mismas sufran algún cortocircuito se instala fusibles de protección.

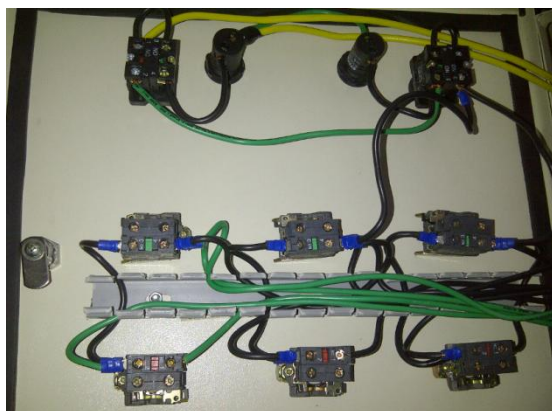


Figura 0.40: Cableado del Sistema de Control.

3.6.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE FUERZA.

Para el cableado de los actuadores se emplean cables de fuerza # 10AWG para el extractor, sistema de agitación y calefactor. Para las respectivas conexiones se sigue el orden del diagrama de Fuerza (Anexo J).



Figura 0.41: Cableado del Sistema de Fuerza.

3.7 INSTALACIÓN DEL TERMOSTATO.

Se utiliza un termostato tipo electrónico con una perilla de regulación por medio de esta se logra el control de temperatura establecida. Se ubica el termostato en la parte lateral y el sensor en la parte central inferior de la cuba. Con la correcta ubicación se tiene la certeza que en todos los puntos de la cuba tengan una temperatura homogénea.

Medidas:

✚ Ancho: 180 mm.

✚ Alto: 220 mm.

✚ Espesor: 115 mm.



Figura 0.42: Ubicación del Sensor del Termostato.

3.8 INSTALACIÓN DEL CALEFACTOR DE CUARZO.

Calefactor de titanio cuarzo de 4000 voltios de capacidad con entrada de 220V.

Medidas:

✚ Largo: 740 mm.

✚ Diámetro: 50 mm.

Pasos.

- ✚ Son muy frágiles los tubos de cuarzo y requieren cuidado al manejarse y armarse.
- ✚ Quite la cubierta en la cabeza del tubo de cuarzo para poder realizar la conexión eléctrica hacia el termostato. Finalizado la conexión debe cerrar la cubierta.
- ✚ Para la sumergir el tubo de cuarzo debe realizarse con mucho cuidado, hasta que el nivel de los ácidos cubra el 80% del tubo de cuarzo.
- ✚ Para evitar que el tubo de cuarzo se rompa al contacto con las probetas, se debe colocar el tubo de cuarzo dentro una canastilla protectora.



Figura 0.43: Calefactor de Cuarzo.



Figura 0.44: Sistema de Electropulido para Materiales Ferrosos.

CAPITULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS.

En el presente capítulo una vez concluido el diseño, construcción e implementación del sistema de electropulido, se muestran las pruebas realizadas a los elementos que conforman todo el sistema de electropulido; se realizaron pruebas químicas en base de condiciones de operación para obtener un excelente acabado de la pieza a electropulir.

También se hace un análisis técnico – económico para conocer el costo total de la máquina.

4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CUBA ELECTROLITICA.

La cuba electrolítica fue sujeta a pruebas química con diferentes ácidos, se observa y verifica que el recubrimiento de PVC de 4mm en la parte interior de la cuba electrolítica se pudo garantizar que no existe filtraciones y no se contamina la solución química, por lo cual no presenta ningún inconveniente a lo largo del proceso del electropulido.

4.1.1 COMPONENTES QUÍMICOS.

✚ Selección del electrolítico.

El electrolito seleccionado para la prueba y resultados de los materiales ferrosos para realizar la parte experimental fue seleccionado el baño electrolítico conteniendo ácido fosfórico (H_3PO_4), ácido sulfúrico (H_2SO_4). Los porcentajes de los reactivos fueron 65% y 35% respectivamente. Cabe anotar que todos los porcentajes son en peso.

Se verifica con ayuda de la balanza electrónica el contenido de la solución en peso.



Figura 0.1: Pesos de las Soluciones.

4.2 MATERIALES FERROSOS.

Para el proyecto se utiliza diferentes clases de materiales (**ANEXO A**). En la empresa se encuentra resonadores, aros de camión, tapacubos, rejillas etc.



Figura 0.2: Pieza antes de Electropulir.

Para iniciar con el proceso de electropulido las piezas antes de colocarse en la cuba electrolítica se siguió un proceso de preparación de la superficie del metal. Después del tiempo a electropulir dependiendo el tamaño de la pieza se obtuvo resultados adecuados y positivos.



Figura 0.3: Pieza después de Electropulir.

4.2.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA.

Para evaluar los efectos provocados por la temperatura sobre la rugosidad y brillo se procedió a calentar el baño electropulidor sumergiendo un calefactor de cuarzo de 4000 Watts; la temperatura se controla por medio de el termostato.

Las siguientes condiciones fueron mantenidas.

Densidad de corriente	40 A/dm ²
Densidad del electrolito	1.60 gr/cm ²
Tiempo de exposición	10 minutos (depende del tamaño de la pieza)
Temperatura	Variable de 55 °C a 65 °C

4.2.2 MEDICIÓN DE DENSIDAD.

Para evaluar la rugosidad y brillo obtenido variando la densidad de corriente, se procedió a aumentar gradualmente la intensidad de corriente del rectificador, controlada a través del amperímetro con cada uno de las probetas a electropulir.

Por lo tanto las siguientes condiciones fueron mantenidas:

Temperatura	60 °C
Tiempo de exposición	10 minutos (depende del tamaño de la pieza)
Densidad del electrolito	1.60 gr/cm ²
Densidad de corriente	Variable: 10 -30 – 40 – 50 – 60 A/dm ²

4.2.3 TIEMPO DE EXPOSICIÓN.

Otro parámetro para evaluar el comportamiento de la rugosidad y brillo de las probetas tratadas con el electropulido fue el tiempo de exposición o el tiempo necesario para alcanzar condiciones de un buen acabado y mínima rugosidad, con las siguientes condiciones necesarias:

Temperatura	60 °C
Densidad del electrolito	1.60 gr/cm ²
Densidad de corriente	40 – 20 – 60 A/dm ²
Tiempo de exposición	Variable: 7 – 20 minutos (depende del tamaño de la pieza)

4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AGITACIÓN.

El sistema de agitación fue sujeto a pruebas en vacío y en condiciones de carga, constando que el torque del motorreductor y el desplazamiento del mecanismo biela manivela corredera son las adecuadas, para efectos de electropulido.

4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN EL SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES.

Una de las incertidumbres en el diseño de este proyecto fue saber que caudal de aire se debía extraer para evitar el contacto directo de vapores de gases con el operario. Se verificó que una ventilación localizada es la adecuada para la mayor renovación de caudal de aire.

4.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

4.5.1 TABLERO DE CONTROL.

Una vez instalado el sistema de control y de fuerza se realizó las pruebas de funcionamiento:

- ✚ El tablero no debe estar energizada (botón de encendido y paro de emergencia deben estar apagados).
- ✚ Energizar el tablero con el selector en la posición ON luz verde.
- ✚ Pulsar el botón de encendido del termostato y se obtiene su correcto funcionamiento.
- ✚ De igual manera al pulsar el botón de apagado del termostato y se comprueba que se apagó.
- ✚ El mismo proceso se realiza tanto para el motor y extractor de gases.
- ✚ Al ocurrir alguna emergencia se pulsa el botón de paro de emergencia el mismo que se desactiva el proceso anterior (Se apaga la luz verde del encendido y se prende la luz roja del paro de emergencia).
- ✚ También se comprobó que el contactor del termostato se desactiva cuando llega a la temperatura adecuada.

4.6 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.

4.6.1 ANÁLISIS FINANCIERO.

El análisis financiero tiene como finalidad demostrar que existen recursos suficientes para llevar a cabo el proyecto, el mismo que tendrá un beneficio. Conocer su rentabilidad económica y social, de tal manera que asegure resolver una necesidad en forma eficiente, segura y rentable.

4.6.2 ANÁLISIS DE COSTOS.

El análisis de costos, tiene por objetivo determinar el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto. El mismo se lo realiza tomando en cuenta los costos directos y los costos indirectos.

4.6.3 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.

a. Costos de Materiales Directos.

Se denominan materiales directos a la materia prima que se utiliza para construir los elementos mecánicos que conforman la máquina de electropulido. En la tabla 4.1 se muestran los costos de materiales directos.

Tabla 0.1: Costos de materiales directos.

COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS				
N°	MATERIAL	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Plancha de acero ASTM A36 1220x2440x6 mm	5	162,94	814,7
2	Plancha galvanizada 1220x2440x6 mm	4	90,21	360,84
3	Barra de cobre de 1pulgada x 6m	1	90,00	90,00
4	Viga Madera 15 x15x15 cm	1	30,50	30,50
5	Rodillo de PVC	2	230,00	460,00
6	Tubos de Platina 6 m de largo por 4 mm espesor	4	10,30	41,20
7	Ángulo ASTM-A 569 de 40 mm x 40 mm x 3 mm	1	33.50	33.50
8	Barrila de ½ pulgada x 6 m	1	30,00	30,00
			SUB TOTAL	1860,74

b. Costos de Elementos Normalizados.

Los elementos normalizados son de libre comercialización en el mercado y no necesitan ser alterados para su uso.

Tabla 0.2: Costos de materiales normalizados.

COSTOS DE MATERIALES NORMALIZADOS				
N°	MATERIAL	CAN.	V. UNI. [USD]	V. TOTAL [USD]
1	Motorreductor, 1HP 220V/380V	1	600,00	600,00
2	Banda 3Vx	1	20,00	20,00
3	Disco de diámetro 250 Mm ,bocín ,eje (ANEXO K)	1	50,00	50,00
4	Aislador de cerámica de 1 pulgada	2	5,00	10,00
5	Nylon de 70 x 60 x 60 mm	4	10,00	40,00
6	Nylon rectangular de 100 x 70 x 30 mm	1	12,00	12,00
7	Pernos ,rodelas de presión y sujeción, grasa, lija, pega	30	0,80	24,00
8	Brocas 7/16 , 3/8	4	5,40	21,60
9	Contactador 3GMC 32 110/220V	3	33,67	67,34
10	Breaker P/Riel 5sx1340-7 3P 40A	1	22,28	22,28
11	Base leg fusible 10x38 32°	3	5,91	17,73
12	Fusible 10x38 32A/500V	4	0,25	1,00
13	Cable AWG # 10 flexible, 20 metros	1	0,8	16
14	Cable AWG # 2 flexible, 3 metros	1	1,8	5,4
15	Cable AWG #12 flexible, 30 metros	1	0,46	13,8
16	Caja metálica BEAUCOUP 40x30x20	1	31,38	31,38
17	Termocupla	1	50,10	50,10
18	Calefactor de cuarzo de 4000 Watts	1	750,00	750,00
19	Pulsador CSC 22mm 220V verde	4	3,10	12,40
20	Pulsador CSC 22mm 220V rojo	4	3,10	12,40
21	Selector 3 POS. C/RET>CTR. negro	1	3,11	3,11
22	Luz 22mm LED verde 220V CSC	1	1,70	1,70
23	Luz 22mm LED roja 220V CSC	1	1,70	1,70
24	Barras de plomo para proceso electrolítico	8	89,00	712,00
25	Canaleta ranurada gris	1	1,88	1,88
26	Extractor centrífugo	1	57,50	57,50
27	Tubo de PVC de 5 pulgadas de diámetro x 6 m	1	7,00	7,00
28	Codo de PVC de 5 pulgadas de diámetro	1	1,30	1,30
29	Ácidos: sulfúrico, fosfórico (770 litros)	1	2000	2000
SUB TOTAL				4623.29

c. Costos de Maquinado.

Estos costos tienen que ver con el valor respecto a la mano de obra directa empleada en las máquinas herramientas y equipamiento eléctrico. Dichos valores se los muestra en la tabla 4.3.

Tabla 0.3: Costos de maquinado.

COSTOS DE MAQUINADO				
N°	MÁQUINA	COSTO DE MAQUINADO	TIEMPO TOTAL [h]	COSTO TOTAL [USD]
1	Oxicorte	5	4	20,00
2	Corte por plasma	7	4	28,00
3	Taladradora	7	6	42,00
4	dobladora	4	3	12,00
5	Soldadora	6	30	180,00
6	Torno	8	25	200,00
SUB TOTAL				482,00

d. Costos de Montaje.

Estos costos están relacionados con la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada una de las partes de la máquina. Para el montaje, se considera el trabajo de 2 personas durante 4 días con una paga de \$15 diarios/trabajador, y el pago de transporte durante 4 horas de alquiler costo de \$60/hora, dando un costo total \$180.

e. Costo Directo Total.

Tabla 0.4: Costo directo total.

COMPONENTE DEL COSTO	VALOR[USD]
Materiales directos	1860,74
Elementos normalizados	4623.29
Costos de maquinado	482,00
Costos de montaje	180,00
SUBTOTAL	7146.03

4.6.4 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.

a. Costos de Materiales Indirectos.

Tabla 0.5: Costos de materiales indirectos.

COSTOS INDIRECTOS				
N°	MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL [USD]
1	Electrodos 6011-1/8" (kg)	20	3,94	78,80
2	Electrodos 7018-1/8" (kg)	40	4,25	170,00
3	Pintura anticorrosiva (gls)	1	6,55	6,55
	Pintura (verde) (gls)	1	8,00	8,00
4	Thinner (litros)	3	1,50	4,50
SUB TOTAL				267,85

b. Gastos Imprevistos.

Se relacionan principalmente con los costos de movilización de las personas y transporte de materiales. Se estima estos costos aproximadamente en 50 USD.

c. **Costo Total Indirecto.**

Tabla 0.6: Costo total indirecto.

COMPONENTE DEL COSTO	VALOR[USD]
Materiales Indirectos	267,85
Gastos imprevistos.	50,00
SUB TOTAL	317,85

4.6.5 INVERSIÓN INICIAL DE LA MÁQUINA.

Tabla 0.7: Inversión inicial de la máquina.

COMPONENTE DEL COSTO	VALOR[USD]
Costo directo	7146.03
Mano de obra directa	00,00
Costos indirectos	317,85
TOTAL	7463.88

4.6.6 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

Flujos de Caja (ANEXO F).

Para realizar los flujos de caja del proyecto se estiman los siguientes puntos:

- ✚ Las ventas estimadas para el primer año en la empresa ILN e prevé que sean de 48000,00 USD.
- ✚ Para los años siguientes se espera un incremento del 3% en costos directos e indirectos de inversión.
- ✚ En las ventas el propósito es incrementar el 20% anualmente.
- ✚ El periodo de depreciación de la máquina se ha establecido en 8 años.

4.6.7 VALOR PRESENTE NETO.

Para llevar a cabo este método, se obtiene el valor presente de los flujos netos de efectivo que se esperan de una inversión, descontados al costo de capital, y se resta el costo inicial de desembolso del proyecto.

Una inversión debe ser aceptada si su VPN es positivo y debe ser rechazada si es negativo. En el muy improbable caso de que el VPN sea cero resultaría indiferente emprender la inversión o no hacerla.

$$\text{VPN} = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{C_i}}{1+D^i} \quad \text{Ec. 0.1}$$

Donde:

K_0 : Inversión inicial.

F_{C_i} : Flujo de caja en el año i .

D : Tasa de descuento real utilizada.

i : Número de periodos de vida del proyecto.

$$\text{VPN} = \$ 3,137.15$$

La tasa de rendimiento requerida fue tomada en base al riesgo país, inflación y tasa de interés pasiva, en todas anteriores se debe utilizar el valor anual. El valor de la tasa de rendimiento requerida se muestra a continuación.

$$\text{TMAR} = \text{tasa de interés pasiva} + \% \text{ riesgo país} + \% \text{ inflación}$$

$$\text{TMAR} = (4,56 + 7,93 + 3,32)\%$$

$$\text{TMAR} = 15,81\%$$

4.6.8 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Es la alternativa más importante al VPN, la tasa interna de retorno, universalmente conocida como TIR. Con la TIR se trata de encontrar una sola tasa de rendimiento que resuma los méritos de un proyecto.

Es el descuento que establece el VAN a cero, una inversión es aceptable si la TIR es superior al rendimiento requerido. De lo contrario debería ser rechazada. Analíticamente se la determina de la siguiente forma:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{C_i}}{1+TIR^i} \quad \text{Ec. 0.2}$$
$$TIR = 26\%$$

La TIR es mayor que la tasa de rendimiento requerida (TMAR) de la inversión, por tanto, se considera que el proyecto es viable.

4.6.9 PERIODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{C_i}}{1+TIR^i} \quad \text{Ec. 0.3}$$

Para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero en ese momento se ha recuperado la inversión.

De acuerdo con el flujo de caja proyectado anteriormente se puede concluir que la compañía ILN recuperará su inversión inicial en un periodo de “4 meses”.

4.6.10 RELACIÓN BENEFICIO – COSTO (RBC).

Se determina como la relación entre valor presente neto de los beneficios (VPNB) y el valor presente de los costos (VPNC).

Para establecer el VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor inicial sin descontar, como se muestra a continuación:

$$\mathbf{RBC = \frac{VPNB}{VPNC} \quad \text{Ec. 0.4}}$$

$$\mathbf{RBC = \frac{26020,44}{7710,44}}$$

$$\mathbf{RBC = 3,37}$$

Esta razón indica que por cada dólar invertido en la construcción de la máquina se recupera 3,37 dólares de ingreso.

En la tabla 4.8, se muestra los valores limites para que un proyecto sea económicamente viable.

Tabla 0.8: Valores limites para que el proyecto sea económicamente viable.

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	VPN>0
TIR, %	TIR>D
PRI, Años	PRI<n
RBC	RBC>1

La tabla 4.9, se muestra los valores obtenidos en el análisis financiero realizado al proyecto, determinando que es económicamente viable.

Tabla 0.9: Valores obtenidos durante el análisis financiero.

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	3,137.15 >0
TIR, %	26 % > 15,81
PRI, Años	4 meses < 8 años
RBC	3,37 >1

4.6.11 INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO.



El VPN calculado anteriormente es de \$ 3137,15 y la TIR del 26%. Por tanto la inversión es aceptada y se ratifica la viabilidad de realizar la inversión en la construcción de la máquina de electropulido.

El periodo de recuperación de la inversión es de 4 meses, siendo de gran satisfacción para los propietarios de la compañía, lo que promueve el desarrollo de nuevos proyectos de construcción.



Con los datos obtenidos y comparándolos con los límites aceptables se llega a la conclusión de que el proyecto es totalmente viable siendo de gran beneficio para la empresa “INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA” con un periodo de recuperación de la inversión a corto plazo.

4.6.12 PULIDO MECÁNICO VS ELECTROPULIDO



Material: Tubos.

Pulido Mecánico	Electropulido
<p data-bbox="521 468 605 495">30 min</p> 	<p data-bbox="1084 468 1153 495">7 min</p> 

Material: Resonadores.

Pulido Mecánico	Electropulido
<p data-bbox="526 1222 600 1249">1 hora</p> 	<p data-bbox="1078 1222 1153 1249">20 min</p> 

Material: Aro de llanta (160lbf)

Pulido Mecánico 1 día	Electropulido 2 horas
	

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- ✚ La construcción de la cuba electrolítica es aislable o dieléctrica; se realizó con planchas de acero ASTM A-36, de medidas externas largo: 1.53m, ancho: 0.77m, altura: 0.78m.

Es necesario un recubrimiento interno de lámina de PVC de 4.5mm de espesor para soportar los ácidos (sulfúrico y fosfórico), altas temperatura de 100 °C y evitar la contaminación y corrosión del ácido con la cuba.

- ✚ Para el cálculo del electrolito, se tomó en cuenta el tipo de material ferroso para lo cual se eligió ácidos sulfúricos 35 %, y ácidos fosfóricos 65%.

- ✚ La selección y determinación de los ácidos correspondió a una serie de pruebas efectuados durante el proceso y con diferentes recetas y formulaciones probadas llegando a elegir el ácido sulfúrico y fosfórico.

- ✚ Anteriormente se utilizaba un pulido mecánico con un alto costo de mano de obra, insumos y consumo de energía, el aro de llanta se demoraba un tiempo de producción de 24 horas promedio en pulir mecánicamente y con mano de obra de tres personas, y con ayuda de material base, rodillos, pulidoras.

Con el electropulido se mejora el tiempo de producción de 2 horas así se disminuyó la inversión económica, material de aporte y mano de obra y se obtiene una pieza con un excelente acabado libre de rugosidad y con alto brillo (Anexo I).

- ✚ La selección del termostato se da inicialmente por la necesidad de controlar la temperatura entre un rango de 50-60 °C en el interior de la cuba, por medio de un calefactor de cuarzo cuya potencia es de 4000 Watts, con un voltaje de 240 V y de marca PROCESS TECHNOLOGY.

- ✚ Para obtener un buen acabado superficial libre de irregularidades y con brillo es necesario proceder a una preparación de superficies, que tiene por finalidad eliminar toda presencia física o química sobre la superficie a ser tratada. Y de acuerdo a los diferentes factores de operación se mejora el acabado y por ende la calidad del producto.

- ✚ Se implementó en la parte eléctrica de control: Contactores 3GMC 32A 110/220V, breaker p/Riel 3p 40 A, fusible 10x38 32A/500V, base leg fusible 10x38 32 A, pulsador CSC 22mm 220V, termostato 12000W, selector 3 POS. En la parte mecánica: Motoreductor de 1hp con 220 V a12rpm, extractor de gases axial de176CFM. En el componente Químico: Ácidos sulfúrico y fosfórico.

- ✚ Se instaló el sistema de extracción de gases que está constituida por el extractor axial ya que son los que se usan con más frecuencia y son muy eficientes. La característica de la potencia máxima (34 Watts) reduce la posibilidad de sobrecargar el motor o el sistema de distribución eléctrica, cuando el ventilador transporta más aire que para el que fue diseñado, con un caudal a descarga libre de 176CFM y una tensión de 127 V.

- ✚ Las normativas de seguridad laboral permitirán garantizar el bienestar de los trabajadores, mejorando las condiciones de salud laboral además de crear conciencia en cuanto al cuidado que se debe tener en cuanto al uso de químicos

- ✚ El análisis económico arroja resultados positivos con lo cual se demuestra que el proyecto es factible de realizarse, observando que la inversión será recuperada a partir del cuarto mes de realizado la tesis.

- ✚ El software SolidWorks permite visualizar, simular y analizar el comportamiento de un mecanismo en condiciones lo más aproximadas a la realidad antes de su fabricación. Lo cual permite corregir errores antes de que estos se presenten en el mecanismo ya construido lo que resultaría costoso e incluso peligroso, y es precisamente la principal ventaja de la simulación virtual la posibilidad de realizar las correcciones necesarias para la construcción.

- ✚ Se ratifica la viabilidad de la inversión en la construcción de la máquina lavadora con un VPN de \$3137,15 y la TIR de 26%, asegurando un periodo de recuperación de 4 meses, siendo de gran satisfacción para los propietarios de la empresa.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✚ Realizar un adecuado mantenimiento a los equipos empleados en el proceso, de tal manera que pueda prolongarse la vida útil y no cause inconvenientes con los materiales procesados.
- ✚ Para un mejor control de la composición del baño es necesario un análisis químico adecuado que indique la cantidad de reactivos requeridos para mantener el nivel de operación. Si el metal removido permanece disuelto en el electrolítico parte de la solución puede ser decantada en intervalos regulares y reemplazados por electrolito fresco.
- ✚ Se recomienda realizar una investigación profunda en cuanto a los diferentes recubrimientos superficiales empleados en la actualidad para los diferentes materiales.
- ✚ Hay que procurar que la temperatura del baño no se eleve más de 60 °C durante el proceso, ya que al elevarse la misma reduce notablemente el rendimiento del baño.
- ✚ Se debe tener mucho cuidado en la preparación de la pieza a electropulir en especial en el proceso antes del baño electrolítico para eliminar toda la grasa y polvo adherido.
- ✚ Verificar el buen contacto del gancho con la barra de cobre (ánodo) debido a que es fundamental para el electropulido, un falso contacto eléctrico puede ocasionar la destrucción de la pieza.

- ✚ La implementación del sistema de extracción de gases, garantizará la salud de los trabajadores, y evitar la propagación de los mismos, en materiales que pueden ser fácilmente atacados.

- ✚ Reemplazar el rectificador de corriente que ha cumplido con su vida útil, en el menor tiempo posible para reducir posibles problemas en el material causados por la corriente.

- ✚ Es importante trabajar con mascarillas, gafas (pulido), debido a los elementos tóxicos existentes en los diferentes baños.

- ✚ Una recomendación personal hacia los compañeros que vienen en los últimos niveles es que para poder realizar un trabajo de tesis ciento por ciento eficiente se acoja o busque el apoyo de alguna institución o industria, puesto que esto ayuda a tener facilidad de información así como implementos que faciliten el trabajo y beneficie a las dos partes.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ [1] Cevallos Erazo Marcela Belén. (2005). *Rediseño del Proceso de Cincado de la Empresa Metalquímica Galvano*. Página 25
- ✚ [2] Hamrock B.J., Jacobson B. y Schimd S.R. (2000). *Elementos de Máquinas (4ta Edición)*. México: McGraw Hill.
- ✚ [3] *Recubrimientos de metales* (s.f.) disponible en URL: www.science.oas.org/ENVIRO/sector%20de%20recubrimiento%20de%20metales.pdf [consultado el 12 de junio del 2012].
- ✚ [4] Tesis: Ayala S, Flores E. (2004). *Diseño y Construcción de una celda para pulido y ataque electrolítico en muestras metalográficas*. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- ✚ [6] *Calefactores de cuarzo* (s.f.) disponible en URL: <http://solamangic.com> [consulta el 27 de agosto del 2012].
- ✚ [8] Fuente: W. J. McG. TEGART, M.Sc., *The Electrolytic and Chemical Polishing of Metals in Research and Industry*, Pergamon Press LTD, London, 1956.
- ✚ [9] García Oliva Eddy Reynaldo (2005). *Guía para la Implementación del Proceso de Galvanoplastia*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala – Facultad de Ingeniería Mecánica.
- ✚ [12] *Tanques Rectangulares sometidos a presión hidrostática* (s.f.) disponible en URL: http://www.docentes.utonet.edu.bo/mruizo/wpcontent/uploads/P%C3%A1ginasTanques_rectangulares.pdf [consulta 27 de agosto del 2012].
- ✚ [13] Mott Robert. (2009). *Resistencia de Materiales (5ta edición)*. México: Pearson Educación. Procedimiento B, 650

- ✚ [15] Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR, (1988). “Recipientes a presión simple”. James R. Farr, Maan H. Jawad. ASME Press, (2001). “Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels” “Pressure vessels and Piping: Design and Analysis, Volume 1”. ASME 1972
- Mott, R. L. (2006). Mecánica de fluidos (6ta. ed.). México: Pearson Educación.
- ✚ [18] SMITH – HASHEMI (2005). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de materiales. 4ta edición*. España: McGraw Hill. Apéndice I. Pág. 952.
- ✚ [21] Graham-Pinkerton, Manual de Ingeniería de los Recubrimientos Electrolíticos, Traducción de la Segunda Edición en Inglés, Compañía Editorial Continental S. A. México-España, Primera Edición en Español, 1967.
- ✚ [25] Shigley. J, Uicker. Jr. (1992). *Teoría de Máquinas y Mecanismos*. México, McGraw-hill.
- ✚ [28] Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (4ta. ed.). México: Pearson Educación. Pág. 264.
- ✚ [29] Harper. E. (1995) Elementos de diseños de las instalaciones eléctricas. 2da edición. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.
- ✚ [30] Soler & Palau. *Manual Práctico de Ventilación*. Disponible en URL: <http://www.solerpalau.es> [consulta 13 de Noviembre de 2012]
- ✚ [37] *Extractor de gases* (s.f.) disponible <http://cata.es/es-es/catalogo/ventilacion.html> [consulta 12 de enero del 2013]
- ✚ [39] Roldán, V. J. (1999). *Cálculo y construcción de circuitos con contactores* (1era ed.). Chile: Editorial Paraninfo.
- ✚ [42] Enríquez Harper. *Manual de Aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas*. Primera edición. Pág. 208.

ANEXOS

ANEXO A

MATERIALES FERROSOS



ANEXO B

SOLUCIONES Y CONDICIONES DE TRABAJO

Anexo B-1	COMPOSICIÓN DE DIFERENTES BAÑOS DE ELECTROPULIDO	Pág. 1 de 4
------------------	---	--------------------

**COMPOSICIÓN DE LOS BAÑOS Y CONDICIONES DE TRABAJO
PARA EL ELECTROPULIDO DE ZINC, CADMIO, ESTANIO, PLOMO,
COBALTO, TUNGSTENO, ORO, TITANIO Y CROMO.**

METAL	ELECTROLITO	Densidad de Corriente Anódica (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).
Zinc y Estaño	Hidróxido potásico 25%	16	Ambiente	10.0 – 15.0
Zinc	Ácido Crómico 17% Agua 83%	1.8		
Zinc	Ácido crómico 7% Dicromato potásico 29% Ácido sulfúrico 6% Agua 58%	0.2		
Zinc	Ácido sulfúrico 150 gr/l.	40	Menos 25 °C	1.0 – 2.0
Zinc y Cadmio	Cianuro potásico 5%	16	Ambiente	
Plomo	Ácido perclórico 18.5- 33% Ácido acético 63 –76.5% Agua 2 -9%	0.03 – 0.06	20 – 39	5.0 - 10

Anexo B-1	COMPOSICIÓN DE DIFERENTES BAÑOS DE ELECTROPULIDO	Pág.2 de 4
------------------	---	-------------------

METAL	ELECTROLITO	Densidad de Corriente Anódico (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).
Plomo	Ácido perclórico 30-34%	0.1 – 0.2	20-39	5
Plomo Tungsteno Cobalto*	Hidróxido sódico 10% Ácido ortofosfórico (peso específico 1.35)	3.0-6.0	Ambiente	8.0-10
Tungsteno	Ortofosfato Mono sódico 160gr Agua 1L.	0.07	38-49	10
Oro**	Cianuro potásico 40g/l. Ferricianuro potásico 10 g/l. Sosa (calcinada) 20 g/l. Hidróxido sódico 5 g/l			
Oro	Tiourea 25 g/l. Ácido sulfúrico 5.5 g/l. Ácido tartárico 10 g/l.	1-5-3.5	20-45	5

Las condiciones del electropulido se controlan suministrando un voltaje constante de 1.2 voltios.

**Las condiciones del electropulido se controlan suministrando un voltaje de 15-20 voltios.

METAL	ELECTROLITO	Densidad de Corriente Anódico (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).
Titanio	Anhídrido acético 795 ml. Ácido perclórico (densidad 1.59) 185 ml. Agua 48 ml.	20-30		0.5-1
Cromo	Ácido sulfúrico 60% Ácido ortofosfórico 20% Ácido cítrico 10% Agua 10%	20-30	Ambiente	5.0-10

PARA EL ELECTROLITO DEL ACERO.

COMPOSICIÓN DEL ELECTROLITO (%)	Corriente Anódica	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).	MATERIAL
Ácido perclórico 20 Alcohol etílico 80	13-40	20-25	0.1-0.2	Acero inoxidable.
Ácido sulfúrico 50 Glicerina 40 Agua 10	100	82	A	Acero inoxidable Aceros
Ácido ortofosfórico 42 Glicerina 41 Agua 11	20-80	90-140	8.0-15	Aceros
Ácido cítrico 50-70 Ácido sulfúrico 15-20 Agua 25-30	100-20	45-125	5.0-10	Aceros
Sulfúrico 15-20 Ortofosfórico 63-70 Agua 13-22	5.0 – 50	43 -54	5.0-10	Aceros
Ácido perclórico 20-30 Anhídrido acético 80-70	15-30	20-25	5.0-15	Aceros inoxidable Aceros al carbono.

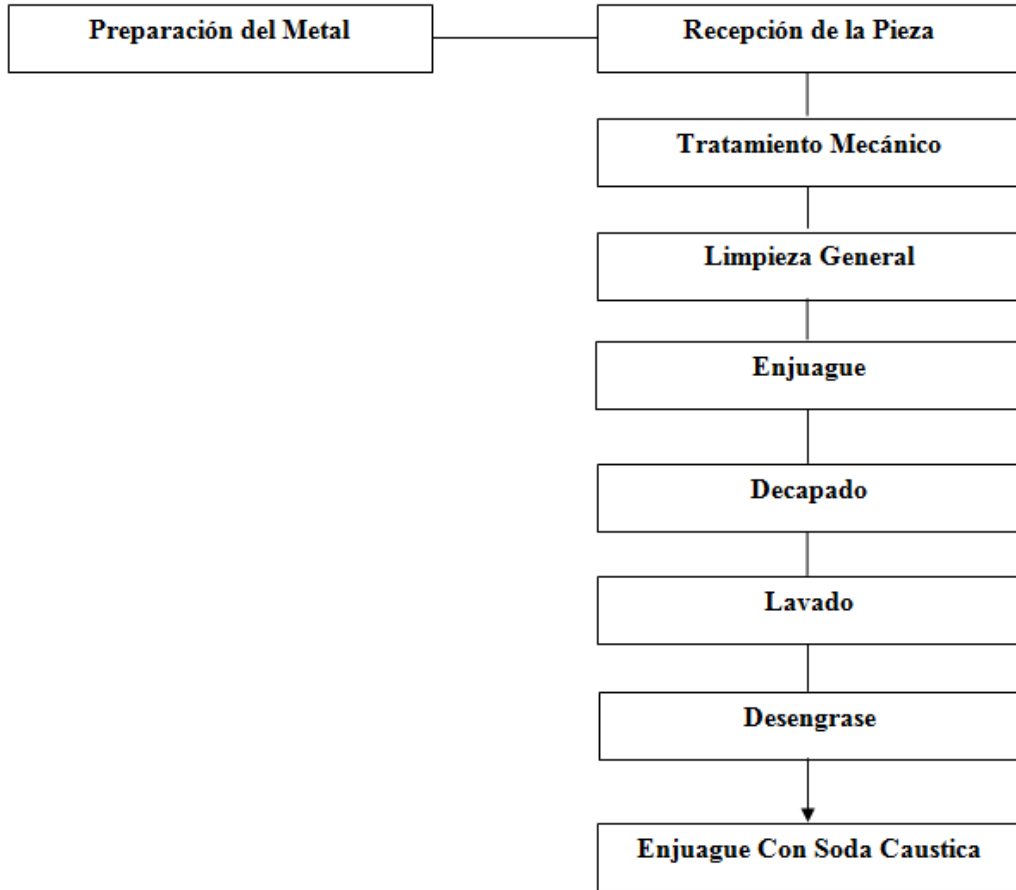
Anexo B-3	COMPOSICIONES DIVERSAS PARA EL ELECTROLITO.	Pág.4 de 4
------------------	--	-------------------

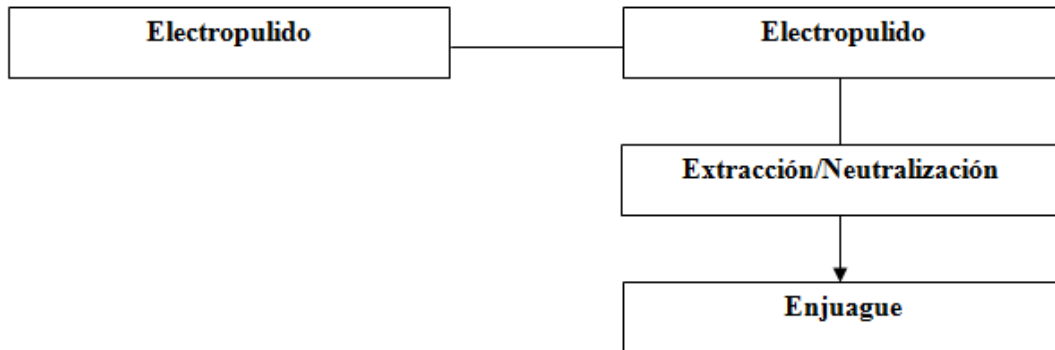
COMPOSICIÓN DEL ELECTROLITO (%)	Corriente Anódica (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).	MATERIAL
Ácido sulfúrico 15-40 Ácido ortofosfórico 50-10 Glicerina 12-45 Agua 23-5	20-100	50-70	2.0-8	Acero inoxidable Aceros al carbono
Ácido ortofosfórico 70-80 Agua 20-30	15-45	35-100	5.0-10	Acero inoxidable Acero al carbono
Ácido ortofosfórico 40-45 Ácido sulfúrico 45-35 Ácido crómico 3 Agua 17	40-70	70-80	5.0-15	Acero al carbono Acero inoxidable
Ácido ortofosfórico 46 Ácido sulfúrico 40 Glucosa 4 Agua 10	10.0- 5.0	27-38	3.0-5	Acero al carbono.
Ácido ortofosfórico 86-88 Ácido crómico 10-12 Agua 0-2	5.0-10	50	30	Aceros al carbono
Ácido ortofosfórico 70 Ácido crómico 20 Agua 10	40-50	85-90	5.0-10	Aceros al carbono.

COMPOSICIÓN DEL ELECTROLITO (%)	Corriente Anódica (A/dm)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE TRATAMIENTO (min).	MATERIAL
Ácido ortofosfórico 55-78 Ácido sulfúrico 12-20 Ácido crómico 5-7 Agua 3-20	30-100	40-80	5.0-20	Acero al carbono Aceros de baja aleaciones.
Ácido ortofosfórico 45-60 Ácido sulfúrico 40-20 Agua 12-20	50-100	40-80	5.0-10	Aceros al carbono.
Ácido perclórico 5 Ácido acético glacial 95	10.0-30	20	5.0-15	Aceros al carbono y aleados

ANEXO C

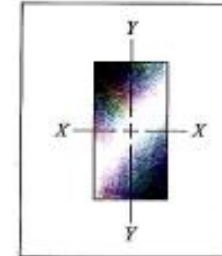
**MUESTRA DEL DIAGRAMA DEL PROCESO
DE ELECTROPULIDO**





ANEXO D

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES



A-4 Propiedades de vigas de madera estándar.

Tamaño nominal	Tamaño real		Área de sección		Momento de inercia, I_x		Módulo de sección, S_x	
	in	mm	in ²	mm ²	in ⁴	mm ⁴	in ³	mm ³
2 × 4	1.5 × 3.5	38 × 89	5.25	3.39 × 10 ³	5.36	2.23 × 10 ⁶	3.06	50.1 × 10 ³
2 × 6	1.5 × 5.5	38 × 140	8.25	5.32 × 10 ³	20.8	8.66 × 10 ⁶	7.56	124 × 10 ³
2 × 8	1.5 × 7.25	38 × 184	10.87	7.01 × 10 ³	47.6	19.8 × 10 ⁶	13.14	215 × 10 ³
2 × 10	1.5 × 9.25	38 × 235	13.87	8.95 × 10 ³	98.9	41.2 × 10 ⁶	21.4	351 × 10 ³
2 × 12	1.5 × 11.25	38 × 286	16.87	10.88 × 10 ³	178	74.1 × 10 ⁶	31.6	518 × 10 ³
4 × 4	3.5 × 3.5	89 × 89	12.25	7.90 × 10 ³	12.51	5.21 × 10 ⁶	7.15	117 × 10 ³
4 × 6	3.5 × 5.5	89 × 140	19.25	12.42 × 10 ³	48.5	20.2 × 10 ⁶	17.65	289 × 10 ³
4 × 8	3.5 × 7.25	89 × 184	25.4	16.39 × 10 ³	111.1	46.2 × 10 ⁶	30.7	503 × 10 ³
4 × 10	3.5 × 9.25	89 × 235	32.4	20.90 × 10 ³	231	96.1 × 10 ⁶	49.9	818 × 10 ³
4 × 12	3.5 × 11.25	89 × 286	39.4	25.42 × 10 ³	415	172 × 10 ⁶	73.9	1211 × 10 ³
6 × 6	5.5 × 5.5	140 × 140	30.3	19.55 × 10 ³	76.3	31.8 × 10 ⁶	27.7	454 × 10 ³
6 × 8	5.5 × 7.5	140 × 191	41.3	26.65 × 10 ³	193	80.3 × 10 ⁶	51.6	846 × 10 ³
6 × 10	5.5 × 9.5	140 × 241	52.3	33.74 × 10 ³	393	164 × 10 ⁶	82.7	1355 × 10 ³
6 × 12	5.5 × 11.5	140 × 292	63.3	40.84 × 10 ³	697	290 × 10 ⁶	121	1983 × 10 ³
8 × 8	7.5 × 7.5	191 × 191	56.3	36.32 × 10 ³	264	110 × 10 ⁶	70.3	1152 × 10 ³
8 × 10	7.5 × 9.5	191 × 241	71.3	46.00 × 10 ³	536	223 × 10 ⁶	113	1852 × 10 ³
8 × 12	7.5 × 11.5	191 × 292	86.3	55.68 × 10 ³	951	396 × 10 ⁶	165	2704 × 10 ³
10 × 10	9.5 × 9.5	241 × 241	90.3	58.26 × 10 ³	679	283 × 10 ⁶	143	2343 × 10 ³
10 × 12	9.5 × 11.5	241 × 292	109.3	70.52 × 10 ³	1204	501 × 10 ⁶	209	3425 × 10 ³
12 × 12	11.5 × 11.5	292 × 292	132.3	85.35 × 10 ³	1458	607 × 10 ⁶	253	4146 × 10 ³

**PERFILES IMPORTADOS
ÁNGULOS**

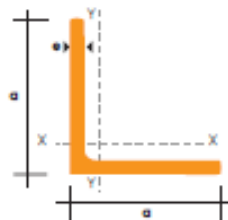
Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	55.60	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	55.60	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable

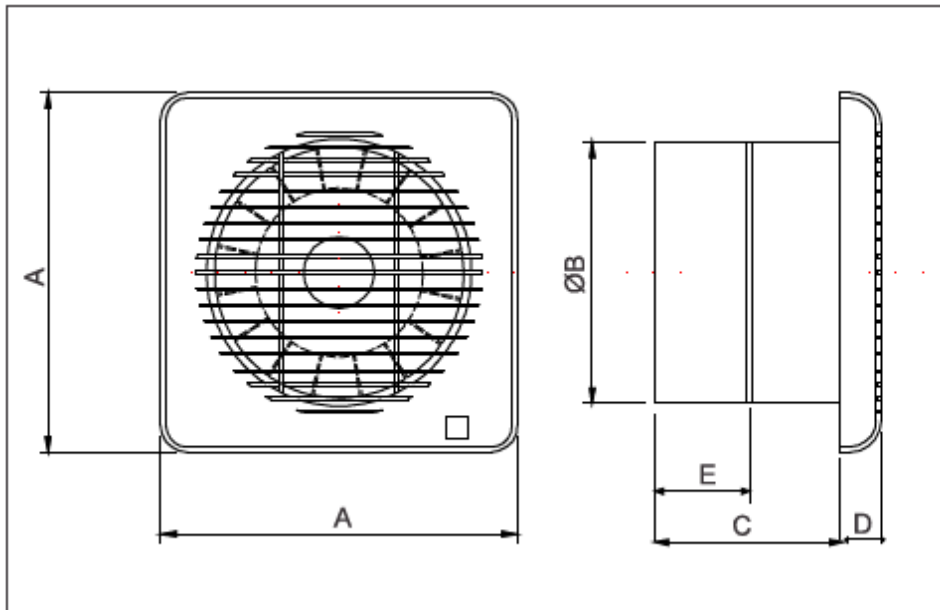


APLICACIONES

Los conductores de cobre THHN son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales son especialmente aptos para instalaciones especiales por ductos difíciles y usarse en zonas abrasivas o contaminadas con aceites, grasas, gasolinas, etc. Y otras sustancias químicas corrosivas como pinturas, solventes, etc., tal como se especifica en el National Electrical Code.

Puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación de 90°C.

Calibre AWG ó MCM	Sección mm ²	FORMACION No. de Hilos por diámetro en mm.	ESPEJOR		DIAM. EXTERIOR mm	PESO TOTAL Kg/Km	Capacidad de corriente		TIPO CABLE	Altern. de embal.
			AISLAM. mm	CHAQUETA mm			Para 1 cond. al aire libre Amp.	Para 3 cond. en conduit Amp.		
20	0.519	1 x 0.813	0.38	0.10	1.77	7.07	15	10	TFN	A,B
18	0.823	1 x 1,02	0.38	0.10	1.98	10.94	15	10	TFN	A,B
16	1.31	1 x 1,29	0.38	0.10	2.25	16.48	20	15	TFN	A,B
14	2.08	1 x 1,63	0.38	0.10	2.59	23.17	35	25	THHN	A,B
12	3.31	1 x 2,05	0.38	0.10	3.01	34.16	40	30	THHN	A,C
10	5.26	1 x 2,59	0.51	0.10	3.81	55.04	55	40	THHN	A,D
8	8.34	1 x 3,26	0.76	0.13	5.04	91.22	80	55	THHN	A,B
16	1.31	19 x 0,30	0.38	0.10	2.46	17.95	20	15	TFN	A,B
14	2.08	19 x 0,38	0.38	0.10	2.86	23.80	35	25	THHN	A,B
12	3.31	19 x 0,47	0.38	0.10	3.31	35.70	40	30	THHN	A,C
10	5.26	19 x 0,60	0.51	0.10	4.22	56.20	55	40	THHN	A,D
8	8.37	7 x 1,23	0.76	0.13	5.47	93.70	80	55	THHN	A,B,E
6	13.30	7 x 1,55	0.76	0.13	6.43	141.30	105	75	THHN	A,E
4	21.15	7 x 1,96	1.02	0.15	8.22	227.60	140	95	THHN	A,E
2	33.62	7 x 2,47	1.02	0.15	9.75	348.10	190	130	THHN	A,E
1	42.36	7 x 2,78	1.27	0.18	11.24	446.20	220	150	THHN	A,D,E
1/0	53.49	19 x 1,89	1.27	0.18	12.35	553.30	260	170	THHN	D,E,Z
2/0	67.43	19 x 2,12	1.27	0.18	13.50	688.70	300	195	THHN	D,E,Z
3/0	85.01	19 x 2,39	1.27	0.18	14.85	856.80	350	225	THHN	D,E,Z
4/0	107.20	19 x 2,68	1.27	0.18	16.30	1069.50	405	260	THHN	D,E,Z
250	127.00	37 x 2,09	1.52	0.20	18.07	1263.00	455	290	THHN	Z
300	152.00	37 x 2,29	1.52	0.20	19.47	1502.00	505	320	THHN	Z
350	177.00	37 x 2,47	1.52	0.20	20.73	1743.00	570	350	THHN	Z
400	203.00	37 x 2,64	1.52	0.20	21.92	1981.00	615	380	THHN	Z
500	253.00	37 x 2,95	1.52	0.20	24.09	2457.00	700	430	THHN	Z
600	304.00	37 x 3,23	1.78	0.23	26.63	2960.00	780	475	THHN	Z
650	329.00	37 x 3,37	1.78	0.23	27.61	3221.00	820	500	THHN	Z
700	355.00	37 x 3,49	1.78	0.23	28.45	3453.00	855	520	THHN	Z



MODELO	A	ϕB	C	D	E
FUTURE 100	158	96	61	19	6
FUTURE 120	180	118	77	23	
FUTURE 150	200	148	104	25	51

Pe
inwg mmca

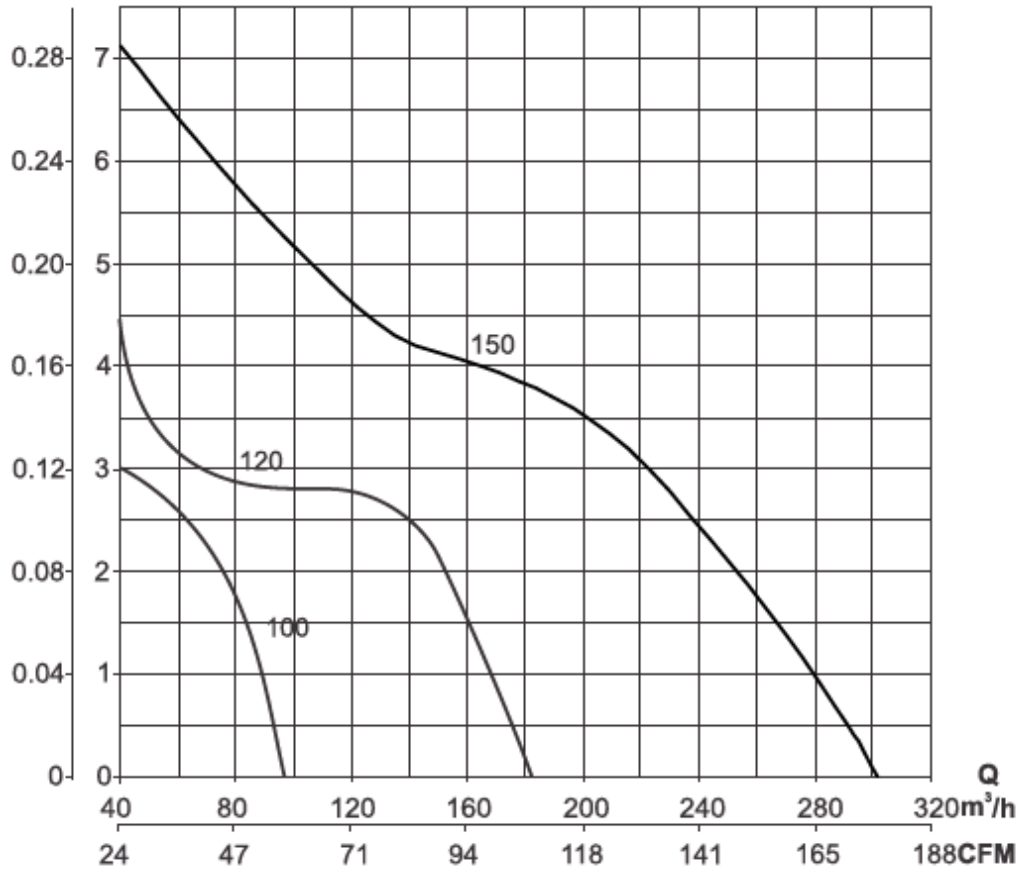
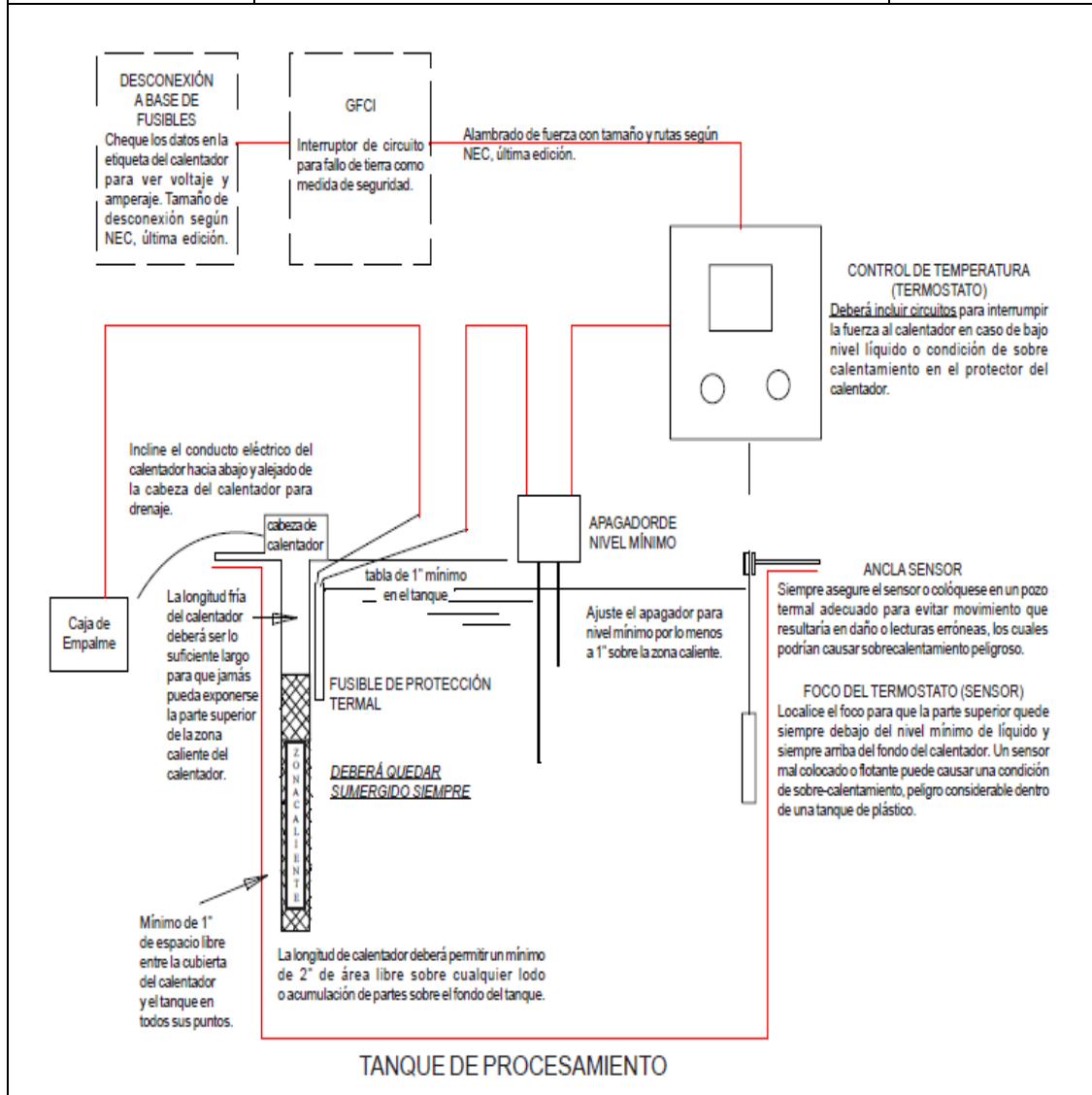


ILUSTRACIÓN DE UNA INSTALACIÓN TÍPICA DE UN CALEFACTOR CON EL TERMOSTATO



INTERRUPTOR TÉRMO-MAGNETICO SIEMENS

Corriente Nominal In (A)	EN 60 898 (IEC 898)			EN 60 947-2 (IEC 947-2)			
	1 polo	2, 3, 4 polos		1 polo	2, 3, 4 polos		
	230 VAC Icc (kA)	230 VAC Icc (kA)	400 VAC Icc (kA)	230 VAC Icc (kA)	230 VAC Icc (kA)	400 VAC Icc (kA)	
5SQ2	0,5 - 4	3	3	3	6	6	6
	6 - 63	3	3	3	4,5	4,5	4,5
5SX2	0,5 - 32	6	6	6	10	15	10
	40 - 63	6	6	6	6	10	6
5SX6	40 - 125	6	6	6	10	20	10

REFERENCIA	CARACTERISTICA	COLOR	CONTACTOS	CARTON
SELECTORES CUERPO PLASTICO (SERIE E)				
SKOS-ED21	SELECTOR 2 POSICIONES	NEGRO	1 NA	200
SKOS-ED33	SELECTOR 3 POSICIONES	NEGRO	1 NA + 1 NA	200
SKL-EG41	SELECTOR 2 POS. C/LLAVE	NEGRO	1 NA	
SKL-EG03	SELECTOR 3 POS. C/LLAVE	NEGRO	1 NA + 1 NA	
SKOS-ED41	SELECTOR 2 POS. C/RET>IZQ	NEGRO	1 NA	20
SKOS-ED53	SELECTOR 3 POS. C/RET>CTR.	NEGRO	1 NA + 1 NA	

REFERENCIA	CARACTERISTICA	COLOR	CONTACTOS
PULSADORES CUERPO METALICO (SERIE B) (NUEVOS)			
FPB-BA1	PULSADOR	VERDE	1 NA
FPB-BA2	PULSADOR	ROJO	1 NC
DB-8425	PULSA. MARCHA-PARO	VERDE - ROJO	1 NA + 1 NC
DB-8465	PULSA. MARCHA-PARO LUMINOSO	VERDE - ROJO + LUZ	1 NA + 1 NC + LUZ
MPB-BC2	PULSADOR HONGO 40MM S/RET.	ROJO	1 NC
MPB-BR2	PULSADOR HONGO 60MM S/RET.	ROJO	1 NC
LPB-BS5	PULSADOR HONGO GIRO 40MM C/RET.	ROJO	1 NC
LPB-BS6	PULSADOR HONGO GIRO 60MM C/RET.	ROJO	1 NC
LMB-BX5	PULSADOR HONGO CON LLAVE 40MM	ROJO	1 NC
LMB-BT5	PULSADOR HONGO PUSH 40MM C/RET.	ROJO	1 NC
IDS-BW Y/220V	PULSADOR LUMINOSO 220V	AMARILLO	1NA
IDS-BW R/220V	PULSADOR LUMINOSO 220V	ROJO	1NC
IDS-BW G/220V	PULSADOR LUMINOSO 220V	VERDE	1 NA

Emp.	Ref.	Fusibles cilíndricos industriales tipo gG		
		10 x 38 mm		
		Corriente Nominal (A)	Tensión (V _~)	Capacidad Interruptiva (A)
10	133 94	0,5	500	100 000
10	133 01	1		
10	133 02	2		
10	133 04	4		
10	133 06	6		
10	133 08	8		
10	133 10	10		
10	133 12	12		
10	133 16	16		
10	133 20	20		
10	133 25	32		
		14 x 51 mm		
10	143 02	2	500	100 000
10	143 06	6		
10	143 10	10		
10	143 16	16		
10	143 20	20		
10	143 25	25		
10	143 32	32		
10	143 40	40		
10	143 50	50		
		22 x 58 mm		
10	153 25	25	500	100 000
10	153 32	32		
10	153 50	50		
10	153 63	63		
10	153 80	80		
10	153 96	100		
10	153 97	125	400	

Emp.	Ref.	Portafusibles tipo Lexic	
		Para fusibles cilíndricos Capacidad de los bornes de conexión 1 de 16 a 4 AWG Fijación por riel DIN \perp , equipados con portaetiqueta, con base aislada clase II Posibilidad de conexión por peine de alimentación Posibilidad de señalización por piloto indicador de fusión de fusible Ref. 057 90	
		Unipolares Dimensiones del fusible (mm) Número de módulos de 17,5 mm	
5	058 00	5 x 20	1
10	058 12	8,5 x 31,5	1
10	058 14	10 x 38	1
		Bipolares seccionables Dimensiones del fusible (mm) Número de módulos de 17,5 mm	
5	058 26	8,5 x 31,5	2
5	058 28	10 x 38	2
		Tripolar seccionable Dimensiones del fusible (mm) Número de módulos de 17,5 mm	
3	058 36	8,5 x 31,5	3
10	057 90	Accesorio Indicador de fusión 250V~ mediante piloto	



Indicador de fusión

ANEXO E

FACTORES DE SEGURIDAD

Anexo E-1	FACTORES DE SEGURIDAD		Pág. 1 de 1
TIPO DE MATERIAL	FACTOR DE DISEÑO (N)	APLICACIÓN	
Materiales Dúctiles	1.25 a 2.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.	
	2.0 a 2.5	Diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.	
	2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o al ambiente.	
	4.0 o mas	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto algunas combinaciones de cargas, propiedades del materiales. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos.	
Materiales Frágiles	3.0 a 4.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas, donde hay un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.	
	4.0 a 8.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o al ambiente.	

ANEXO F

FLUJO DE CAJA.

FLUJO DE CAJA

N°	Descripción	Número de periodos mensuales												
		Per. 0	Per. 1	Per. 2	Per. 3	Per. 4	Per. 5	Per. 6	Per. 7	Per. 8	Per. 9	Per. 10	Per. 11	Per. 12
1	Inversión Inicial	7463.88												
2	Costo de materia prima		4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00
3	Mano de obra		300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
4	Costo de indirectos		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
5	Costo de administración		200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
6	Ventas		7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00	7000,00
7	Depreciación		1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09
8	Utilidad neta		857,91	857,91	857,91	857,91	857,91	857,91	857,91	857,91	857,91	857,91	857,91	857,91
9	Participación trabajadores		128,69	128,69	128,69	128,69	128,69	128,69	128,69	128,69	128,69	128,69	128,69	128,69
10	Impuestos		102,95	102,95	102,95	102,95	102,95	102,95	102,95	102,95	102,95	102,95	102,95	102,95
11	utilidad total		626,27	626,27	626,27	626,27	626,27	626,27	626,27	626,27	626,27	626,27	626,27	626,27
12	Depreciación		1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09	1542,09
	TOTAL	-7463.88	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37	2168,37

VAN \$ 3.137,15
 TIR 26%
 26020,38 PRI 4 meses
 RBC 3,37

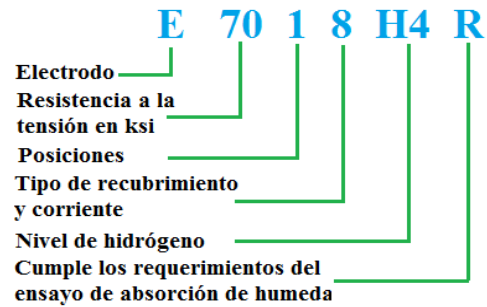
ANEXO G

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA
CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PARA
ELECTROPULIR MATERIALES
FERROSOS.**

ANEXO H

SOLDADURA

CLASIFICACIÓN AWS A5.1 PARA ELECTRODOS



RESISTENCIA A LA TENSIÓN SEGÚN DESIGNACIÓN

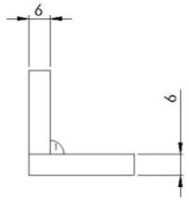
Clasificación AWS	Valores Mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg ²)	Límite de cedencia (lb/pulg ²)
E60XX	62000	50000
E70XX	70000	57000
E80XX	80000	67000
E90XX	90000	77000
E100XX	100000	87000
E110XX ^a	111000	95000
E120XX ^a	120000	107000

a. En este tipo de electrodos se utiliza recubrimientos tipo bajo de hidrógeno únicamente

Posiciones de soldadura	
Clasificación	Posiciones
EXX1X	Plano, horizontal, vertical, sobre cabeza
EXX2X	Plano, horizontal (filete)
EXX4X	Plano, horizontal, vertical descendente, sobre cabeza.

Tipo de recubrimiento			
Clasificación	Recubrimiento	Tipo de corriente	Penetración
EXXX0	Celulósico, sodio	DCEP	Profunda
EXXX20	Óxido de hierro, sodio	DCEN, DCEP, AC	Media
EXXX1	Celulósico, potasio	AC, DCEP	Profunda
EXXX2	Rutílico, sodio	AC, DCEN	Media
EXXX3	Rutílico, potasio	AC, DCEP,DCEN	Ligera
EXXX4	Rutílico, polvo hierro	AC, DCEP,DCEN	Ligera
EXXX5	Bajo hidrógeno, sodio	DCEP	Media
EXXX6	Bajo hidrógeno, potasio	AC, DCEP	Media
EXXX7	Óxido de hierro, polvo de hierro	AC, DCEP,DCEN	Media
EXXX8	Bajo hidrógeno, polvo de hierro	AC, DCEP	Media
EXXX9	Óxido de hierro, rutílico, potasio.	AC, DCEP,DCEN	Media

Anexo H-1	CARACTERÍSTICAS DE LOS ELECTRODOS	Pág. 3 de 7
ELECTRODOS REVESTIDOS PARA ACEROS AL CARBONO		
ELECTRODOS	CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES	
E6010	Electrodo celulósico de alta penetración, ideal para soldadura de raíz. Capaz de ser empleado en cualquier posición, excelente desempeño en aplicaciones verticales y sobrecabeza. Principales aplicaciones: tubería, estructuras, tanques, reparaciones y en materiales base oxidado o con residuos de aceite o pintura.	
E6011	Electrodo celulósico de alta penetración con capacidad para ser utilizado con corriente alterna. Puede ser empleado en cualquier posición sobre acero contaminado, oxidado o pintado. Uso general en aceros estructurales de bajo carbono. Sus principales aplicaciones son en cordones de raíz y soldadura de filete.	
E6013	Electrodo rútilico de uso general en aceros comunes. Posee un arco suave con escoria fácil de remover sencillo de encender y re-encender dando lugar a una excelente apariencia de la soldadura. Las aplicaciones típicas son carpintería metálica, soldadura de filete de perfiles, soldadura de espesores delgados en general y en todas aquellas aplicaciones donde es importante la calidad de terminación	
E7016-1	Electrodo básico de bajo hidrógeno especial para estructuras y equipos bajo el efecto de fuerzas dinámicas. Trabaja con corriente alterna y con aceros de baja aleación con contenido de azufre y fósforos altos. Apto para utilizar en cañerías o contenedores sometidos a presión. Indicado para la soldadura de fundiciones de hierro cuando no se requiere un depósito mecanizable o el material base está muy contaminado.	
E7018-1H4	Electrodo básico de arco suave y estable, permitiendo una soldadura limpia y uniforme. El manejo operativo es sencillo gracias a la fluidez del material depositado, el cual es muy resistente a fisuras, ideal donde los esfuerzos de tensión a la soldadura son inevitables. Su aplicación abarca desde estructuras, recipientes y tuberías a maquinaria bajo esfuerzos mecánicos a bajas temperaturas (-40°C).	
E7024	Electrodo rútilico de alta eficiencia. Logra altas tasas de deposición por ser proceso SMAW, con bajo nivel de salpicadura y escoria de fácil desprendimiento, permitiendo altas velocidades de trabajo. Se logra la mejor eficiencia del mismo aplicando en soldaduras largas y en múltiples pesadas, ideal para soldadura de filete. Además, presenta excelente desempeño en soldadura horizontal.	

Anexo H-2		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)		Pág. 4 de 7	
				Diseño de la junta	
Nombre de la compañía: ESPE-L					
WPS N° MBA 001					
Proceso de soldadura: SMAW-MANUAL					
Según norma AWS D1.1					
Junta Utilizada	Tipo de junta	ESQUINA		Posición	Tope 2F
	Tipo de soldadura	FILETE			Califica horizontal
	Cordón de respaldo	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>			
	Preparar junta	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>			
	Método	Amolado			
	Angulo de la ranura	0°			
	Cara de la raíz:	0mm			
	Abertura de la raíz :	±0.1mm			
	Limpieza	Limpiar las superficies antes de soldar			
Metal base	Especificación	ASTM A36		Característica eléctrica	Corriente:
	Califica	Acero			CA <input type="checkbox"/> DC+ <input checked="" type="checkbox"/>
	Espesor	6mm			DC+ <input type="checkbox"/>
	Califica	Desde 3.2 a 12 mm			
Electrodo	Diámetro	3.2 mm		Técnica de soldadura	Técnica un pase <input type="checkbox"/>
	Clasificación AWS	E 6011			varios pases <input checked="" type="checkbox"/>
	Especificación	AWS A5.1			Oscilación si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
	Casa comercial	AGA			Limpieza entre Pases No
Aplicación de Soldadura de Estructuras.					Otros pases: No Método de ensamble Apuntado

						Soldadura		Un lado
						⊗		Dos lados
				Pre calen		Temperatura		N/A
						Tiempo entre pases		N/A
N° de pase	Metal de aporte			Tensión de trabajo			(Vel. De avance m/min)	
	Denominación AWS	Denominación Comercial	Diámetro (mm)	Pol	Voltaje (V)	Amperaje (A)		
	1	E 6011	INFRA 11	3.2 mm	DC+	22-25		105
Notas: <ul style="list-style-type: none"> Verificar alineación de la junta Asegurar la limpieza de las partes 								
REALIZADO POR: Cristian Mayacela. David Otáñez. FECHA: 05/12/2012				APROBADO POR: Ing. Miguel Caravajal. DIRECTOR DE TESIS. FECHA: 05/12/2012				

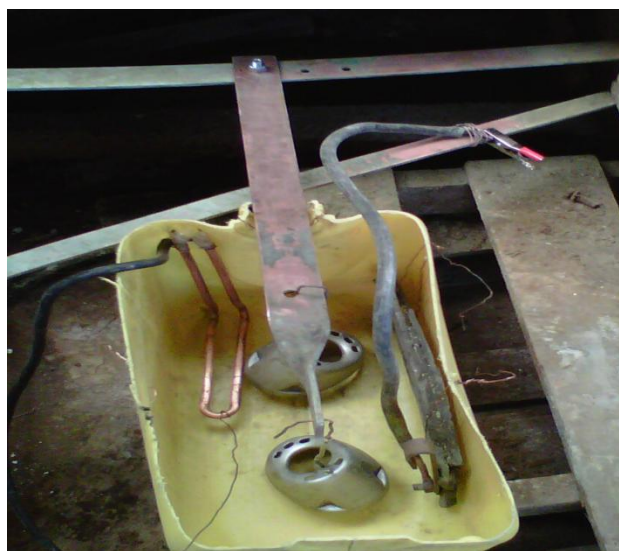
Anexo H-3		ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)		Pág. 6 de 7	
		Diseño de la junta			
Nombre de la compañía: ESPE-L					
WPS N°MBA 002					
Proceso de soldadura: SMAW-MANUAL					
Según norma AWS D1.1					
Junta Utilizada	Tipo de junta	UNIÓN A TOPE		Posición	Tope 1G
	Tipo de soldadura	BISEL			Califica vertical
	Cordón de respaldo	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>			
	Preparar junta	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>			
	Método	Amolado		Característica eléctrica	
	Angulo de la ranura	60°			
	Cara de la raíz	2mm			
	Abertura de la raíz	1mm			
Limpieza	Limpiar las superficies antes de soldar		Técnica de soldadura	Técnica un pase <input type="checkbox"/> varios pases <input checked="" type="checkbox"/> Oscilación si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Limpieza entre Pases No _____ Otros pases: No Método de ensamble Apuntado Soldadura Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/>	
Metal base	Especificación	ASTM A36			
	Califica	Acero			
	Espesor	6mm			
Electrodo	Califica	Desde 3.2 a 12 mm			
	Diámetro	3.2 mm			
	Clasificación AWS	E 7018			
	Especificación	AWS A5.1			
	Casa comercial	AGA			
Aplicación de Soldadura de Estructuras.					

				Pre calen	Temperatura		N/A
					Tiempo entre pases		N/A
N° de pase	Metal de aporte			Tensión de trabajo			(Vel. De avance m/min)
	Denominación AWS	Denominación Comercial	Diámetro (mm)	Pol	Voltaje (V)	Amperaje (A)	
1	E 7018	INFRA 18	3.2 mm	DC+	22-25	105	0.05-0.1
Notas:							
<ul style="list-style-type: none"> Verificar alineación de la junta Asegurar la limpieza de las partes 							
REALIZADO POR:				APROBADO POR:			
Cristian Mayacela.				Ing. Miguel Caravajal		Ing. Fabricio Pérez	
David Otáñez.				DIRECTOR DE TESIS.		CODIRECTOR DE TESIS	
FECHA:05/12/2012				FECHA:05/12/2012			

ANEXO I

PRUEBAS

PROTOTIPO 1



PROTOTIPO 2



- ✚ Ácido sulfúrico en 15%.
- ✚ Ácido Fosfórico 63%.
- ✚ Agua 22%.
- ✚ Experimento variando el rango de voltaje de 2V a 12 voltios.
- ✚ Temperatura 40°C.
- ✚ Tiempo 9 minutos.
- ✚ Cátodos: Plomo.
- ✚ Forma de calentamiento: Resistencia térmica de cobre.

RESULTADOS

Nota: agitación.

- ✚ De ánodo se utiliza las piezas metálicas (Silenciadores de las Motos).
- ✚ Siendo el material de diferente forma el electropulido no actuó en forma uniforme en la pieza.
- ✚ Se realiza variación de voltaje desde 2 voltios y se encuentra que el voltaje específico debe ser de 12 voltios.
- ✚ Tiempo de electropulido debe ser mayor a 10 min.



- ✚ Ácido sulfúrico en 25%.
- ✚ Ácido Fosfórico 63%.
- ✚ Agua 12%.
- ✚ Experimento variando el rango de voltaje de 2V a 12 voltios.
- ✚ Temperatura 70°C.
- ✚ Tiempo 9 minutos.
- ✚ Cátodos: Plomo.
- ✚ Forma de calentamiento: Resistencia térmica de cobre.

RESULTADOS:

- ✚ Agitación
- ✚ Disminución del porcentaje de agua para comprobar un mejor efecto en el electropulido.
- ✚ No se obtuvo los resultados deseados aún existen uniformidad en la penetración de los ácidos en la pieza.
- ✚ Se contaminó la cuba debido al uso de la resistencia térmica de cobre ya que los ácidos lo corroen a la resistencia.



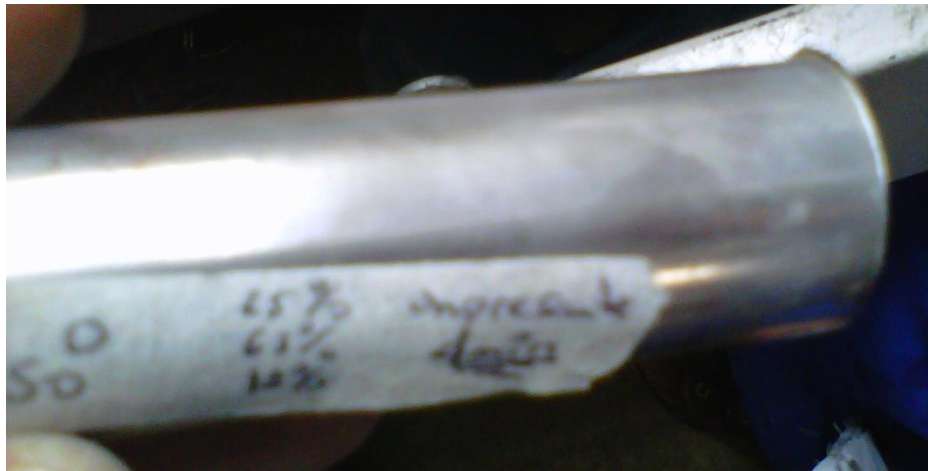
- ✦ Ácido sulfúrico en 60%.
- ✦ Ácido Fosfórico 40%.
- ✦ Voltaje de 14 voltios.
- ✦ Temperatura 50°C.
- ✦ Tiempo 9 minutos.
- ✦ Cátodos: Plomo.
- ✦ Forma de calentamiento: resistencia térmica de cobre.

RESULTADOS:

Sin agitación

Se aumenta el voltaje para observar la relación de densidad de corriente.

Se disminuyó el tiempo pero igual se obtuvo mejor penetración pérdidas de rayaduras y parcial pérdida de granos microscópicos.



- + Ácido sulfúrico en 50%.
- + Ácido Fosfórico 30%.
- + Ácido crómico 20%.
- + Experimento variando el rango de voltaje de 12 voltios.
- + Temperatura 70°C.
- + Tiempo 9 minutos.
- + Cátodos: Plomo.
- + Forma de calentamiento: ninguna.

RESULTADOS:

Sin agitación

Sin obtener buenos resultados

Los ácidos al mezclarse se calentaron de manera automática hasta los 70°C

Emanación de gases nocivos.



- ✚ Ácido sulfúrico en 40%.
- ✚ Ácido Fosfórico 60%.
- ✚ Experimento variando el rango de voltaje de 12.34 V.
- ✚ Temperatura 70°C.
- ✚ Tiempo 15min.
- ✚ Cátodos: Plomo.
- ✚ Forma de calentamiento: calentamiento manual.

RESULTADOS:

Se utiliza 4 cátodos de plomo para una mejor distribución de densidad de corriente.

Pieza de resonadores.

Mejor penetración.



- ✚ Ácido sulfúrico en 60%.
- ✚ Ácido Fosfórico 40%.
- ✚ Experimento variando el rango de voltaje de 12.24V.
- ✚ Temperatura 70°C.
- ✚ Tiempo 15min.
- ✚ Cátodos: Plomo.
- ✚ Forma de calentamiento: calentamiento manual.

RESULTADOS:

En el aro se produjo un mejor electropulido pero la pregunta que se hace, es si le añade más ácido fosfórico a la concentración y buscar un bastidor más eficiente para que no se produzca las altas temperatura y se mezcle con la pieza a pulir.



- ✚ Ácido sulfúrico en 60%.
- ✚ Ácido Fosfórico 40%.
- ✚ Experimento variando el rango de voltaje de 12.24V.
- ✚ Temperatura 60°C.
- ✚ Tiempo 15min.
- ✚ Cátodos: Plomo.
- ✚ Forma de calentamiento: calentamiento manual.

RESULTADOS:

En piezas planas se obtuvo un mejor resultado; aquí se puede observar un cilindro.



- ✚ Ácido sulfúrico en 60%.
- ✚ Ácido Fosfórico 40%.
- ✚ Experimento variando el rango de voltaje de 12V.
- ✚ Temperatura 55°C.
- ✚ Tiempo 15min.
- ✚ Cátodos: Plomo.
- ✚ Forma de calentamiento: calentamiento manual.

RESULTADOS:

En la pieza no se produjo un mejor electropulido pero la pregunta que se hace, es si se añade más ácido fosfórico a la concentración y buscar un bastidor más eficiente para que no se produzca las altas temperatura y se mezcle con la pieza a pulir.



- ✚ Ácido sulfúrico en 65%.
- ✚ Ácido Fosfórico 35%.
- ✚ Experimento variando el rango de voltaje de 9V.
- ✚ Temperatura 55°C.
- ✚ Tiempo 2 horas.
- ✚ Cátodos: Plomo.
- ✚ Forma de calentamiento: Termostato (calefactor de cuarzo).

RESULTADOS:

En la pieza se obtuvo un excelente acabado y con un brillo óptimo.

Material	Pulido Mecánico	Electropulido
Tubos	30 min	7 min
Canastas	20 min	7min
Resonadores	1 hora	20min
Tapa tubos	30 min	15 min
Rejillas	40min	10 min
Conos	30min	7min
Floreros	40 min	15 min
Llaveros	10min	7 min
Aro de llanta	1 día	2 horas

ANEXO J

PLANOS ELÉCTRICOS

ANEXO K

PLANOS MECÁNICOS

ANEXO L

**MANUAL DE OPERACIÓN
MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA
MÁQUINA DE ELECTROPULIDO**



Ingenieros Lara Núñez Cía. Ltda.

RESPONSABLES

Mayacela V. Cristian A.

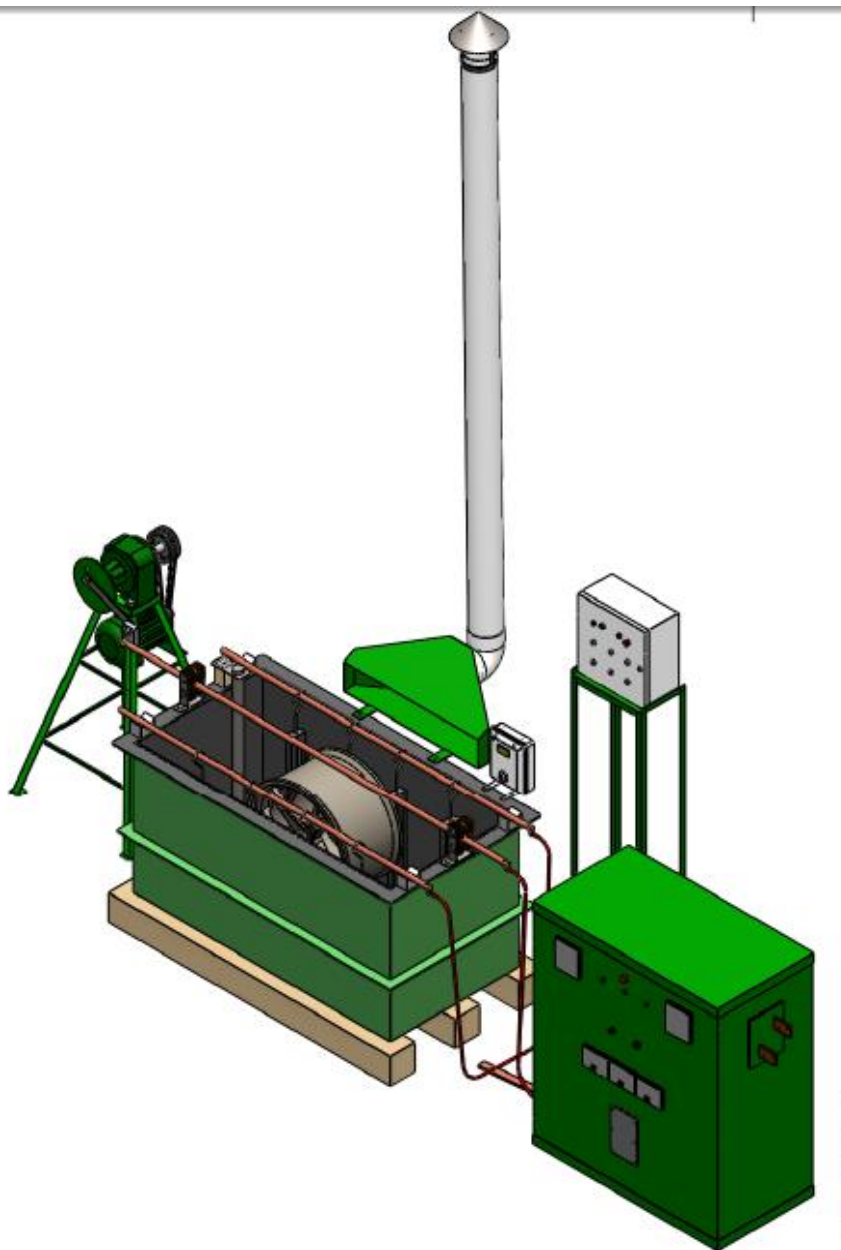
Otáñez S. David N.

AMBATO – ECUADOR

Dirección: Panamericana Norte Km. 5 sector el Pisque (junto a
la Esforse)

Teléfono: 03 285476

Anexo L-1	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 2 de 10
<p>CONTENIDO</p> <p>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</p> <ul style="list-style-type: none">✚ Partes de la máquina de electropulido.✚ Medidas de la máquina de electropulido.✚ Características generales del sistema de electropulido. <p>MODOS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DE ELECROPULIDO:</p> <ul style="list-style-type: none">✚ Modo manual.✚ Modo automático.✚ Recomendaciones.		

✚ ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

ELEMENTOS DE LA MÁQUINA DE ELECTROPULIDO.

Está constituida por:

- ✚ **Cuba:** Elaborado de Acero Estructural ASTM A-36 y con una capacidad máxima de 860 litros, tiene como finalidad contener los ácidos para el proceso de electropulido además de soportar una temperatura de 60 °C, por lo tanto su revestimiento interno es de PVC.

- ✚ **Sistema de agitación:** Compuesto por el motorreductor trifásico de 1420 RPM a 35 RPM, en una segunda etapa con sistema de poleas se obtiene 12 RPM y el mecanismo biela manivela corredera para así obtener un desplazamiento de 50mm.

- ✚ **Rectificador de corriente:** el cual es un mecanismo de transformación de corriente alterna a corriente continua, de bajo voltaje mediante la ayuda de diodos de rectificación, comúnmente de silicio y sistemas de adecuación regulable manual y/o automática, a fin de regular las características de la corriente, según las necesidades del sistema a proteger. Las condiciones que el diseñador debe estimar para seleccionar un rectificador son las especificadas en el Capítulo II.

- ✚ **Cátodo:** barra de cobre de 1pulgada, es la parte negativa del proceso, tiene como finalidad soportar las barras de plomo dispuestas en la cuba.

- ✚ **Ánodo:** barra de cobre de 1pulgada, es la parte positiva del proceso, tiene como finalidad soportar la pieza a electropulir.

- ✚ **Sistema de Calefacción:** Compuesto por el calefactor de cuarzo y el termostato, es el que permite colocar y regular la temperatura adecuada para producir el electropulido.

- ✚ **Extractor de Gases:** Compuesto del tubo PVC, techera, campana y extractor. Tiene como finalidad extraer los vapores producidos por el calentamiento de los ácidos debido al proceso de electropulido para evitar el contacto con el operario.

- ✚ **Viga:** Tiene como principal objetivo soportar todo el peso de la cuba además de evitar el contacto del suelo con la cuba para evitar la corrosión y oxidación de la misma.

- ✚ **Aisladores:** Compuesto por Grilon o nylon y de porcelana para así evitar cortocircuito además son los apoyos de las barras de cobre que sirven de cátodo y ánodo.

 **Características generales del sistema de electropulido.**

Especificación	Dimensión
Capacidad de la cuba (90%)	774 litros de solución
Medidas externas de la cuba: Ancho: Largo Alto:	0.77m. 1.53m. 0.78m.
Medidas internas de la cuba: Ancho: Largo: Alto:	0.75m. 1.51m. 0.76m.
Mecanismo de agitación	Biela – Manivela - Corredera
Potencia del motor	1 HP (3 ϕ)
Caja reductora	1420 rpm a 12 rpm
Voltaje de operación del electropulido:	5 – 14 (V)
Caudal a extraer:	320 CFM
Cátodo	Barras de cobre de 1 pulgada. Con barras de plomo.
Ánodo	Barras de cobre de 1 pulgada.
Ácidos usados	H ₂ SO ₄ (35%) H ₃ PO ₄ (65%)
Sistema de calentamiento	Tubo de cuarzo de 4000 W

Modos de operación de la máquina de electropulido.

El sistema de electropulido dispone de dos modos de mando: automático y manual.

En ambos mandos la secuencia de funcionamiento es la misma. Las condiciones de operación son controladas por el tablero de control, asegurando que los elementos no sufran daños en la operación.

 **OPERACIÓN DEL ELECTROPULIDO.**

Para que el sistema de electropulido funcione de manera adecuada, a continuación se tiene que seguir las siguientes instrucciones en el orden indicado:

1. Verificar el nivel adecuado de solución química en la cuba electrolítica al 90% de su capacidad.
2. Energizar los elementos de control (SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y CONTROLADOR DE TEMPERATURA) hasta que el termostato detecte el rango de 60 °C. Tiempo estimado de calentamiento de 5 horas.
3. Verificar que toda pieza antes de electropulir debe seguir toda una etapa de proceso de lavado que se **especifica en el Capítulo II.**
4. Colocar la pieza a electropulir en la barra de cátodo teniendo mucho cuidado en no arrojar bruscamente la pieza. La pieza no debe exceder el peso 8000 lbf.
5. Verificar que la pieza a electropulir no haga contacto con los ánodos, para evitar hacer cortocircuito.
6. Verificar en el rectificador de corriente el voltaje adecuado.
7. Arrancar el funcionamiento del electropulido el botón de encendido.
8. Verificar que después de arrancar el sistema de electropulido se encienda el sistema de agitación. **Si existen problemas con el sistema de agitación remitirse al CAPITULO 3 (Operación del Sistema de agitación).**

Anexo L-1	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 8 de 10
<p>9. Verificar que después de arrancar el sistema de electropulido se encienda el sistema de extracción de gases. Si existen problemas con el sistema de extracción remitirse al CAPITULO 3 (Operación del extractor de gases).</p> <p>10. Determinar el tiempo de electropulido como se especifica en el Capítulo II.</p> <p>11. Observar el gancho del cátodo no produzca demasiado calentamiento. Si existen problemas con el calentamiento del gancho remitirse al CAPITULO 3 (Operación del gancho).</p> <p>12. Observar el accionamiento del termostato para que no disminuya la temperatura de 60 °C. si existiera disminución de temperatura inmediatamente debe accionarse el sistema de calentamiento. Si existen problemas con el sistema de calentamiento remitirse al CAPITULO 3 (Operación del Termostato).</p> <p>13. Esperar el tiempo determinado de electropulido.</p> <p>14. Pulsar el botón de apagado para que el operador pueda sacar la pieza de la cuba y así evitar cortocircuitos.</p> <p>15. Revisar la calidad de electropulido en la pieza.</p>		

✚ OPERACIÓN DEL SISTEMA DE AGITACIÓN.

En el caso de producirse errores en el sistema de agitación (biela- manivela- corredera) se tiene que revisar los siguientes parámetros.

Si el mecanismo no se enciende:

1. Revisar los fusibles del tablero de control y verifique el breaker.
2. Revisar si existen líquidos derramados sobre el motor, si ese fuese el caso no energice el sistema.

✚ OPERACIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACTOR DE GASES.

En el caso de producirse errores en el sistema de extracción de gases tiene que revisar los siguientes parámetros.

Si el mecanismo no se enciende:

1. Revisar los fusibles del tablero de control y verifique el breaker.
2. Revisar si existen basura dentro de la campana de extracción, debido a alguna basura las aspás del extractor no pueden girar. Caso contrario el extractor debe funcionar correctamente.

✚ OPERACIÓN DEL GANCHO (BASTIDOR).

En el caso de producirse errores en el gancho del cátodo se tiene que revisar los parámetros:

Si el gancho se calienta a demasiada temperatura:

1. Revisar si el gancho esta correctamente colocado en el cátodo. Si no está colocado bien el gancho no tiene buenos puntos de contacto para el paso de energía y así producir el electropulido.
2. Revisar los cables que van conectados desde los cátodos y ánodos hacia el rectificador de corriente.
3. Verificar el calentamiento producido por el gancho, si el calentamiento es excesivo colocar un gancho de mayor diámetro o un gancho de titanio para evitar puntos calientes.



Ingenieros Lara Núñez Cía. Ltda.

RESPONSABLES

Mayacela V. Cristian A.

Otáñez S. David N.

AMBATO – ECUADOR

Dirección: Panamericana Norte Km. 5 sector el Pisque (junto a
la Esforse)

Teléfono: 03 285476

Mantenimiento del Sistema de Electropulido.

El mantenimiento de cualquier equipo incluye normalmente limpieza, ajuste, reparación y seguridad. El mantenimiento se encuentra relacionado con la constante vigilancia de los equipo, calidad del producto, la producción y el control de la contaminación.

Con el fin de mantener el funcionamiento del sistema de electropulido en forma óptima se ha desarrollado un plan de mantenimiento. A continuación se indican los planes de mantenimiento preventivo y correctivo.

A. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE ELECTROPILIDO.

El mantenimiento preventivo tiene que ser realizado por los operadores de la cuba electrolítica. Este tipo de mantenimiento consta básicamente de:

- ✚ Limpieza
- ✚ Engrase en la caja de reducción.
- ✚ Revisión de los diferentes sistemas y partes que se encuentran relacionados con el sistema de electropulido.

En el caso de existir cualquier anormalidad, el operario debe comunicar al técnico de planta.

**B. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CUBA
ELECTROLÍTICA.**

En la tabla 1 se muestra las acciones y el período que se debe llevar a cabo en el mantenimiento de la cuba electrolítica.

Tabla 1. Mantenimiento preventivo de la cuba electrolítica.

ELEMENTO	ACCIONES	PERIODO
Cuba Electrolítica	Revisar el estado del material de la cuba, sobre todo en las soldaduras.	Semanal
	Limpiar los ácidos regados en las paredes exteriores de la cuba.	
	Verificar si existe oxidación y/o corrosión en las paredes exteriores de la cuba.	
	Verificar si existen golpes en las paredes interiores de PVC.	

C. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EXTRACTOR.

En la Tabla 2 se muestra las acciones y el período que se debe llevar a cabo en el mantenimiento del extractor de gases.

Tabla 2. Mantenimiento preventivo del Ventilador.

ELEMENTO	ACCIONES	PERIODO
Campana Extractora	Limpia y verificar roturas.	Semanal
	Verificar que no se produzcan ruidos ni vibraciones excesivas.	
Extractor de Gases	Verificar que no produzca ruidos ni vibraciones excesivas.	Diaria
	Verificar que no exista basura dentro del ventilador.	
Ductos	Verificar la existencia de fugas en las uniones de la campana y codo.	Semanal
	Verificar la techera.	

D. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE AGITACIÓN.

En la tabla 3 se muestra las acciones y el período que debe llevarse a cabo en el mantenimiento del sistema de agitación.

Tabla 3. Mantenimiento Preventivo del Sistema de Agitación.

ELEMENTO	ACCIONES	PERIODO
Motorreductor	Verificar que no se produzca ruidos excesivos.	Diaría
	Verificar el correcto posicionamiento de la banda (reducción) de transmisión.	
Manivela	Verificar el sentido de giro.	Diaría
Biela	Verificar el posicionamiento con la manivela.	Diaría.
Corredera	Verificar el acople entre el ánodo y la biela.	Diaría

**E. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE
CALENTAMIENTO Y DEL TERMOSTATO.**

En el Tabla 4. Se muestra las acciones y el período que se debe llevar a cabo en el mantenimiento del sistema de calentamiento.

**Tabla 4. Mantenimiento Preventivo del Sistema de Calentamiento y del
Termostato.**

ELEMENTO	ACCIONES	PERIODO
Cuarzo (calefactor)	Verificar si el calefactor tiene roturas.	Diaria
Termostato.	Revisar si el capuchón o manguera de protección tiene roturas.	Diaria.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

El mantenimiento correctivo normalmente es aplicado cuando un elemento de máquina tiene que ser reparado de forma planificada o de forma imprevista.

El mantenimiento correctivo tiene que ser ejecutado por un técnico o especialista de la empresa que esté capacitado para ejecutar esta acción. A continuación se presenta una matriz de mantenimiento correctivo donde se indican las posibles causas y las acciones a tomar para dichos casos.

Tabla 5. Matriz de mantenimiento correctivo.

ELEMENTO	CAUSA	ACCIÓN
Extractor de Gases	El extractor de gases no enciende.	Verificar el estado del fusible y breaker.
		Verificar que no exista basura dentro de la campana o del ducto de salida.
	Fugas en tubería.	Cambiar el tramo de tubería.
	Ruido excesivo en el extractor.	Balanceo del ventilador.
	Uniones.	Reemplazar la silicona de las uniones, caso contrario reemplazar la unión.
Termostato.	Descontrol de temperatura.	Uso de termopares muy sensibles que inmediatamente ven el cambio drástico de temperatura y en el proceso de electropulido. Cambiar el tipo de temperatura.

Anexo L-2	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 8 de 12
ELEMENTO	CAUSA	ACCIÓN
Termostato.	Descontrol de temperatura.	Revisar si la manguera de protección está en buenas condiciones. Caso contrario cambiar de protección.
Cuarzo.	El calefactor no enciende.	Verificar la relación temperatura – enfriamiento no sea erróneo.
Mecanismo de agitación.	El desplazamiento es demasiado largo.	Verificar la unión entre biela y corredera.
		Verificar que la biela tenga excentricidad en la manivela.
	Recalentamiento.	Cambiar los rodamientos.
	Mal acople.	Cambio de bandas de transmisión.

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido	N°:	Realizado por:D.O./C. M.	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Cuba Electrolítica	Ref: 1	Revisado por:M.C. F.P.	Fecha: Enero. 2013	De: 1

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LAS FALLAS	
1	Contener un volumen de 774 litros de acido para efectos de electropulido.	A	Incapaz de contener un volumen 774 litros de acido para efectos de electropulido.	1	Cuba expuesta al aire libre con los ácidos.	Se produciría daños en la cuba si no se trabaja de una buena manera con los ácidos y sus guías de apoyo, verifique constantemente que no haya fisuras y roturas en las paredes de la cuba.	

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido	N°:	Realizad por:	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Cuba Electrolítica	Ref: 1	Revisad por :	Fecha: Enero. 2013	De: 1

Referencia De Información			Evaluación de Las consecuencias				H1 S1 O	H2 S2 O	H3 S3 O	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuenci a Inicial	A realizar Por:
F	F	F	H	S	E	O				H	H	S			
							1 N1	2 N2	3 N3	4	5	4			
1	A	1	S	N	S	S	S						Antes de cada proceso de electropulido revisar el estado de él acido que no presente contaminaciónes la solución, revisar que se encuentre en buen estado la Cuba.	Cada turno	Operari o

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido	N°:	Realizado por: D.O./C. M.	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Sistema de agitación	Ref: 2	Revisado por : M.C. /F.P.	Fecha: Enero. 2013	De: 1

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LAS FALLAS	
1	Generar una velocidad angular de 16rpm para efectos de electropulido.	A	Incapaz de generar una velocidad angular de 16rpm para efectos de electropulido.	1	Verificar el correcto posicionamiento de la banda (reducción) de transmisión.	Como la banda se encuentra sujeta a poleas el uso excesivo puede producir un desgaste de la banda de transmisión.	
				2	Verificar el sentido de giro, el posicionamiento con la manivela, el acople entre el ánodo y la biela.	Como el mecanismo biela manivela corredera necesita un buen funcionamiento se necesita especificar el sentido de giro y un buen acople entre biela-manivela-ánodo.	

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido	N°:	Realizado por:	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Sistema de agitación	Ref: 2	Revisado por :	Fecha: Enero. 2013	De: 1

Referencia De Información			Evaluación de Las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar Por:
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar el sistema de reducción de velocidad, cambiar la banda si está rota, además ver en qué estado se encuentran las poleas y ejes.	A condición	Mtto. Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Revisar el sentido de giro y los acoples si es necesario remplazarlos por unos nuevos.	A condición	Mtto. Mecánico

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido	N°:	Realizado por: D.O./C. M.	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Sistema de Extracción de Gases.	Ref: 3	Revisado por : M.C. /F.P.	Fecha: Enero. 2013	De: 1

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LAS FALLAS	
1	Extraer vapores y contaminante para efectos de electropulido.	A	Incapaz de extraer vapores y contaminante para efectos de electropulido.	1	Limpiar y verificar roturas, que no se produzcan ruidos ni vibraciones excesivas.	El extractor debe ser verificado para que no tenga roturas que no le permitan obtener un buen funcionamiento de extracción de gases.	
				2	Verificar la existencia de fugas en las uniones de la campana, codo, techera.	Instalaciones de las tuberías y uniones no estén en malas condiciones pueden provocar daños y fugas en los conductos.	

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido	N°:	Realizado por:	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Sistema de Extracción de Gases.	Ref: 3	Revisado por :	Fecha: Enero. 2013	De: 1

Referencia De Información			Evaluación de Las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar Por:
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	S	S	S						Revisar periódicamente el extractor si está en funcionamiento.	Cada turno	Operador
1	A	2	S	N	S	S	S						Revisar el estado de los ductos y uniones.	Cada turno	Mtto. Eléctrico

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido.	N°:	Realizado por: D.O./C. M.	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Sistema de calentamiento.	Ref: 4	Revisado por : M.C./F.P.	Fecha: Enero. 2013	De: 1

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTOS DE LAS FALLAS	
1	Calentar la sustancia a una temperatura de 60 °C para efectos de electropulido.	A	Incapaz de Calentar la sustancia a una temperatura de 60 °C para efectos de electropulido.	1	Verificar si el calefactor tiene roturas.	Calefactor de cuarzo es muy sensible por lo cual se debe proteger bien y tener cuidado en su funcionamiento.	
				2	Revisar si la manguera de de medición del termostato tiene roturas.	Instalaciones del termostato en malas condiciones pueden provocar daños al calefactor o sustancia dentro de la cuba, revisar periódicamente la manguera de medición de temperatura del termostato.	

SISTEMA/ACTIVO Sistema de Electropulido.	N°:	Realizado por:	Fecha: Enero. 2013	Hoja: 1
SUB SISTEMA/COMPONENTE: Sistema de calentamiento.	Ref: 4	Revisado por :	Fecha: Enero. 2013	De: 1

Referencia De Información			Evaluación de Las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de "			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar Por:
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar periódicamente el calefactor si esta en un buen funcionamiento.	Cada turno	Operador
1	A	2	S	N	N	S	S						Revisar el estado de las conexiones termostato y de su manguera de medición de temperatura.	Cada turno	Operador

ANEXO M

MANUAL DE SEGURIDAD



Ingenieros Lara Núñez Cía. Ltda.

RESPONSABLES

Mayacela V. Cristian A.

Otáñez S. David N.

AMBATO – ECUADOR

Dirección: Panamericana Norte Km. 5 sector el Pisque (junto a
la Esforse)

Teléfono: 03 285476

1) **PROTEGER:** Hacer el lugar seguro para usted y el accidentado, eliminando cualquier riesgo.

2) **AVISAR:** Comunique la urgencia.

En cualquiera de los casos se deberá indicar:

✚ Nombre e interno desde el cual llama.

✚ Ubicación de la emergencia médica (edificio, piso, sala, sector).

✚ Tipo de emergencia.

✚ Persona involucrada (nombre y apellido completo y N° de documento del accidentado).

3) **SOCORRER:**

✚ Actúe sin precipitación.

✚ No mueva al accidentado sin conocer antes las posibles lesiones.

✚ Permanezca sereno y tranquilice al lesionado hasta que llegue la ayuda de un profesional médico.

4) **En caso que la persona lesionada o accidentada sea un docente o personal.**

En caso de necesitar traslado con ambulancia se deberá llamar al 911 o en caso de contar el agente con un servicio de emergencia médica privada, llamar al mismo.

ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.**Precauciones:**

- ✚ Antes de almacenar cualquier sustancia asegúrese de conocer sus incompatibilidades.
- ✚ Antes de almacenar cualquier sustancia química obtenga y conozca la ficha de seguridad del producto.
- ✚ En caso de que los envases no posean etiquetas, elabórelas incluyendo en ellas nombre de la sustancia, composición y símbolos de peligro y seguridad.
- ✚ Almacene en lugares secos y bien ventilados.
- ✚ Deposite las sustancias preferiblemente en estantes de madera, no muy altos.
- ✚ Almacene las sustancias químicas en sitios alejados de conexiones y fuentes eléctricas.
- ✚ Nunca deje sustancias abandonadas después de trabajar en el laboratorio; guárdelas o dispóngalas para su eliminación.

SISTEMA DE ETIQUETADO

Uno de los sistemas más usados para el etiquetado de productos químicos es el J. T. Baker SAF-T-DATA Labeling System. El mismo utiliza números, dibujos y colores para la identificación de riesgos potenciales, descripción de medidas precautorias y recomendaciones para el almacenamiento.

El diamante de seguridad suministra información sobre los riesgos que implica la manipulación de un producto. Esta clasificación va de 0 a 4, donde el número cero representa el riesgo más bajo y el cuatro el más alto.



ROMBO AMARILLO INDICA REACTIVIDAD.**Interpretación:**

4. Materiales que son capaces de detonar fácilmente o de tener descomposición explosiva o reacción a temperaturas y presiones normales (peróxido de benzoilo, ácido pícrico).
3. Materiales que son capaces de tener reacción de detonación o explosión pero requieren una fuerte fuente de ignición o deben ser calentados confinados antes del inicio o reaccionan explosivamente con agua (diborano, óxido de etileno, 2-nitro propadieno).
2. Materiales que en sí son normalmente inestables y sufren fácilmente un cambio químico violento pero no detonan o pueden reaccionar violentamente con agua o pueden formar mezclas potencialmente explosivas con el agua (acetaldehido, potasio).
1. Materiales que en sí son normalmente estables, pero pueden hacerse inestables a temperaturas elevadas o reaccionar con alguna liberación de energía, pero no violentamente (éter etílico, sulfúrico).
0. Materiales que en sí son normalmente estables, incluso cuando son expuestos al fuego y que no reaccionan con el agua.

ROMBO AZUL INDICA RIESGO PARA LA SALUD**Interpretación:**

4. Materiales que en muy poco tiempo pueden causar la muerte o daños permanentes, aunque se hubiera recibido pronta atención médica (acrilonitrilo, bromo, paratión).
3. Materiales que en un corto tiempo pueden causar daños temporales o residuales, aunque se hubiera recibido pronta atención médica (anilina, hidróxidos, ácido sulfúrico).
2. Materiales que en exposición intensa o continúa pueden causar incapacidad temporal o posibles daños residuales a menos que se dé pronta atención médica (bromo, benceno, piridina).
1. Materiales que en exposición causan irritación, pero sólo leves lesiones residuales, incluso si no se da tratamiento (acetona, metanol).
0. Materiales que en exposición al fuego no ofrecen peligro más allá que el de un material combustible ordinario.



EL ROMBO ROJO INDICA RIESGO DE INFLAMABILIDAD**Interpretación:**

4. Materiales que se evaporan rápida o completamente a presión atmosférica y temperatura ambiente normal y se queman fácilmente en el aire (1,3butadieno, propano, óxido de etileno).
3. Líquidos y sólidos que pueden encenderse bajo casi cualquier temperatura ambiente (fósforo, acrilonitrilo).
2. Materiales que deben ser calentados moderadamente o ser expuestos a temperatura ambiente relativamente alta antes de que tenga lugar la ignición (2-butanona, querosina).
1. Materiales que deben ser precalentados antes que tenga lugar la ignición (sodio, fósforo rojo).
0. Materiales que no arderán.

EL ROMBO BLANCO INDICA EL RIESGO ESPECÍFICO.







Está designado para información especial acerca del producto químico.

Interpretación:

Oxidante	OX	Corrosivo	COR
Ácido	ACID	Lejos del agua	
Alcalino	ALK	Radiactivo	

DERRAMES DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Derrames de líquidos inflamables, productos tóxicos o corrosivos ejecute el siguiente procedimiento general:

-  Interrumpa el trabajo.
-  Determine el método de limpieza adecuado consultando la información brindada por el fabricante del producto o mediante los Material Safety DataSheet (MSDS).
-  Realice la limpieza solamente si se dispone de los elementos protectores adecuados.
-  Solicite ayuda inmediata para limpiar el lugar en forma adecuada.
-  Asegúrese que se ha corregido totalmente el problema.
-  Informe lo ocurrido a la Comisión de Seguridad.

DERRAMES DE PRODUCTOS QUÍMICOS SOBRE LA PIEL.

Los productos químicos que se hayan vertido sobre la piel, deben limpiarse inmediatamente. Algunas veces el agua es suficiente, pero en otras ocasiones, como en el caso de quemaduras con fenoles, se debe limpiar primero con alcohol etílico. Las duchas de seguridad instaladas en los laboratorios se utilizan en aquellos casos en los que la zona afectada del cuerpo es tan grande que el lavado en la pileta no es suficiente o cuando la rapidez en el lavado es muy importante para reducir la gravedad y la extensión de las heridas.

Cuando se produzcan contactos irritantes de ácidos con la piel, seque la zona afectada y luego lave rápidamente con solución de bicarbonato sódico al 5-10% y posteriormente con abundante agua. Si la irritación fue causada por un álcali, lave rápidamente las zonas afectadas con una solución saturada de ácido bórico o una solución al 1% de ácido acético y posteriormente con abundante agua.

En los casos de salpicaduras de ácidos o bases en los ojos, el tiempo para el lavado es de vital importancia (menos de 10 segundos). Lave la parte afectada con abundante agua corriente durante no menos de 10 minutos ayudándose con un frasco lavador.

En todos los casos se debe solicitar asistencia médica por más leves que parezcan las lesiones.

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL TRABAJO CON SUSTANCIAS QUÍMICAS

- ✚ Los envases de reactivos que se conserven en el laboratorio deben tener, además de la etiqueta de los fabricantes, otras que informen sobre los riesgos en su manejo (sistema Baker). Cada etiqueta debe contener una sola palabra en letras mayúsculas de color rojo. Ejemplo: VENENO, EXPLOSIVO, INFLAMABLE, CORROSIVO, etc.
- ✚ Al manipular sustancias corrosivas es obligatorio el uso de equipo personal de protección.
- ✚ Para transferir líquidos, especialmente los corrosivos o tóxicos, con ayuda de pipeta, ésta debe llenarse con una pera de goma o propipeta. Está prohibido pipetear con la boca.
- ✚ Al poner en contacto sustancias que reaccionen violentamente o al calentar líquidos en tubos de ensayo o frascos, aparte el rostro para que no sea alcanzado por posibles proyecciones. Se recomienda usar antiparras o máscaras.
- ✚ Los gases tóxicos que se produzcan o se usen en una reacción y que sean dirigidos a la campana de extracción, deben absorberse en un medio adecuado o transformarse en sustancias inocuas.

PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL TRABAJO CON SUSTANCIAS QUÍMICAS (CONTINUACIÓN)

- ✚ Todas las operaciones con sustancias volátiles deben hacerse en la campana de extracción.
- ✚ Queda estrictamente prohibido saborear cualquier sustancia química.
- ✚ Después de terminar un trabajo con sustancias químicas es necesario lavarse cuidadosamente las manos y la cara.
- ✚ Queda prohibido usar las estufas de secado para calentar alimentos.
- ✚ También se prohíbe comer o beber en los materiales del laboratorio.
- ✚ Los productos químicos deben almacenarse organizadamente cuidando que queden en áreas separadas los materiales que puedan reaccionar violentamente. Los drogueros deben estar fuera de los laboratorios y estar equipados con extractores de aire al nivel del suelo y del techo.
- ✚ Las sustancias susceptibles de generar peróxidos (THF, éter, etc.), deben estar sujetas a verificación periódica.

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS

Con el objeto de efectuar correctamente las operaciones de manipulación, etiquetado y envasado de los residuos, se debe tener en cuenta la clasificación de los mismos por sus propiedades químicas y físicas.

Grupo I	Disolventes halogenados: líquidos orgánicos con un contenido de más de un 2% de algún halógeno.
Grupo II	Disolventes no halogenados: líquidos orgánicos con un contenido de menos de un 2% de algún halógeno.
Grupo III	Disoluciones acuosas: soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos.
Grupo IV	Ácidos: ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas.
Grupo V	Aceites: aceites minerales generados en operaciones de mantenimiento.
Grupo VI	Sólidos: pueden ser de origen orgánico o inorgánico.
Grupo VII	Especiales: oxidantes fuerte, comburentes (peróxidos), compuestos pirofosfóricos (magnesio metálico en polvo), compuestos muy reactivos, compuestos muy tóxicos, compuestos no identificados.

PICTOGRAMAS DE SEGURIDAD EN EL ÁREA DE TRABAJO**PROTECCIÓN PERSONAL****GUANTES**

Puesto que la mayor parte de los reactivos ácidos y algunas sales son corrosivas y atacan a la piel, se deben utilizar guantes que eviten el contacto de los productos químicos con la piel.

**ELIMINACIÓN DE RESTOS**

Hay productos venenosos que se absorben rápidamente a través de la piel (benceno, sulfato de dimetilo, etc.) y otros que quedan adheridos a las manos. Para evitar un posible envenenamiento posterior, lavarse las manos a menudo con agua utilizando algún jabón específico.

**CALZADO DE SEGURIDAD**

En cierto tipo de laboratorios será necesario el empleo de botas aislantes o de alta protección contra los reactivos.

**MASCARILLA**

Cuando así se indique será necesario el uso de mascarillas sencillas, para protegerse de los gases que emiten algunos reactivos.

PICTOGRAMAS DE SEGURIDAD EN EL ÁREA DE TRABAJO**PROTECCIÓN PERSONAL****PROTECCIÓN OCULAR**

Se debe emplear en todo momento gafas de seguridad que protejan los ojos de posibles salpicaduras y proyecciones. En caso de emergencia, lavar los ojos con abundante agua.


**PROTECCIÓN DE GASES**

Todas las operaciones que vayan acompañadas de desprendimiento de gases tóxicos (reacciones de síntesis de gases, calentamiento de ácidos concentrados, evaporaciones, etc.) o que exista riesgo de proyecciones deben efectuarse bajo campana, y en casos extremos emplear máscaras de protección contra gases.






**ROPA DE SEGURIDAD**

El delantal es imprescindible para proteger la ropa de posibles salpicaduras de consecuencias irreversibles.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

 <p>PULSADOR DE ALARMA</p>	<p>Pulsador de alarma que en algunos casos activa el sistema de extinción automático de incendios (extinción por halones, CO₂ ó agua).</p>
 <p>EXTINTOR</p>	<p>Existen diversos tipos de extintores en función del fuego a apagar:</p> <ul style="list-style-type: none">A. Sólidos combustibles (madera, papel, tela)B. Líquidos inflamables, sólidos que se licuan al arderC. Gases procedentes de proyectilesD. Metales e hidruros metálicosE. Equipos eléctricos
 <p>BOCA CONTRA-INCENDIOS</p>	<p>El agua es un extintor para fuegos de clase A, únicamente para papel, madera o tela. No es válido para los sólidos que funden al arder. Además debe evitarse su contacto con metales reactivos (sodio, magnesio, etc.).</p>

INDICADORES DE EMERGENCIA.

 PUESTO DE SOCORRO BOTIQUÍN	El laboratorio debe tener las medidas necesarias para tratar heridas, quemaduras e intoxicaciones. Estos materiales estarán en una caja sin llave y situada en lugar visible y de fácil acceso.
 DUCHA	En aquellos laboratorios donde hay riesgos elevados de contaminación de los operarios existen duchas para eliminar los residuos de los trajes de protección.
 LAVAOJOS	En caso de salpicaduras a los ojos éstos deben lavarse con abundante agua.
 ENFERMERÍA	La enfermería debe emplearse en casos graves
 SALIDA DE EMERGENCIA	Las salidas de emergencia deben estar debidamente señalizadas.

REACTIVOS QUÍMICOS

E
EXPLOSIVO

Sustancias y preparados que pueden explotar al acercarlos una llama o por choques o movimientos violentos. Debe evitarse el calor, fuego, chispas, percusión o fricción.

Mezclas como sodio y agua, hidrógeno y aire (en contacto con una llama).



F
Fácilmente Inflamable

F+
**Extremadamente
Inflamable**

Sustancias que por la acción de una fuerte ignición, pueden arder y continuar quemando. Deben mantenerse lejos de llamas, chispas y fuentes de calor.

Acetona, alcoholes, benceno, magnesio en polvo, hexano, fenolftaleína, éter etílico.

Líquidos con puntos de inflamación y ebullición bajos, y gases que a presión y temperatura ambiente son muy inflamables en el aire. Deben mantenerse lejos de llamas, chispas y fuentes de calor.

REACTIVOS QUÍMICOS. (CONTINUACIÓN)

O
comburente

En contacto con otros productos, especialmente con los inflamables, reaccionan desprendiendo calor. Pueden provocar incendios.

Nitrato de amonio, de plomo, de potasio, de aluminio y de cinc.

Clorato de sodio, de potasio. Ácido perclórico, dicromato de potasio, ácido nítrico, agua oxigenada.



T
Tóxico

T+
Muy tóxico

Por inhalación, ingestión o penetración por la piel, pueden producir envenenamientos graves, o incluso la muerte.

La absorción de estas sustancias en cantidades muy pequeñas puede tener efectos muy graves para la salud, pudiendo llegar a consecuencias mortales.

Benceno, mercurio, metanol, cianuros, arsénico, dicromato de potasio, tetracloruro de carbono, óxidos de nitrógeno, halógenos, fenol, sulfato de cromo, anilinas.

REACTIVOS QUÍMICOS. (CONTINUACIÓN)



Xn
Nocivo
Xi
irritante

Por inhalación, ingestión o penetración por la piel pueden producir daños de gravedad limitada. Ácido bórico, permanganato de potasio, yodo, algunas sales y óxido de plomo, naftaleno, algunas sales y óxidos de cobre.

Por contacto prolongado con piel y mucosas, pueden originar inflamaciones.

Hidróxido de amonio, sulfato de sodio, cromato de potasio, gases de muchos ácidos (clorhídrico, nítrico, sulfúrico, etc.).



C
Corrosivo

Sustancias y preparados que tienen una acción corrosiva sobre la piel.

Muchos ácidos (nítrico, clorhídrico, sulfúrico, etc.), nitrato de plata, bases fuertes (hidróxido de sodio, de potasio, amoníaco).



N
Peligro para el medioambiente

El contacto de esta sustancia con el medioambiente puede causar daños en el ecosistema.

Benceno, cianuro de potasio, entre otros

REACTIVOS QUÍMICOS (CONTINUACIÓN).

R
Radiactivo

Riesgo de emisión radiactiva
Ciertos isótopos de algunos elementos (yodo), polonio, etc.



B
Peligro biológico

Riesgo de peligro biológico
Trabajo con virus y bacterias



Riesgo de sustancias químicas

Indicativo genérico de riesgo de sustancia química.
Los colores representan: azul (riesgo para la salud), rojo (inflamabilidad), amarillo (reactividad) y blanco (riesgos especiales).



Ingenieros Lara Núñez Cia. Ltda.

Señores

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE-EL.

Ing. Wilson Sánchez

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Por la presente:

El suscrito, Sra. Carmita Lara en calidad de Gerente de la empresa "INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA", tiene a bien:

CERTIFICAR

Que el Sr. **MAYACELA VALDEZ CRISTIAN ANDRÉS** portador de la cédula de ciudadanía N° 171931068-0 y el Sr. **OTAÑEZ SANDOVAL NELSON DAVID** portador de la cédula de ciudadanía N° 050313084-1, egresados de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE-EL; cumplieron a cabalidad con el proyecto de nombre "**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PULIDO ELECTROLÍTICO DE MATERIALES FERROSOS PARA EL PROCESO DE CROMADO EN LA EMPRESA INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA**". Llegando a cumplir con todos los objetivos y metas propuestas dentro del tiempo establecido.

Que, la empresa "INGENIEROS LARA NUÑEZ CIA LTDA", está satisfecha con la labor y responsabilidad que el Sr. **MAYACELA CRISTIAN** y el Sr. **OTAÑEZ DAVID** demostraron en el proyecto.

Es todo cuanto puede certificar en honor a la verdad, autorizo a los señores egresados hacer uso del presente documento como estimaran conveniente.

Ambato, Septiembre 27 del 2013

Sra. Carmita Lara
GERENTE

Dir.: Panamericana Norte Km. 5 sector el Pisque (junto a la Esforsft)
Telf.: 03 2854769 Cef.: 093989479
Ambato - Ecuador

Latacunga, Diciembre 2013

Autores:

.....
Mayacela Valdez Cristian Andrés

.....
Otañez Sandoval Nelson David

.....
Ing. Wilson Sánchez Ocaña
DIRECTOR DE LA CARRERA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

.....
Dr. Rodrigo Vaca Corrales
SECRETARIO ACADÉMICO