



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO  
EN SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS**

**AUTOR:  
FREDDY DAVID CASTRO GARCÉS**

**DIRECTOR:  
ING. DIEGO LUIS ORTIZ MORALES**

**Ibarra – Ecuador  
2017**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	092685599-0		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	CASTRO GARCÉS FREDDY DAVID		
<b>DIRECCIÓN:</b>	OTAVALO, YAHUARCOCHA Y SAN PABLO		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:fdcastro@utn.edu.ec">fdcastro@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0993-515217

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS
<b>AUTOR (ES):</b>	CASTRO GARCÉS FREDDY DAVID
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2017-02-17
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	ING. DIEGO ORTIZ

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **FREDDY DAVID CASTRO GARCÉS**, con cédula de identidad Nro. **092685599-0**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de febrero de 2017

**EL AUTOR:**

(Firma).....

**Nombre:** Freddy David Castro Garcés



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR  
DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **FREDDY DAVID CASTRO GARCÉS**, con cédula de identidad Nro. **092685599-0**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 17 días del mes de febrero de 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Freddy David Castro Garcés', is written over a horizontal dotted line.

(Firma) .....

**Nombre:** Freddy David Castro Garcés

**Cédula:** 092685599-0



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICADO DEL ASESOR**

El señor Freddy David Castro Garcés ha trabajado en su totalidad en el desarrollo del proyecto de **“MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, trabajo que lo realizó con interés profesional y responsabilidad, es todo por cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Diego Ortiz", is written over a horizontal dotted line.

**Ing. Diego Ortiz**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

## **DECLARACIÓN**

Yo, **FREDDY DAVID CASTRO GARCÉS**, cédula de identidad Nro. **092685599-0**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte – Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Freddy David Castro Garcés", is written over a horizontal dotted line.

**Freddy David Castro Garcés**  
**092685599-0**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios<sup>1</sup> por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para llevarme a través del tiempo a este punto de mi existencia, mediante las decisiones que tome a lo largo de mi vida, superándome cada día siendo mejor y dejando el mundo mejor de lo que está.*

*A mis padres que cimentaron mi camino durante toda mi vida con su ejemplo, apoyo y guía; Freddy y Rocío los amo.*

*A mis hermanos Bryan, Kevin y Ariel por todos esos momentos de felicidad, tristeza y aprendizaje que vivimos juntos.*

*A mi abuela Yolanda y mi tío Manolo por darme la mano y permitir que siga adelante con mis estudios; me supieron aconsejar y son para mí un modelo de vida y superación.*

*A mi abuela Fanny por criarme con su amor y dulzura.*

*A Kathy Almeida y su familia por todo el apoyo incondicional, especialmente en los momentos más difíciles.*

*A mis tutores de trabajo de grado Ing. Diego Ortiz, Ing. Fernando Valencia, Ing. Gabriela Verdezoto e Ing. Washington Mosquera quienes me supieron ayudar, guiar y corregir con su experiencia y conocimiento.*

*A todos mis maestros quienes con su sabiduría y experiencia abrieron mis ojos al conocimiento y me guiaron por los caminos de las ciencias.*

*Agradezco el apoyo económico al Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo y a la Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología.*

*Parte de esta obra les pertenece.*

*David.*

---

<sup>1</sup> **Josué 1: 9.** *Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas.*

## DEDICATORIA

- *En memoria de Fanny Del Rocio Garcés Muñoz -*  
*Mi admirada y amada madre desde el cielo me bendices,*  
*tú me enseñaste lo que significa luchar ante la adversidad,*  
*fuieste mi roca y mi fortaleza, tu memoria inspirará generaciones.*

*A mis padres quienes, con su amor, personalidad, sacrificio y abnegación*  
*han hecho posible que culmine con éxito una de las etapas*  
*más importantes de mi vida a pesar de las circunstancias de la vida*  
*nunca se rindieron, siguieron adelante y estuvieron siempre a mi lado.*

*El presente trabajo está dedicado*  
*a todas las personas que en mi creyeron*  
*desde el día uno hasta el final,*  
*siendo ese impulso para seguir adelante*  
*con fortaleza, entusiasmo y actitud;*  
*la esencia de lo que soy*  
*es gracias a ustedes.*

*Les dedico todo mi esfuerzo con infinita pasión.*

*David<sup>2</sup>.*

---

<sup>2</sup> "...You see whoever controls technology controls the world. The Roman empire ruled the world because they built roads. The British empire ruled the world because they built ships. America; the atom bomb. And so on and forth..."

- (Singer, Peters, & Lee, 2006).



## CONTENIDO

MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS .....	I
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	I
1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	I
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	II
3. CONSTANCIAS.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	III
CERTIFICADO DEL ASESOR .....	IV
DECLARACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA.....	VII
CONTENIDO .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XXI
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS .....	XXII
RESUMEN.....	XXIV
SUMMARY .....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVI
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	XXVI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	XXVI
OBJETIVOS .....	XXVII
OBJETIVO GENERAL .....	XXVII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	XXVII
ANTECEDENTES .....	XXVII
JUSTIFICACIÓN .....	XXIX
ALCANCE .....	XXX
ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	XXX
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. PINTURA TIPO CROMO.....	1

1.1.1.	CAPA BASE .....	2
1.1.1.1.	Pintura de fondo.....	3
1.1.1.2.	Barniz.....	3
1.1.2.	CAPA DE PINTURA TIPO CROMO .....	4
1.1.2.1.	Componente R .....	4
1.1.2.1.1.	Composición química del componente R .....	5
1.1.2.1.2.	Compuesto R.....	5
1.1.2.2.	Componente C1 .....	6
1.1.2.2.1.	Composición química del componente C1 .....	6
1.1.2.3.	Componente C2.....	6
1.1.2.3.1.	Composición química del componente C2 .....	6
1.1.2.3.2.	Compuesto C.....	6
1.1.2.4.	Componente G1.....	8
1.1.2.4.1.	Composición química del componente G1 .....	8
1.1.2.5.	Componente G2.....	8
1.1.2.5.1.	Compuesto G.....	8
1.1.2.6.	Agua.....	10
1.1.2.7.	Jabón líquido.....	11
1.1.2.8.	Aplicación de calor a la capa de barniz .....	12
1.1.2.9.	Elementos para la mezcla de las sustancias químicas .....	12
1.1.3.	CAPA PROTECTORA .....	13
1.1.4.	NORMAS DE SEGURIDAD Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL .....	14
1.2.	PROCEDIMIENTO Y APLICACIÓN.....	15
1.2.1.	PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE .....	15
1.2.1.1.	Preparación de superficies metálicas.....	16
1.2.1.2.	Preparación de superficies plásticas.....	17
1.2.2.	APLICACIÓN DE LA CAPA BASE .....	18
1.2.2.1.	Aplicación de la pintura de fondo .....	18
1.2.2.2.	Aplicación del barniz .....	18
1.2.3.	APLICACIÓN DE LA CAPA DE PINTURA TIPO CROMO .....	20
1.2.4.	APLICACIÓN DE LA CAPA PROTECTORA .....	23
CAPÍTULO II	.....	25
2.	MARCO METODOLÓGICO.....	25
2.1.	METODOLOGÍA .....	25

2.2.	DISEÑO Y SELECCIÓN.....	27
2.2.1.	DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO .....	27
2.2.1.1.	Diseño neumático.....	27
2.2.1.2.	Selección de los componentes neumáticos.....	29
2.2.1.2.1.	Selección de las pistolas atomizadoras .....	29
2.2.1.2.2.	Recipientes de pulverización de las sustancias químicas.....	33
2.2.1.2.3.	Unidad de mantenimiento .....	34
2.2.1.2.4.	Compresor .....	36
2.2.1.2.5.	Selección de tuberías y accesorios.....	39
2.2.1.3.	Diseño mecánico para el sistema neumático .....	41
2.2.1.3.1.	Parámetros geométricos.....	41
2.2.1.3.2.	Selección del material.....	42
2.2.1.3.3.	Condiciones de borde .....	43
2.2.1.3.4.	Simulación estructural.....	44
2.2.1.3.5.	Selección de las ruedas.....	48
2.2.2.	DISEÑO DE LA CÁMARA TÉRMICA .....	52
2.2.2.1.	Diseño mecánico de la cámara térmica .....	52
2.2.2.1.1.	Parámetros geométricos.....	52
2.2.2.1.2.	Selección del material.....	53
2.2.2.1.3.	Condiciones de borde .....	55
2.2.2.1.4.	Simulación estructural.....	55
2.2.2.2.	Selección del aislamiento térmico .....	58
2.2.2.3.	Selección de los elementos resistivos.....	63
2.2.2.3.1.	Características generales de las resistencias térmicas .....	64
2.2.2.3.2.	Cálculo de la transferencia de energía térmica.....	66
2.2.2.3.3.	Selección del tipo de conductor de la cámara térmica.....	75
2.2.2.4.	Diseño del sistema de control .....	76
2.2.2.4.1.	Selección de controlador de temperatura .....	77
2.2.2.4.2.	Selección del interruptor de encendido y apagado .....	79
2.2.2.4.3.	Circuito de maniobra para la interrupción eléctrica .....	80
2.2.2.4.4.	Selección del sensor de temperatura.....	81
CAPÍTULO III.....		83
3.	RESULTADOS.....	83
3.1.	CONSTRUCCIÓN .....	83

3.1.1.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO .....	83
3.1.2.	CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA TÉRMICA.....	85
3.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	87
3.2.1.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO..	87
3.2.1.1.	Pruebas sonoras .....	88
3.2.1.2.	Pruebas visuales.....	88
3.2.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA TÉRMICA ....	89
3.2.2.1.	Prueba de aplicación con carga .....	89
3.2.2.2.	Prueba de porcentaje de error de temperatura .....	90
3.2.3.	PRUEBA DE APLICACIÓN DEL PROCESO MEDIANTE VARIACIÓN DE PARÁMETROS.....	91
3.2.4.	PRUEBAS DE CALIDAD DE PRODUCTO.....	96
3.2.4.1.	Pruebas de adherencia mediante prueba de la cinta .....	97
3.2.4.1.1.	Aparatos y materiales .....	97
3.2.4.1.2.	Método del corte en X.....	98
3.2.4.1.3.	Método de la cuadrícula .....	99
3.2.4.1.4.	Desarrollo de la prueba de adherencia.....	101
3.2.4.1.5.	Prueba de adherencia probeta de metal.....	102
3.2.4.1.6.	Prueba de adherencia probeta de plástico .....	102
3.2.4.2.	Pruebas de resistencia al impacto .....	103
3.2.4.2.1.	Aparatos y materiales .....	103
3.2.4.2.2.	Procedimiento.....	103
3.2.4.2.3.	Desarrollo de la prueba de resistencia al impacto .....	104
3.2.4.2.4.	Prueba de resistencia al impacto probeta de metal.....	104
3.2.4.2.5.	Prueba de resistencia al impacto probeta de plástico.....	105
3.2.4.3.	Pruebas de resistencia al ataque químico.....	106
3.2.4.3.1.	Aparatos y materiales .....	106
3.2.4.3.2.	Procedimiento.....	106
3.2.4.3.3.	Desarrollo de la prueba de ataque químico .....	107
3.2.4.3.4.	Prueba de ataque químico probeta de metal.....	107
3.2.4.3.5.	Prueba de ataque químico probeta de plástico .....	108
CAPÍTULO IV	.....	113
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
4.1.	CONCLUSIONES.....	113
4.2.	RECOMENDACIONES .....	114

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	115
ANEXOS.....	121
ANEXO A. ....	123
HOJAS TÉCNICAS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS .....	123
A.1. COMPONENTE C1 Y C2.....	123
A.2. COMPONENTE G1 Y G2.....	123
A.3. COMPONENTE R.....	123
A.4. PINTURA DE FONDO.....	131
A.5. BARNIZ DE POLIURETANO .....	134
A.6. PLAN DE PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN UNA SUPERFICIE DE 10X10.....	136
ANEXO B. ....	139
MESA DE CROMADO .....	139
B.1. DISEÑO DE LA MESA DE CROMADO .....	140
B.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA MESA DE CROMADO .....	141
B.3. CONSTRUCCIÓN DE LA MESA DE CROMADO.....	143
OPERACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MESA DE CROMADO .....	143
ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA MESA DE CROMADO .....	145
B.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO LA MESA DE CROMADO .....	146
ANEXO C. ....	149
PROBLEMAS COMUNES EN LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO CROMADO .....	149
ANEXO D. ....	157
ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL PROCESO DE CROMADO .....	157
D.1. INVERSIÓN FIJA .....	158
D.2. COSTOS.....	159
D.3. GASTOS .....	161
D.4. COSTO PRIMO.....	161
D.5. COSTO DE CONVERSIÓN .....	161
D.6. COSTO DE PRODUCCIÓN .....	162
D.7. COSTO TOTAL.....	162
D.8. PRECIO DE VENTA.....	162
D.9. COSTO UNITARIO .....	163

D.10. COSTO DE DISTRIBUCIÓN .....	163
D.11. PRECIO DE VENTA UNITARIO .....	163
ANEXO E. ....	165
MANUAL DE OPERACIÓN Y CALIBRACIÓN .....	165
E.1. ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD .....	168
E.2. COMPONENTES DE LA MÁQUINA .....	169
E.3. MEZCLA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS Y CONDICIONES PARA LA APLICACIÓN.....	171
E.4. INSTALACIÓN Y ALINEACIÓN .....	175
E.5. PUESTA EN MARCHA .....	176
E.6. APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE PINTURA .....	177
E.7. LIMPIEZA Y DESMONTAJE .....	179
E.8. MANTENIMIENTO .....	180
ANEXO F. ....	183
PLANOS MECÁNICOS .....	183
ANEXO G. ....	189
GALERÍA DE IMÁGENES.....	189
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	193

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1.	
Relación de mezcla de la imprimación. ....	3
TABLA 1. 2.	
Relación de mezcla para aplicación del barniz. ....	4
TABLA 1. 3.	
Proporciones del compuesto R. ....	5
TABLA 1. 4.	
Proporciones del compuesto C. ....	7
TABLA 1. 5.	
Proporciones del compuesto G. ....	9
TABLA 1. 6.	
Características de los compuestos químicos. ....	10
TABLA 1. 7.	
Tipos de iones más comunes que contaminan el proceso de cromado. ....	10
TABLA 1. 8.	
Agua para uso en el proceso de cromado. ....	11
TABLA 1. 9.	
Proporciones para la mezcla del jabón líquido. ....	12
TABLA 1. 10.	
Material necesario para realizar las mezclas del recubrimiento tipo espejo. ....	13
TABLA 1. 11.	
Proporción de mezcla para aplicación de la capa protectora (barniz). ....	14
TABLA 1. 12.	
Características de las capas de cromado. ....	14
TABLA 2. 1.	
Siglas y designación de cada componente del circuito neumático. ....	28
TABLA 2. 2.	
Características de los diferentes tipos de sistemas para la aplicación de recubrimientos por aspersion. ....	29
TABLA 2. 3.	
Características técnicas de diferentes pistolas atomizadoras. ....	30
TABLA 2. 4.	
Experiencia práctica para determinar el coeficiente de carga en una instalación neumática. ....	38
TABLA 2. 5.	
Características del compresor MSV40. ....	39
TABLA 2. 6.	
Caudal máximo recomendado en tuberías de aire a presión para longitudes no superiores a 15 [m]. ....	40
TABLA 2. 7.	
Características de las mangueras de poliuretano. ....	41

TABLA 2. 8.	
Dimensiones de la estructura metálica tipo caja. ....	42
TABLA 2. 9.	
Especificaciones estructura metálica tipo caja. ....	44
TABLA 2. 10.	
Resultados del análisis estático ángulos-placa. ....	47
TABLA 2. 11.	
Dimensiones de los tanques presurizados. ....	49
TABLA 2. 12.	
Catálogo de tipo de ruedas para alta y media capacidad de carga. ....	51
TABLA 2. 13.	
Dimensiones de la cámara térmica. ....	53
TABLA 2. 14.	
Dimensiones de la placa. ....	54
TABLA 2. 15.	
Perfiles livianos galvanizados. ....	54
TABLA 2. 16.	
Especificaciones perfiles en L angulares y la placa. ....	56
TABLA 2. 17.	
Resultados del análisis estático ángulos-placa. ....	58
TABLA 2. 18.	
Propiedades de los principales aislantes térmicos. ....	59
TABLA 2. 19.	
Propiedades de la lana de vidrio. ....	60
TABLA 2. 20.	
Coefficiente de emisividad materiales metálicos. ....	62
TABLA 2. 21.	
Tipos de resistencias de calentamiento. ....	64
TABLA 2. 22.	
Características principales de aleaciones de base Ni-Cr. ....	65
TABLA 2. 23.	
Calor que ganan las diferentes sustancias en la cámara térmica. ....	68
TABLA 2. 24.	
Características de la resistencia eléctrica comercial para calentamiento Ni-Cr 80-20. ....	74
TABLA 2. 25.	
Dimensiones de los calibres de alambres estadounidenses (AWG). ....	75
TABLA 2. 26.	
Diagrama de bloques cámara térmica. ....	76
TABLA 2. 27.	
Características del controlador de temperatura XMTG-2301. ....	78
TABLA 2. 28.	
Especificaciones de conexión del controlador de temperatura XMTG-2301. ....	79
TABLA 2. 29.	
Características de los circuitos de maniobra electromecánicos. ....	80



TABLA 3. 1.	
Desarrollo de la prueba sonora. ....	88
TABLA 3. 2.	
Desarrollo de la prueba de estanqueidad con el ensayo directo de burbuja. ....	88
TABLA 3. 3.	
Desarrollo de la prueba de aplicación con carga. ....	89
TABLA 3. 4.	
Informe de la prueba de aplicación con carga. ....	90
TABLA 3. 5.	
Desarrollo de la prueba de porcentaje de error de temperatura. ....	91
TABLA 3. 6.	
Informe de la prueba de porcentaje de error de temperatura. ....	91
TABLA 3. 7.	
Plan de procedimiento para la aplicación del cromado en una superficie de 10 [cm] x 10 [cm] de metal. ....	92
TABLA 3. 8.	
Escala de clasificación de la adherencia, método del corte en X. ....	98
TABLA 3. 9.	
Escala de clasificación de la adherencia, método de la cuadrícula. ....	100
TABLA 3. 10.	
Resultados de la prueba de adherencia a la probeta de metal. ....	102
TABLA 3. 11.	
Resultados de la prueba de adherencia a la probeta de metal. ....	102
TABLA 3. 12.	
Distancia-masa de la prueba de impacto. ....	103
TABLA 3. 13.	
Resultados de la prueba de resistencia al impacto de la probeta de metal. ....	104
TABLA 3. 14.	
Resultados de la prueba de resistencia al impacto de la probeta de plástico. ...	105
TABLA 3. 15.	
Resultados de la prueba de ataque químico a la probeta de metal. ....	108
TABLA 3. 16.	
Resultados de la prueba de ataque químico de la probeta de plástico. ....	109
TABLA B. 1.	
Matriz de la naturaleza del diseño de la mesa de cromado. ....	140
TABLA B. 2.	
Requisitos de dimensionamiento de una mesa. ....	140
TABLA B. 3.	
Lista de componentes de la mesa de cromado. ....	143
TABLA B. 4.	
Operaciones tecnológicas de la mesa de cromado. ....	144
TABLA B. 5.	
Ensamblaje de los componentes de la mesa de cromado. ....	146
TABLA B. 6.	
Criterios de evaluación de la mesa de cromado. ....	147

TABLA B. 7.	
Pruebas de funcionamiento de la mesa de cromado. ....	147
TABLA C. 1.	
Solucionador de problemas en la aplicación del recubrimiento cromado. ....	150
TABLA D. 1.	
Inversión fija del sistema de cromado. ....	158
TABLA D. 2.	
Costos del sistema de cromado. ....	159
TABLA E. 1.	
Detalle de los componentes del sistema de cromado. ....	169
TABLA E. 2.	
Descripción de los indicadores de la cámara térmica. ....	169
TABLA E. 3.	
Descripción de los indicadores del sistema neumático. ....	170
TABLA E. 4.	
Especificaciones técnicas del sistema. ....	171
TABLA E. 5.	
Relación de mezcla de la pintura fondo. ....	171
TABLA E. 6.	
Relación de mezcla del barniz.....	172
TABLA E. 7.	
Relación de mezcla del compuesto C. ....	173
TABLA E. 8.	
Relación de mezcla del compuesto G. ....	174
TABLA E. 9.	
Relación de mezcla del compuesto R. ....	174
TABLA E. 10.	
Programa de mantenimiento del sistema de cromado. ....	180

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. 1. Capas de aplicación para el efecto cromado.....	2
ILUSTRACIÓN 1. 2. Proceso para obtención del compuesto R.....	5
ILUSTRACIÓN 1. 3. Proceso para obtención del compuesto C.....	7
ILUSTRACIÓN 1. 4. Proceso para obtención del compuesto G.....	9
ILUSTRACIÓN 1. 5. Controles de la exposición, protección personal. ....	15
ILUSTRACIÓN 1. 6. Preparación de las superficies metálicas.....	16
ILUSTRACIÓN 1. 7. Preparación de las superficies plásticas.....	17
ILUSTRACIÓN 1. 8. Aplicación de la pintura de fondo.....	19
ILUSTRACIÓN 1. 9. Aplicación del barniz.....	20
ILUSTRACIÓN 1. 10. Diagrama de flujo de la aplicación de la pintura tipo cromo. .....	22
ILUSTRACIÓN 2. 1. Metodología para la aplicación de la pintura tipo cromo.....	26
ILUSTRACIÓN 2. 2. Esquema del sistema neumático para el cromado. ....	27
ILUSTRACIÓN 2. 3. Diagrama de funcionamiento del sistema neumático (Diagrama de espacio-fase). ....	29
ILUSTRACIÓN 2. 4. Pistola aplicador de capa base y capa protectora: a) pistola; b) tanque. ....	31
ILUSTRACIÓN 2. 5. Pistola pulverizadora de agua destilada. ....	31
ILUSTRACIÓN 2. 6. Pistola pulverizadora de compuesto R. ....	32
ILUSTRACIÓN 2. 7. Pistola doble aplicador de los compuestos C y G.....	32
ILUSTRACIÓN 2. 8. Pistola para aire comprimido. ....	33
ILUSTRACIÓN 2. 9. Tanque presurizado.....	34
ILUSTRACIÓN 2. 10. Unidad de mantenimiento.....	34
ILUSTRACIÓN 2. 11. Válvula de aislamiento manual. ....	35
ILUSTRACIÓN 2. 12. Filtro con válvula reguladora de presión (Camozzi N204- D00).....	35
ILUSTRACIÓN 2. 13. Organigrama de los tipos de compresores. ....	37
ILUSTRACIÓN 2. 14. Diagrama de Caudal – Presión para la determinación del tipo de compresor a utilizar.....	38
ILUSTRACIÓN 2. 15. Compresor utilizado en el sistema de cromado.....	39
ILUSTRACIÓN 2. 16. Boceto de la estructura metálica tipo caja. ....	42
ILUSTRACIÓN 2. 17. Acero galvanizado. ....	43
ILUSTRACIÓN 2. 18. Condiciones de borde, caja metálica. ....	43
ILUSTRACIÓN 2. 19. Aplicación de carga sobre la estructura metálica tipo caja.44	
ILUSTRACIÓN 2. 20. Malla generada de la estructura metálica tipo caja.....	45
ILUSTRACIÓN 2. 21. Análisis estático tensión de von Mises. ....	45
ILUSTRACIÓN 2. 22. Desplazamiento estático resultante. ....	46
ILUSTRACIÓN 2. 23. Deformación unitaria estática equivalente. ....	46
ILUSTRACIÓN 2. 24. Factor de seguridad.....	47
ILUSTRACIÓN 2. 25. Boceto del tanque presurizado. ....	49
ILUSTRACIÓN 2. 26. Boceto de la estructura de la cámara térmica: a) vista, líneas ocultas visibles; b) vista, sombreado con aristas. ....	53

ILUSTRACIÓN 2. 27. Sujeciones de los perfiles en L angulares y la placa interna de la cámara térmica.....	55
ILUSTRACIÓN 2. 28. Aplicación de carga sobre la placa.....	55
ILUSTRACIÓN 2. 29. Malla generada.....	56
ILUSTRACIÓN 2. 30. Análisis estático tensión de von Mises.....	56
ILUSTRACIÓN 2. 31. Desplazamiento estático resultante.....	57
ILUSTRACIÓN 2. 32. Deformación unitaria estática equivalente.....	57
ILUSTRACIÓN 2. 33. Factor de seguridad.....	57
ILUSTRACIÓN 2. 34. Resistencias metálicas.....	64
ILUSTRACIÓN 2. 35. Resistencia no metálica.....	64
ILUSTRACIÓN 2. 36. Tubo radiante con resistencia de alambre en espiral sobre soporte cerámico.....	65
ILUSTRACIÓN 2. 37. Balance de calor para la cámara térmica.....	66
ILUSTRACIÓN 2. 38. Dimensiones del revestimiento de la cámara térmica.....	69
ILUSTRACIÓN 2. 39. Resistencia eléctrica para calentamiento de aleación de níquel-cromo 80-20.....	74
ILUSTRACIÓN 2. 40. Pletina plegada.....	75
ILUSTRACIÓN 2. 41. Alambre en espiral.....	75
ILUSTRACIÓN 2. 42. Diagrama de bloques de la cámara térmica.....	76
ILUSTRACIÓN 2. 43. Controlador digital de temperatura XMTG-2301.....	78
ILUSTRACIÓN 2. 44. Esquema de conexión del controlador de temperatura XMTG-2301.....	78
ILUSTRACIÓN 2. 45. Símbolo del interruptor giratorio.....	79
ILUSTRACIÓN 2. 46. Contactores CHINT de (9 a 95) [A].....	80
ILUSTRACIÓN 2. 47. Termopar tipo J.....	81
ILUSTRACIÓN 2. 48. Diagrama de conexión para el control de la temperatura en la cámara térmica.....	82
ILUSTRACIÓN 3. 1. Diagrama de flujo de las operaciones individuales del sistema neumático.....	84
ILUSTRACIÓN 3. 2. Diagrama de flujo del ensamblaje del sistema neumático... ..	84
ILUSTRACIÓN 3. 3. Sistema neumático.....	85
ILUSTRACIÓN 3. 4. Diagrama de flujo de las operaciones individuales de la cámara térmica.....	86
ILUSTRACIÓN 3. 5. Cámara térmica.....	86
ILUSTRACIÓN 3. 6. Diagrama de flujo del ensamblaje de la cámara térmica.....	87
ILUSTRACIÓN 3. 7. Proceso de cromado probeta de metal.....	95
ILUSTRACIÓN 3. 8. Proceso de cromado probeta de plástico.....	96
ILUSTRACIÓN 3. 9. Probeta de metal, acero galvanizado.....	97
ILUSTRACIÓN 3. 10. Probeta de plástico, policarbonato.....	97
ILUSTRACIÓN 3. 11. Proceso del método de corte en X para la prueba de adherencia.....	99
ILUSTRACIÓN 3. 12. Menos del 5% de descarapelado.....	100
ILUSTRACIÓN 3. 13. Entre 5 al 15% de descarapelado.....	100
ILUSTRACIÓN 3. 14. Entre el 15 al 35% de descarapelado.....	100
ILUSTRACIÓN 3. 15. Entre el 35 al 65% de descarapelado.....	100

ILUSTRACIÓN 3. 16. Proceso del método de la cuadrícula para la prueba de adherencia.....	101
ILUSTRACIÓN 3. 17. Proceso de la prueba de impacto. ....	103
ILUSTRACIÓN 3. 18. Proceso de la prueba de ataque químico. ....	107
ILUSTRACIÓN B. 1. Mesa de cromado: a) líneas ocultas visibles; b) sombreado con aristas. ....	141
ILUSTRACIÓN B. 2. Mesa de cromado (vista explosionada).....	142
ILUSTRACIÓN B. 3. Diagrama de flujo de las operaciones tecnológicas de la mesa de cromado. ....	144
ILUSTRACIÓN B. 4. Diagrama de flujo del ensamblaje de la mesa de cromado. ....	145
ILUSTRACIÓN B. 5. Mesa de cromado: a) vista frontal; b) vista posterior.....	146
ILUSTRACIÓN G. 1. El pensador: a) antes; b) después. ....	190
ILUSTRACIÓN G. 2. Tapa de calculadora, Casio: a) antes; b) después.....	190
ILUSTRACIÓN G. 3. Plato cerámico: a) antes; b) después.....	191
ILUSTRACIÓN G. 4. Figura de plástico, Silver Surfer: a) antes; b) después. ....	191
ILUSTRACIÓN G. 5. Candelabro: a) antes; b) después.....	192
ILUSTRACIÓN G. 6. Retrovisor: a) antes; b) después.....	192

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. 1. Reacción química redox de Tollens (Pintura Tipo Cromo). .....	2
ECUACIÓN 2. 1. Estimación del consumo dispositivos que emplean aire.....	36
ECUACIÓN 2. 2. Capacidad de carga. ....	50
ECUACIÓN 2. 3. Estimación del espesor del aislante. Caso de placas planas. ...	61
ECUACIÓN 2. 4. Calor total requerido. ....	67
ECUACIÓN 2. 5. Calor disponible. ....	67
ECUACIÓN 2. 6. Calor ganado por el producto. ....	67
ECUACIÓN 2. 7. Calor almacenado por las paredes de la cámara térmica. ....	69
ECUACIÓN 2. 8. Masa de las paredes de la cámara térmica (lana de vidrio). ....	70
ECUACIÓN 2. 9. Calor perdido a través de las paredes. ....	71
ECUACIÓN 2. 10. Calor perdido por aberturas. ....	72
ECUACIÓN 2. 11. Calor radiado. ....	72
ECUACIÓN D. 1. Costo del consumo eléctrico para barrios residenciales. ....	160
ECUACIÓN D. 2. Costo primo.....	161
ECUACIÓN D. 3. Costo de conversión. ....	162
ECUACIÓN D. 4. Costo de producción. ....	162
ECUACIÓN D. 5. Costo total. ....	162
ECUACIÓN D. 6. Precio de venta. ....	163
ECUACIÓN D. 7. Costo unitario. ....	163
ECUACIÓN D. 8. Costo de distribución. ....	163
ECUACIÓN D. 9. Costo unitario. ....	163

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

En la siguiente lista se da el significado de los símbolos y abreviaturas en esta obra. Por limitación del alfabeto es imposible evitar la utilización de la misma letra para representar más de una magnitud. Como cada símbolo se define al introducirlo por primera vez, no existe confusión posible.

<i>ac</i>	<i>Estado físico: acuoso</i>	<i>h<sub>conv_radint</sub></i>	<i>Coefficiente de convección radiante interno</i>
<i>AET</i>	<i>Área total efectiva por la cual se pierde calor</i>	<i>h<sub>radext</sub></i>	<i>Coefficiente de radiación externo</i>
<i>Ag</i>	<i>Plata</i>	<i>h<sub>radint</sub></i>	<i>Coefficiente de radiación interno</i>
<i>A<sub>ap</sub></i>	<i>Área de la pared</i>	<i>k<sub>LV</sub></i>	<i>Conductividad térmica del material</i>
<i>C</i>	<i>Carbono</i>	<i>l</i>	<i>Estado físico: líquido</i>
<i>C<sub>C</sub></i>	<i>Capacidad de carga</i>	<i>M</i>	<i>Carga máxima del aparato de transporte</i>
<i>CC</i>	<i>Costo de conversión</i>	<i>m<sub>ap</sub></i>	<i>Masa de las paredes de la cámara térmica</i>
<i>CD</i>	<i>Costo de distribución</i>	<i>m<sub>pi</sub></i>	<i>Masa total de la pieza</i>
<i>CIF</i>	<i>Costos indirectos de fabricación</i>	<i>MPD</i>	<i>Materia prima directa</i>
<i>Cl</i>	<i>Cloro</i>	<i>MPI</i>	<i>Materia prima indirecta</i>
<i>Cp<sub>ap</sub></i>	<i>Calor específico del material de la pared</i>	<i>MOI</i>	<i>Mano de obra indirecta</i>
<i>Cp<sub>pi</sub></i>	<i>Calor específico del material de la pieza</i>	<i>MOD</i>	<i>Mano de obra directa</i>
<i>CPr</i>	<i>Costo primo</i>	<i>N</i>	<i>Nitrógeno</i>
<i>CPrd</i>	<i>Costo de producción</i>	<i>Na</i>	<i>Sodio</i>
<i>Cr</i>	<i>Cromo</i>	<i>N<sub>ECA</sub></i>	<i>Número de elementos que consumen aire</i>
<i>CT</i>	<i>Costo total</i>	<i>N<sub>R</sub></i>	<i>Número de ruedas aplicadas</i>
<i>CTu</i>	<i>Costo unitario</i>	<i>O</i>	<i>Oxígeno</i>
<i>esp</i>	<i>Espesor aislante</i>	<i>P</i>	<i>Peso propio del aparato de transporte</i>
<i>GA</i>	<i>Gastos administrativos</i>	<i>P<sub>E</sub></i>	<i>Potencia eléctrica</i>
<i>GF</i>	<i>Gastos financieros</i>	<i>PV</i>	<i>Precio de venta</i>
<i>GV</i>	<i>Gastos de ventas</i>		
<i>H</i>	<i>Hidrógeno</i>		
<i>h<sub>conv</sub></i>	<i>Coefficiente de convección</i>		
<i>h<sub>conv_radext</sub></i>	<i>Coefficiente de convección radiante externo</i>		

$PVu$	Precio de venta unitario	$V_{TP}$	Volumen de un tanque presurizado
$Q$	Número de unidades producidas	$V_{TTP}$	Volumen total de los tanques presurizados
$Q_A$	Caudal de aire	$W_{ETC}$	Peso de la estructura tipo caja
$Q_{ab}$	Calor perdido por aberturas	$W_{H2O}$	Peso del agua
$Q_{ap}$	Calor almacenado en las paredes	$W_{TTP}$	Peso total de los tanques presurizados
$Q_{AT}$	Caudal de aire total	$\gamma_{AGal}$	Peso específico del acero galvanizado
$Q_{pi}$	Calor almacenado en la pieza	$\gamma_{H2O}$	Peso específico del agua
$Q_d$	Calor disponible	$\gamma_{PVC}$	Peso específico del PVC
$\%Q_d$	Porcentaje de calor disponible o eficiente	$\Delta T_{ap}$	Variación de temperatura de las paredes
$Q_{pp}$	Calor perdido por paredes	$\Delta T_{pi}$	Variación de temperatura de la pieza
$Q_r$	Calor radiado	$\varepsilon$	Coefficiente de emisión de la superficie
$Q_t$	Calor total requerido	$\rho_{AGal}$	Densidad del acero galvanizado
$s$	Estado físico: sólido	$\rho_{LV}$	Densidad de la lana de vidrio
$S$	Factor de seguridad	$\rho_{H2O}$	Densidad del agua
$S_{ap}$	Factor de forma	$\rho_{PVC}$	Densidad del PVC
$Sn$	Estaño	$\sigma$	Constante Stefan-Boltzman
$S_y$	Resistencia a la fluencia		
$t$	Tiempo		
$T_A$	Temperatura ambiente		
	Temperatura de los gases dentro de la cámara		
$T_G$	térmica		
$T_{ext}$	Temperatura externa		
$T_{int}$	Temperatura interna		
$TK_{aire}$	Temperatura ambiental interna		
$TK_{sup}$	Temperatura de la superficie emisora		
$T_{supext}$	Temperatura superficial exterior		
$\%UTL$	Porcentaje de utilidad		
$V_{ap}$	Volumen de la pared		
$V_{ETC}$	Volumen de la estructura tipo caja		
$V_{H2O}$	Volumen del agua		



## RESUMEN

El presente proyecto es la construcción de una máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo en piezas artesanales de metal y plástico, elaboradas en la Universidad Técnica del Norte en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Ésta máquina posee un sistema neumático para la impregnación de las diferentes capas superficiales y una cámara térmica para el secado de las piezas. El acabado superficial tipo cromo se lo realiza por aspersion mediante la aplicación de tres capas a piezas con un volumen máximo de  $0,019 \text{ m}^3$ . La primera capa denominada base es de pintura y barniz. La segunda capa es una combinación química denominada oxidación-reducción metálica, a base de agua, y forma una capa metálica superficial que da el aspecto cromado. Y la tercera capa denominada de protección es de barniz. El recubrimiento que se obtiene es de apariencia metálica y reflectante, siendo una alternativa al proceso tradicional de cromado electrolítico ya que logra una imitación del mismo con similares características.

## SUMMARY

This project is about the building of a machine for the application of the chrome painting type in handmade metal and plastic pieces made at “Técnica del Norte” University in the laboratories of “Ingeniería en Ciencias Aplicadas”. This machine has a pneumatic system of impregnation for different surface layers and a thermal chamber for drying of the parts. The chrome surface finish type is made by spraying, applying three layers to pieces with a maximum volume of 0,019  $[[m^3]]$ . The first layer is called base, it is painting and varnish. The second one is a chemical combination, it is called metal oxidation-reduction, it is based on water forming a metallic surface layer that gives a chromed appearance. And the third layer is called protection, it is of varnish. The obtained coating has a metallic and reflective appearance, being an alternative for the traditional process of electroplating, it is an imitation with similar characteristics.



## **INTRODUCCIÓN**

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad los estudiantes de la Universidad Técnica del Norte al momento de realizar sus diferentes mecanismos hacen evidente ciertas dudas en la aplicación de los procesos de acabado superficial, específicamente en el apartado de la estética y cosmética del producto, etapa de primera línea de la manufactura que impacta psicológicamente al usuario con respecto a la calidad del producto.

Para una mejor comprensión de este tema relacionando lo teórico con lo práctico se propone la realización de una máquina prototipo portátil, versátil y de bajo costo, que se enfoque en proveer de estética tipo cromo a cualquier pieza con una superficie metálica o plástica y para el desarrollo de actividades de laboratorio en las cuales puedan comparar, analizar, calibrar y desarrollar los diferentes tipos de acabados superficiales.

El estudiante al proveer a una determinada pieza de acabado superficial tipo cromo, logra desarrollar habilidades y destrezas de estética del producto, pudiendo extrapolar los conocimientos de este proceso a cualquier tipo de recubrimiento que se desee aplicar, tanto en el ámbito estudiantil como laboral.

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Mejoraría la comprensión de acabados superficiales, con la implementación de una máquina prototipo, en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte?

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Construir una máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo en superficies metálicas y plásticas, para el laboratorio de Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar los diferentes componentes para la construcción de la máquina prototipo.
- ❖ Construir la máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo en superficies metálicas y plásticas.
- ❖ Analizar la calidad del acabado superficial.
- ❖ Realizar un manual de operación y calibración.

## **ANTECEDENTES**

La manufactura en su etapa de procesos de operación de superficies se innova constantemente. En este campo, el tratamiento de superficies en los últimos años ha ido revolucionado el mercado con una variedad creciente de procesos, produciendo acabados con características adecuadas para la aplicación particular del producto que se está manufacturando; esto incluye mas no es limitado a la cosmética del producto. Antiguamente, el acabado se comprendía solamente como un proceso secundario en el sentido literal, ya que en la mayoría de casos sólo tenía que ver con la apariencia del objeto. En la actualidad, los acabados al ser la última capa, frecuentemente visible, de un sistema de protección superficial, son una etapa de manufactura de primera línea ya que la estética de un producto tiene un gran impacto psicológico en el usuario respecto a la calidad del producto. (Acabados, 2008)

Según plantea (Schey, 2002) en su libro, existe una variedad siempre creciente de tratamientos superficiales, destinados a una variedad de propósitos dentro ellas

las razones puramente estéticas; el estudio de éste se abarca subtemas como el proceso de remoción, los recubrimientos de conversión, recubrimientos térmicos, deposición, implantación y los recubrimientos orgánicos. Dentro de éste último, el fin consiste en la formación de una capa que altera el pigmento de un determinado producto.

El cromado electrolítico es el proceso tradicional que se da a objetos de base metálicos como el acero, aluminio, cobre y aleaciones de cobre logrando éstos una superficie con un efecto reflectante tipo espejo. En este proceso de electrólisis, una determinada pieza se la baña en cromo líquido y se lo adhiere mediante electricidad. Se requiere de instalaciones considerablemente grandes y costosas para implementar ésta tecnología y se debe tomar en cuenta que no todas las piezas, ya sea por su forma o constitución, son aptas para ser cromadas. El efluente que mana de los lugares donde se da éste proceso es altamente contaminante con las aguas residuales y el ambiente con metales pesados y compuestos tóxicos. Para minimizar el impacto ambiental se debe invertir sumas de dinero considerables. Dadas estas consideraciones se eleva el precio final del producto. (Andrada, Bianchi, Cemino, & Perez, 2007)

La pintura tipo cromo es una alternativa de aplicación para acabado de superficies de efecto reflectante tipo espejo. Imita el acabado del típico proceso de cromado electrolítico, no solo limitándose a superficies metálicas, sino que amplía la gama de aplicación a superficies plásticas, cerámicas e incluso madera. Requiere de instalaciones sencillas que se adaptan a la forma de cualquier objeto y son de bajo costo. Se basa en la tecnología de Reacción de Tollens<sup>i</sup>, en la cual un determinado aldehído<sup>ii</sup>, se lo oxida a un ácido orgánico mediante un agente oxidante. Éste agente al mismo tiempo va ganado electrones hasta formar una superficie reflectante tipo espejo en lo que se denomina reacción redox<sup>iii</sup>. (Wolfe, 1996)

A nivel mundial la tecnología de pintura tipo cromo se la ha venido implementando desde el año 2006 en países como Estados Unidos (Spectra Chrome LLC) y España (Racing Colors, S.L.). (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)

En el año 2004 se crea *Splendor Industrias Cía. Ltda.* en Cuenca, dedicada al desarrollo de tecnologías de procesos químicos. Para el año 2010 el proceso

químico para obtener superficies tipo cromado espejo, se empezó a desarrollar y comercializar. (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)

A nivel de Imbabura no se encontraron trabajos investigativos ni publicaciones referentes a sistemas que trabajen con pintura tipo cromo y su uso en prácticas de laboratorio o enseñanza en general. Debido a lo antes mencionado referente a la importancia de estos recursos y la escasa existencia de los mismos en el área, por lo que se plantea este trabajo como un gran aporte al aprendizaje en el proceso de enseñanza que se lleva a cabo en la Universidad Técnica del Norte.

## **JUSTIFICACIÓN**

La implementación de nuevas tecnologías para el sector industrial es uno de los temas más importantes y complejos que se estudian en cualquier carrera técnica. Estos temas son abordados en su mayoría casi nulamente, motivo por el cual y basándose en trabajos previos encontrados y referenciados en los antecedentes, se cree necesario la implementación de una máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo para estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica, alcanzando el estudiante habilidades prácticas en la implementación de tratamientos superficiales estéticos. A su vez, al implementar una máquina como la que se propone, pudiera servir como una investigación base, la cual abra las puertas a nuevos y futuros trabajos en el área de la enseñanza con el fin de mejorar el proceso y la calidad de los egresados.

Está demostrado, fundamentado en el análisis de la bibliografía, que la utilización de este tipo de módulos brinda robustez, portabilidad y versatilidad a estudiantes y docentes, presentando buenos resultados y un mejoramiento potencialmente significativo en la experiencia educativa, transmitiendo conceptos básicos de las asignaturas y aumentando en los estudiantes el entusiasmo por el aprendizaje de la materia.

## **ALCANCE**

El desarrollo del proyecto prototipo de imitación del cromado constará de dos fases: la primera encargada del ensamblado de cada uno de los componentes que conforman la máquina prototipo a construir; la segunda fase es la realización de pruebas prácticas con la máquina ya ensamblada.

La primera fase está conformada de: **(a)** la implementación del diseño mecánico y neumático del sistema de aspersion para la aplicación de las diferentes capas del recubrimiento tipo cromo; y **(b)** implementación del diseño mecánico y eléctrico de la cámara térmica para piezas artesanales con un tamaño máximo de 0,019  $[[m^3]]$ ;

La segunda fase consiste en la realización de pruebas prácticas con la máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo, como son:

- Prueba de funcionamiento del sistema de aspersion y de la cámara térmica.
- Pruebas del producto, de adherencia, resistencia al impacto y de ataque químico.

## **ESTRUCTURA DEL TRABAJO**

**CAPÍTULO I:** En este capítulo se trata todo lo referente al basamento teórico del diseño de la máquina e implementación de la pintura tipo cromo.

**CAPÍTULO II:** Se aborda la metodología de trabajo, como una descripción de todas las actividades que se realizarán para cumplimentar cada uno de los objetivos específicos.

**CAPÍTULO III:** Se dedica a la descripción del proceso de construcción y pruebas de funcionamiento.

**CAPÍTULO IV:** Estará dedicado a las conclusiones y recomendaciones.

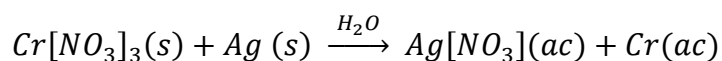
## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

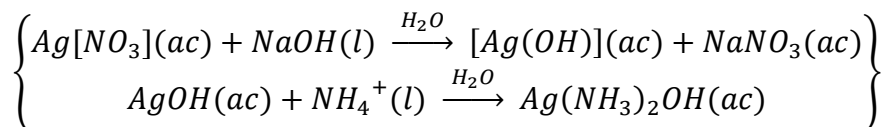
**E**n este capítulo se fundamenta la teoría dentro de la cual se enmarca la investigación y la definición de los conceptos relevantes utilizados en el estudio.

#### 1.1. PINTURA TIPO CROMO

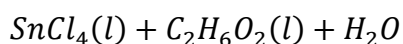
La pintura tipo cromo da un acabado de apariencia metálica a cualquier tipo de material. Es una reacción química basada en la reacción redox de Tollens, que se resulta al adherirse a una determinada superficie previamente preparada. Para producir la reacción redox de Tollens, se mezcla el componente C1 (nitrato de cromo y plata en polvo) en agua (solución acuosa, ac):



A esta solución acuosa se le añade el componente C2 (hidróxido de sodio y radicales de amonio) formando un precipitado de color café en principio, luego disuelto éste, resulta en una reacción transparente y forma el compuesto C.

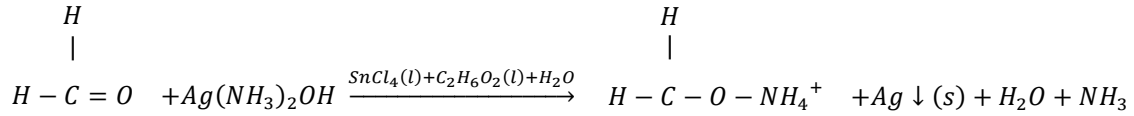


Se aplica el activador o acelerante el compuesto R (cloruro estánico y glicol) sobre la superficie a cromar, logrando así preparar la pieza por el depósito de metal.





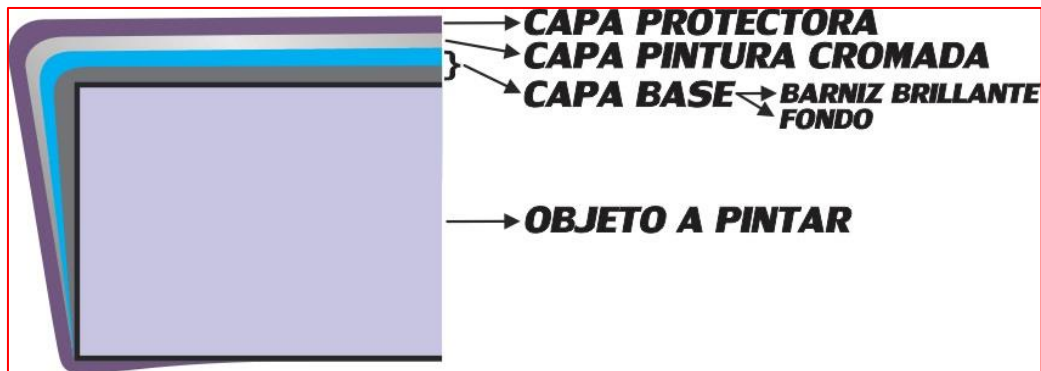
Luego, de esperar un minuto se aplica la capa metálica con el compuesto C más el compuesto G (radicales aldehídos o formaldehído y acelerante), formando:



**ECUACIÓN 1. 1. Reacción química redox de Tollens (Pintura Tipo Cromo).**

Resultando así, en el depósito de plata sobre la superficie, formando un espejo plateado o efecto cromado sobre la pieza.

La pintura tipo cromo emplea sustancias químicas en el proceso cromado que sigue un patrón similar al que se aplica en la mayor parte de pinturas de acabado de lujo, previo a la aplicación de una capa base, luego la pintura tipo cromo y finalmente una capa protectora. Éste orden secuencial de procesos garantiza un acabado de buena calidad, aspecto y duración.



**ILUSTRACIÓN 1. 1. Capas de aplicación para el efecto cromado.**

**Fuente:** (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)

### 1.1.1. CAPA BASE

La capa base es la primera al aplicar directamente a la pieza. Está compuesta de pintura de fondo y barniz<sup>iv</sup>. El brillo del efecto cromado depende mayoritariamente del brillo de la capa base, si la capa base es opaca el acabado final también lo será. Si los elementos a cromar son vidrio o plástico brillante transparente no es necesario aplicar la capa base.

### 1.1.1.1. Pintura de fondo

El fondo es una imprimación<sup>v</sup> utilizada como una primera capa del recubrimiento cromado que cumple la función de dar un color base, una superficie homogénea rellena y nivelada permitiendo la adhesión a la pieza y de las capas posteriores del proceso, además de evitar la corrosión de la pieza. El color de pintura a utilizar debe escogerse entre: blanco, gris o negro. Es recomendable utilizar el color gris para obtener un cromado claro. Por otro lado, si se escoge el color negro el cromado logrado será oscuro. El color blanco como fondo es para pintores expertos que logran un fondo libre de imperfecciones como la impregnación de polvo, aplicación de manchas, entre otras.

Los componentes y sus proporciones para la aplicación de la imprimación se detallan en la *tabla 1.1* para más información visite el *Anexo A*.

**TABLA 1. 1.**  
**Relación de mezcla de la imprimación.**

COMPONENTES	PROPORCIÓN
<b>Pintura de fondo</b>	8 partes
<b>Catalizador</b>	1 parte
<b>Disolvente</b>	al 30%

**Fuente:** (Pinturas Unidas S.A., 2016)

La primera mano de otro producto, en este caso barniz debe de aplicarse semihúmedo. Si los elementos a cromar son vidrio o plástico brillante transparente no se debe aplicar la capa base.

### 1.1.1.2. Barniz

El barniz aporta el brillo necesario en el acabado final para la imitación del cromado. El barniz que se debe utilizar es de poliuretano ya que a diferencia del barniz de formaldehído (urea - formol) posee una alta resistencia al agua, elemento primordial en las capas de cromado y a diferencia de la piroxilina se puede aplicar

a superficies a las cuales se ha aplicado un componente diferente a la nitruclulosa. (Aldrich & Leggett, S.f.).

Los componentes y sus proporciones para la aplicación del barniz se resumen en la *tabla 1.2* para más información visite el *Anexo A*.

**TABLA 1. 2.**  
***Relación de mezcla para aplicación del barniz.***

COMPONENTES	PROPORCIÓN
<b>Barniz transparente</b>	<i>2 partes</i>
<b>Catalizador</b>	<i>1 parte</i>
<b>Disolvente</b>	<i>del 5% al 10%</i>

**Fuente:** (Pinturas Unidas S.A., 2016)

Las proporciones expuestas son por cada 2 partes de barniz transparente se debe añadir 1 parte de catalizador y la disolución del diluyente debe ser al 10% del total de la mezcla. Si los elementos a cromar son vidrio o plástico brillante transparente no se debe aplicar la capa base.

### **1.1.2. CAPA DE PINTURA TIPO CROMO**

La capa de pintura cromada, se obtiene mediante la combinación de agua destilada, componentes y compuestos químicos. En éste apartado se detallan las sustancias para producir efecto metálico. Se debe tomar en cuenta que todos los componentes presentados funcionan en conjunto, por separado no tienen ningún efecto.

#### **1.1.2.1. Componente R**

El componente químico R, es un sensibilizador o activador que logra que la superficie del objeto a cromar sea preparada para recibir la capa de metal. La presentación es líquida, no corrosiva; mezclado con agua forma el compuesto R.

### 1.1.2.1.1. Composición química del componente R

El componente R está formado de un 10% de cloruro estánico ( $\text{SnCl}_4$ ) en disolución con un 20% de etilenglicol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ) y 70% de agua destilada.

### 1.1.2.1.2. Compuesto R

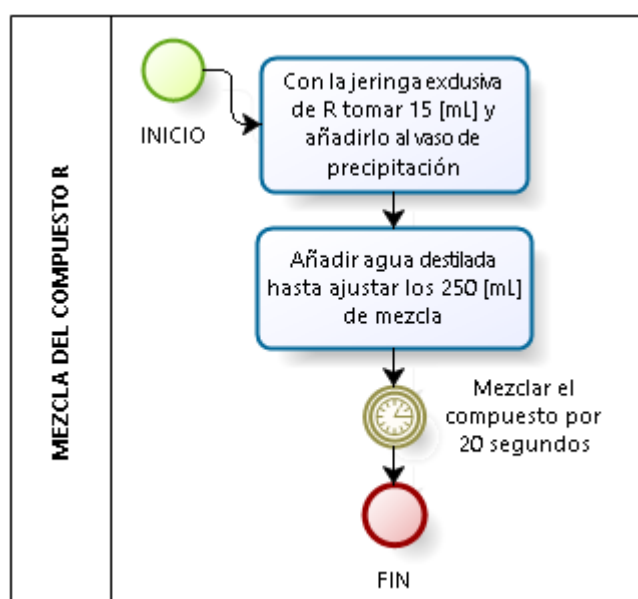
El compuesto R resulta de la mezcla del componente R y agua destilada, con las proporciones de la *tabla 1.3*.

**TABLA 1. 3.**  
**Proporciones del compuesto R.**

COMPONENTE	PROPORCIÓN	PARA UNA SUPERFICIE DE 20×20
R	6%	15 [mL]
Agua destilada	94%	235 [mL]

**Fuente:** (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)

El compuesto R se obtiene mediante el proceso que se sigue en la *ilustración 1.2*.



**ILUSTRACIÓN 1. 2.** Proceso para obtención del compuesto R.

Terminado el proceso colocar el compuesto en un envase ámbar<sup>vi</sup> si se va a almacenar, o depositarlo en el sistema de cromado si se va a utilizar manteniéndolo en un lugar seco y libre de luz solar.

### **1.1.2.2. Componente C1**

El componente químico C1, es el metal a ser depositado sobre la superficie del objeto. La presentación es en polvo, no corrosiva; funciona únicamente mezclado con el componente C2 y agua para formar el compuesto C.

#### *1.1.2.2.1. Composición química del componente C1*

El componente C1 está formado de un 50% de nitrato de cromo ( $Cr[NO_3]_3$ ) y 50% de plata en polvo ( $Ag$ ).

### **1.1.2.3. Componente C2**

El componente químico C2, complementa al componente C1 en la formación del compuesto químico C para poder depositar el metal sobre el objeto. La presentación es líquida, no corrosiva.

#### *1.1.2.3.1. Composición química del componente C2*

El componente C2 es una disolución alcalina formada en un 10% de hidróxido de sodio ( $NaOH$ ), 10% de radicales de amonio ( $NH_4^+$ ) y 80% de agua destilada.

#### *1.1.2.3.2. Compuesto C*

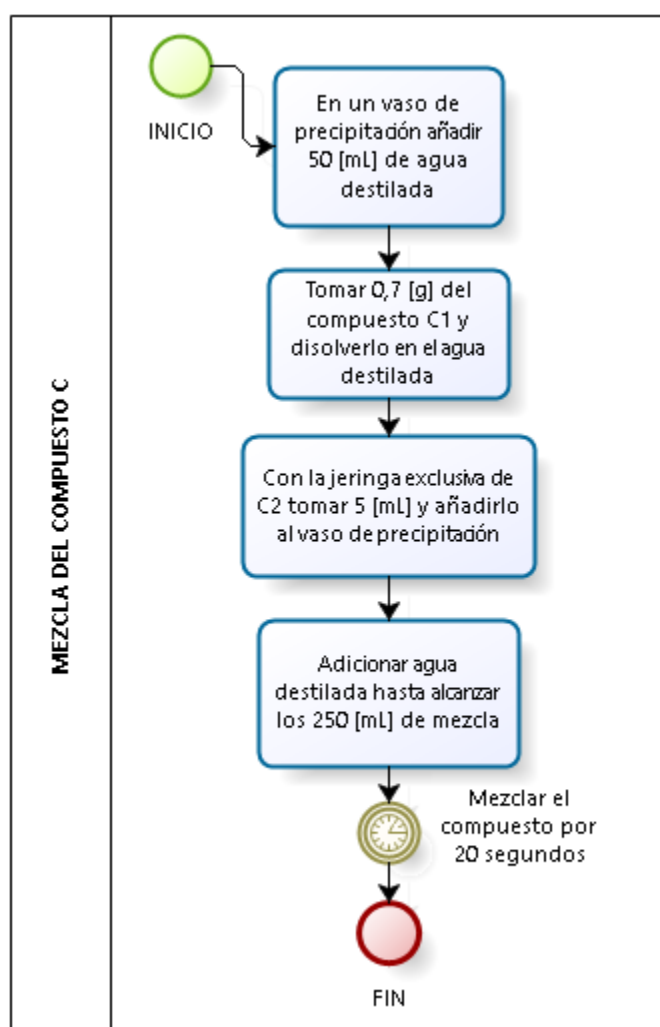
El compuesto C se logra con la mezcla del componente C1, el componente C2 y agua destilada, con las proporciones de la *tabla 1.4*.

**TABLA 1. 4.**  
**Proporciones del compuesto C.**

COMPONENTE	PROPORCIÓN	PARA UNA SUPERFICIE DE 20×20
<b>C1</b>	—	0,7 [g]
<b>C2</b>	2%	5 [mL]
<b>Agua destilada</b>	98%	245 [mL]

**Fuente:** (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)

El compuesto C se obtiene mediante el proceso que se sigue en la *ilustración 1.3.*



**ILUSTRACIÓN 1. 3.** Proceso para obtención del compuesto C.

Terminado el proceso colocar el compuesto en un envase ámbar si se va a almacenar, o depositarlo en el sistema de cromado si se va a utilizar manteniéndolo en un lugar seco y libre de luz solar.

#### **1.1.2.4. Componente G1**

El componente químico G, cumple la función de ser desencadenante de la reacción de depósito de metal, para que ocurra esta reacción el compuesto conformado por el componente G1, G2 y agua debe mezclarse justo sobre la superficie del objeto con el compuesto C. La presentación es líquida, no corrosiva.

##### *1.1.2.4.1. Composición química del componente G1*

El componente G1 está formado de un 10% de radicales aldehídos o formaldehído ( $CH_2O$ ) en un 90% de agua destilada.

#### **1.1.2.5. Componente G2**

El componente químico G2, cumple la función de ser un acelerante del desencadenante de la reacción de depósito de metal. La presentación es líquida, no corrosiva.

##### *1.1.2.5.1. Compuesto G*

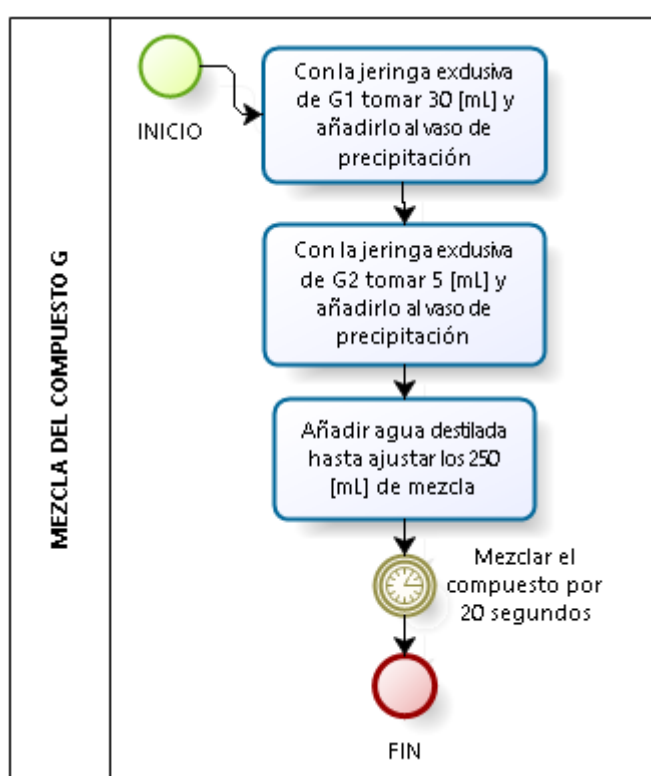
El compuesto G, con la mezcla del compuesto C logran dar el efecto cromado tipo espejo, y se logra al mezclar el componente G1, G2 y agua destilada, con las siguientes proporciones de la *tabla 1.5*.

El compuesto G se obtiene mediante el proceso que se sigue en la *ilustración 1.4*.

**TABLA 1. 5.**  
**Proporciones del compuesto G.**

COMPONENTE	PROPORCIÓN	PARA UNA SUPERFICIE DE 20×20
<b>G1</b>	12%	30 [mL]
<b>G2</b>	2%	5 [mL]
<b>Agua destilada</b>	86%	215 [mL]

**Fuente:** (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)



**ILUSTRACIÓN 1. 4. Proceso para obtención del compuesto G.**

Terminado el proceso colocar el compuesto en un envase ámbar si se va a almacenar, o depositarlo en el sistema de cromado si se va a utilizar manteniéndolo en un lugar seco y libre de luz solar.



**TABLA 1. 6.**  
**Características de los compuestos químicos.**

COMPONENTES	SOLVENTE	PUNTO DE INFLAMACIÓN / IGNICIÓN	PELIGRO DE FUEGO	COLOR	VIDA ÚTIL SIN MEZCLAR (COMPONENTE)	VIDA ÚTIL MEZCLADO (COMPUESTO)
<b>C1</b>	Agua	N/A	No	Transparente	1 año	3 días
<b>C2</b>	Agua	N/A	No	Transparente	1 año	3 días
<b>G1</b>	Agua	N/A	No	Transparente	1 año	5 días
<b>G2</b>	Agua	N/A	No	Transparente	1 año	5 días
<b>R</b>	Agua	(17/493) [°C]	Muy bajo	Transparente	1 año	2 días

**Fuente:** (Splendor Industrias Cía. Ltda., 2015)

#### 1.1.2.6. Agua

El agua es la sustancia que en mayor cantidad actúa en el proceso de cromado, aproximadamente un 90%. El tipo de agua que se debe aplicar debe ser pura, de tal manera que en el proceso químico se evite contaminar con iones<sup>vii</sup> que contaminan el medio en el cual se deposita la capa metálica en la superficie del objeto.

Los iones cationes o aniones, interfieren contaminando el depósito metálico sobre una determinada superficie. Éstos iones vienen por defecto en el agua, debido a los agentes externos que actúan sobre ella. Entre los iones más comunes tenemos los que en la *tabla 1.7* se detallan.

**TABLA 1. 7.**  
**Tipos de iones más comunes que contaminan el proceso de cromado.**

TIPO DE ION	IONES MÁS COMUNES
<b>Catión</b>	$Ca^{+2}$ ; $Mg^{+2}$ ; $Fe^{+2}$ ; $Mn^{+2}$ ; $Na^{+}$ ; $K^{+}$ ; y $NH_4^{+}$ .
<b>Anión</b>	$HCO_3^{-}$ ; $SO_4^{-2}$ ; $Cl^{-}$ ; $NO_3^{-}$ ; y $OH^{-}$

**Fuente:** (Torres, Artículo técnico de agua desionizada, 2015)

Para poder determinar si una cantidad de agua es apta para el proceso de cromado, se debe medir su pureza. Los iones permiten el paso de corriente eléctrica en una sustancia dada, por lo que mientras más pura es el agua a usar, menos capacidad de conducción eléctrica tendrá y viceversa. Los valores de conductividad eléctrica<sup>viii</sup> dentro de los cuales el agua es apta para el proceso de cromado se resumen en la *tabla 1.8*.

**TABLA 1. 8.**  
**Agua para uso en el proceso de cromado.**

GRADO	RESISTIVIDAD [[ $M\Omega \cdot cm$ ]]	CONDUCTIVIDAD [[ $\mu S/cm$ ]]
I	De 10 en adelante	De 0 hasta 0,1
II	De 1 hasta 10	De 0,1 hasta 1
III	De 0,2 hasta 1	De 1 hasta 5

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013)

El presente proyecto no requiere de una purificación de agua a nivel molecular ya que no será para una utilización a nivel estéril en su totalidad, lo que es realmente necesario del agua purificada es que logre mantener un nivel de esterilidad en el que éste elemento sea un medio para la producción de la reacción química del cromado, favoreciendo así la adherencia entre la superficie a pintar y la pintura. Por tanto, el nivel de esterilidad no es tan crítico y solo se requiere que el agua obtenga una conductividad inferior a 5 [[ $\mu S/cm$ ]] del nivel del agua de grado III. (Torres, Artículo técnico de agua desionizada, 2015)

#### 1.1.2.7. Jabón líquido

El jabón líquido que se debe aplicar sobre la superficie de la pieza sirve como adherente de la capa de pintura tipo cromo. El tipo de jabón líquido debe ser tensioactivo<sup>x</sup> aniónico<sup>x</sup> para disminuir la tensión superficial de la capa de pintura base, favoreciendo así, la unión con la capa de pintura tipo cromo. La aplicación del jabón líquido debe ser mezclada con agua y mediante un rociador. Las proporciones deben ser las de la *tabla 1.9*.

**TABLA 1. 9.**  
**Proporciones para la mezcla del jabón líquido.**

COMPONENTE	PROPORCIÓN
Jabón líquido	20%
Agua común	80%

**Fuente:** (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)

Los jabones líquidos tensioactivos aniónicos rompen proteínas, por lo que no se lo debe utilizar sobre la piel humana. Manipular este producto con guantes y gafas de protección, para más información acerca de las medidas de seguridad, en la manipulación de sustancias químicas visite el *Anexo A*.

#### **1.1.2.8. Aplicación de calor a la capa de barniz**

Un paso trascendental en el proceso de cromado es el de romper la tensión superficial de la pieza, específicamente de la capa de barniz, por lo que para lograr este propósito se debe excitar a nivel molecular los átomos mediante la adición de una gran cantidad energía en el menor tiempo posible para que los mismos vibren mas no se trasladen, roten, se descompongan y se rompan; logrando con esto que la capa de cromado se adhiere fácilmente a la pieza.

La transferencia de energía se la hace a través de la acción calorífica del gas y un soplete a una distancia de 300  $[[mm]]$ .

#### **1.1.2.9. Elementos para la mezcla de las sustancias químicas**

La preparación de las mezclas químicas requiere de los materiales que se señalan en la *tabla 1.10*.

TABLA 1. 10.

**Material necesario para realizar las mezclas del recubrimiento tipo espejo.**

CANT.	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	RECOMENDACIONES
4	Jeringas	- De uso comercial de venta libre. - Capacidad para 10 $[[mL]]$ .	Es de suma importancia utilizar una jeringa para un solo compuesto evitando utilizar la misma con más de una sustancia química, ya que esto provoca una mezcla incorrecta.
1	Vaso de precipitación	- Capacidad de 1 000 $[[mL]]$ . - Material de vidrio.	- El vaso de precipitación debe tener señalado las medidas, para poder realizar las mezclas correctamente.
1	Vaso de precipitación	- Capacidad de 600 $[[mL]]$ . - Material vidrio.	- Utilizar el vaso de precipitación de 1 000 $[[mL]]$ exclusivamente para el agua destilada y la 500 $[[mL]]$ para las mezclas.
1	Balanza de precisión	- Apreciación de 0,1 $[[g]]$ . - Precisión y exactitud de lectura.	La balanza puede ser digital o mecánica.
1	Guantes (par)	Material de látex.	De ninguna manera se debe topar los compuestos y mezclas con las manos desnudas directamente, ya que puede producir irritación. Si se produce una reacción adversa por el contacto directo con el cuerpo consulte a su médico.
1	Mascarilla	Para vapores orgánicos.	Utilizar la mascarilla a lo largo del proceso para evitar cualquier contaminación respiratoria.

### 1.1.3. CAPA PROTECTORA

La capa protectora es la capa final a aplicar. Es básicamente el mismo barniz que se aplica como capa base. Protege a la pieza terminada de golpes, fricciones y de la intemperie. Es imposible evitar que el barniz oscurezca el color del acabado final, pero se logra mitigar éste efecto al mezclar el mismo con tinte azul. Los componentes y sus proporciones para la aplicación de la capa base y la capa protectora se resume en la *tabla 1.11*.

**TABLA 1. 11.**  
**Proporción de mezcla para aplicación de la capa protectora (barniz).**

COMPONENTES	PROPORCIÓN
<b>Barniz transparente</b>	2 partes
<b>Catalizador</b>	1 partes
<b>Disolvente</b>	al 10%
<b>Tinte azul</b>	al 1%

Una vez aplicada la capa protectora a la pieza, ésta se vuelve resistente a ataques químicos y mecánicos normales obteniendo una larga duración del recubrimiento. Las características de cada capa se resumen en la *tabla 1.12*.

**TABLA 1. 12.**  
**Características de las capas de cromado.**

CAPA	ESPESOR DE CAPA SECA RECOMENDADO [mm]	SECADO A 25 [°C]	SECADO RÁPIDO* (PLÁSTICOS) 50 [°C]	VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA
<b>Base</b>	0,02	24 [h]	6 [h]	4 [h]
<b>Pintura tipo cromo</b>	0,002	Inmediato con aire a presión	Inmediato con aire a presión	No aplica
<b>Protectora</b>	0,02	12 [h]	1 [h]	4 [h]

**Fuente:** (Torres, Pintura Cromada Splendor, 2014)

#### 1.1.4. NORMAS DE SEGURIDAD Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los riesgos potenciales de los elementos químicos son la irritación de ojos y piel, además de ser nocivo por ingestión y para las vías respiratorias. No existe pruebas suficientes que éstos compuestos provoquen efectos cancerígenos.

La manipulación de las sustancias químicas se lo debe hacer en zonas bien ventiladas evitando la formación de vapores, sin mantener contacto con la piel, ojos y ropa. Se debe conservar los químicos en el recipiente de origen, cerrado cuando no se lo esté usando, en un lugar fresco y bien ventilado. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y no se debe fumar cerca. Lavarse las manos y otras áreas expuestas con un jabón suave y agua antes de comer, beber, fumar y abandonar la zona de trabajo.

La protección personal a utilizar son guantes de látex, mascarilla para vapores orgánicos, gafas de seguridad y ropa de trabajo.



**ILUSTRACIÓN 1. 5. Controles de la exposición, protección personal.**

Para más información de las normas de seguridad y equipos de protección personal de cada uno de los componentes y compuesto químicos, visite el Anexo A.

## **1.2. PROCEDIMIENTO Y APLICACIÓN**

El procedimiento y aplicación de los compuestos químicos es estrictamente secuencial, de lo contrario no tienen ningún efecto. La siguiente dosificación que se presenta es para un alcance de aplicación de un área igual a  $(200 \times 200)$   $[[mm^2]]$ .

Es recomendable preparar solo la cantidad proporcional a la que se va a utilizar inmediatamente, ya que si se guarda para varios días la mezcla se degrada y no produce el efecto deseado.

### **1.2.1. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE**

Es importante una correcta preparación de las superficies para el buen comportamiento de un recubrimiento al aplicarlo. Para impregnar cualquier capa es fundamental que la película se adhiera firmemente a la superficie sobre la cual se aplica para que quede homogénea y resista bien los agentes ambientales. La correcta preparación de la superficie es fundamental para conseguir un excelente acabado.

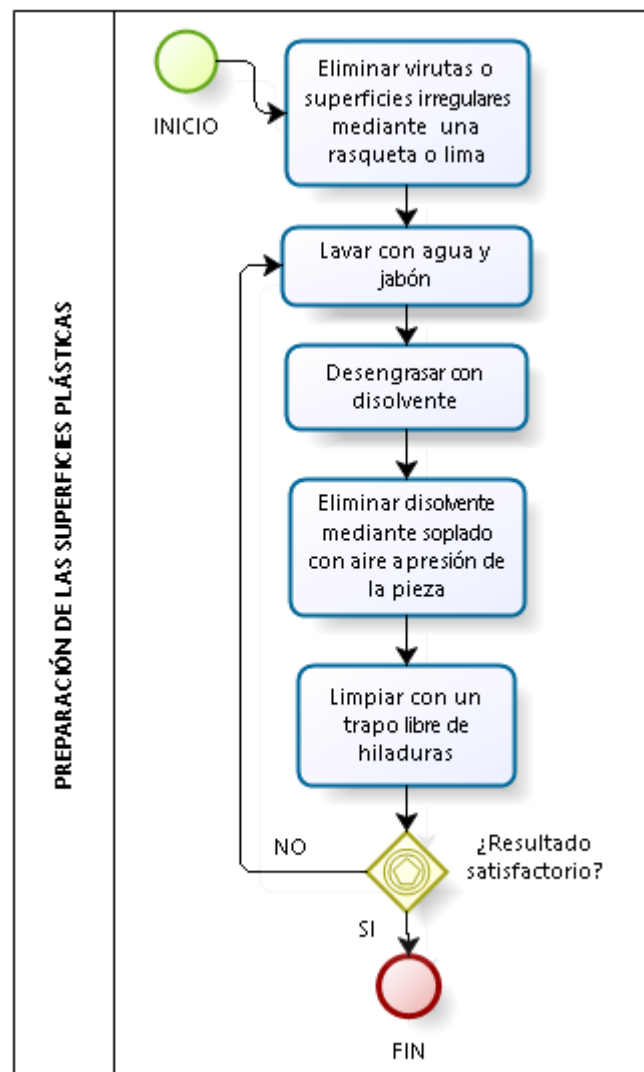
Una mala preparación de la superficie evita que la capa metálica se adhiera correctamente. Si la superficie posee grumos, éstas imperfecciones se maximizan con la capa de cromado al verse exageradamente grandes. Si la superficie posee

óxido y se aplica los compuestos, éste logra carcomer tanto la pieza como el recubrimiento terminando a corto plazo la vida útil de la pieza y la pintura.

Al preparar una superficie se debe eliminar cualquier residuo de óxido existente y todas las pinturas mal adheridas. Para esta labor se debe usar técnicas mecánicas y químicas.

### 1.2.1.1. Preparación de superficies metálicas

Los pasos a seguir para la correcta preparación de las superficies metálicas son las que en la *ilustración 1.6*, se expone.

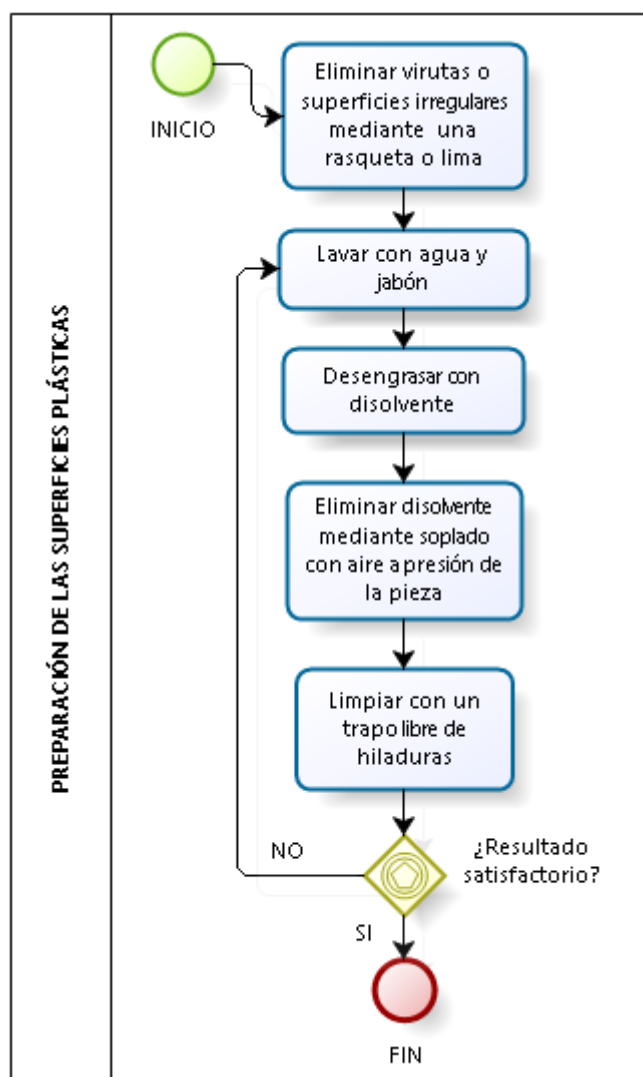


**ILUSTRACIÓN 1. 6.** Preparación de las superficies metálicas.

Se define como resultado satisfactorio a una superficie completamente lisa al tacto y a la vista sin imperfecciones.

### 1.2.1.2. Preparación de superficies plásticas

Los pasos a seguir para la correcta preparación de las superficies plásticas son los que en la *ilustración 1.7*, se expone.



**ILUSTRACIÓN 1. 7.** Preparación de las superficies plásticas.

**Fuente:** (Mapfre, S.f.)



Se define como resultado satisfactorio a una superficie completamente lisa al tacto y a la vista sin imperfecciones. Es muy importante tener experticia en la preparación de la superficie ya que esto lleva a un mejoramiento continuo en éste tipo de trabajo.

### **1.2.2. APLICACIÓN DE LA CAPA BASE**

La capa base es pintura de fondo y barniz, que ayuda a tener una base con brillo para dar apariencia húmeda al metalizado posterior. El compuesto resultante de la mezcla de las partes de la capa base se debe aplicar con una pistola atomizadora, a una presión de aire de (2,5 a 3,5)  $[[bar]]$  y una distancia de (150 a 200)  $[[mm]]$ .

Una incorrecta aplicación de la capa base evita que la capa metálica luzca cromada. Si no se aplica la capa de pintura uniformemente, la capa metálica en las partes no aplicadas será transparente, o sea que no se visualizará el cromado en dichos lugares. El barniz si no se aplica uniformemente la capa metálica poseerá brillo en los lugares aplicados y será opaca en los lugares mal aplicados.

#### **1.2.2.1. Aplicación de la pintura de fondo**

La pintura de fondo de la capa base y su proceso de aplicación se detalla en la *ilustración 1.8*.

Es muy importante que se respeten los tiempos correctos de aplicación y secado (a 50  $[[^{\circ}C]]$ ), ya que al variar éstos las capas aplicadas no se adherirán correctamente. Finalizada la aplicación de la capa de pintura de fondo, se recomienda aplicar la primera mano de barniz semihúmeda, para la buena adherencia de ésta.

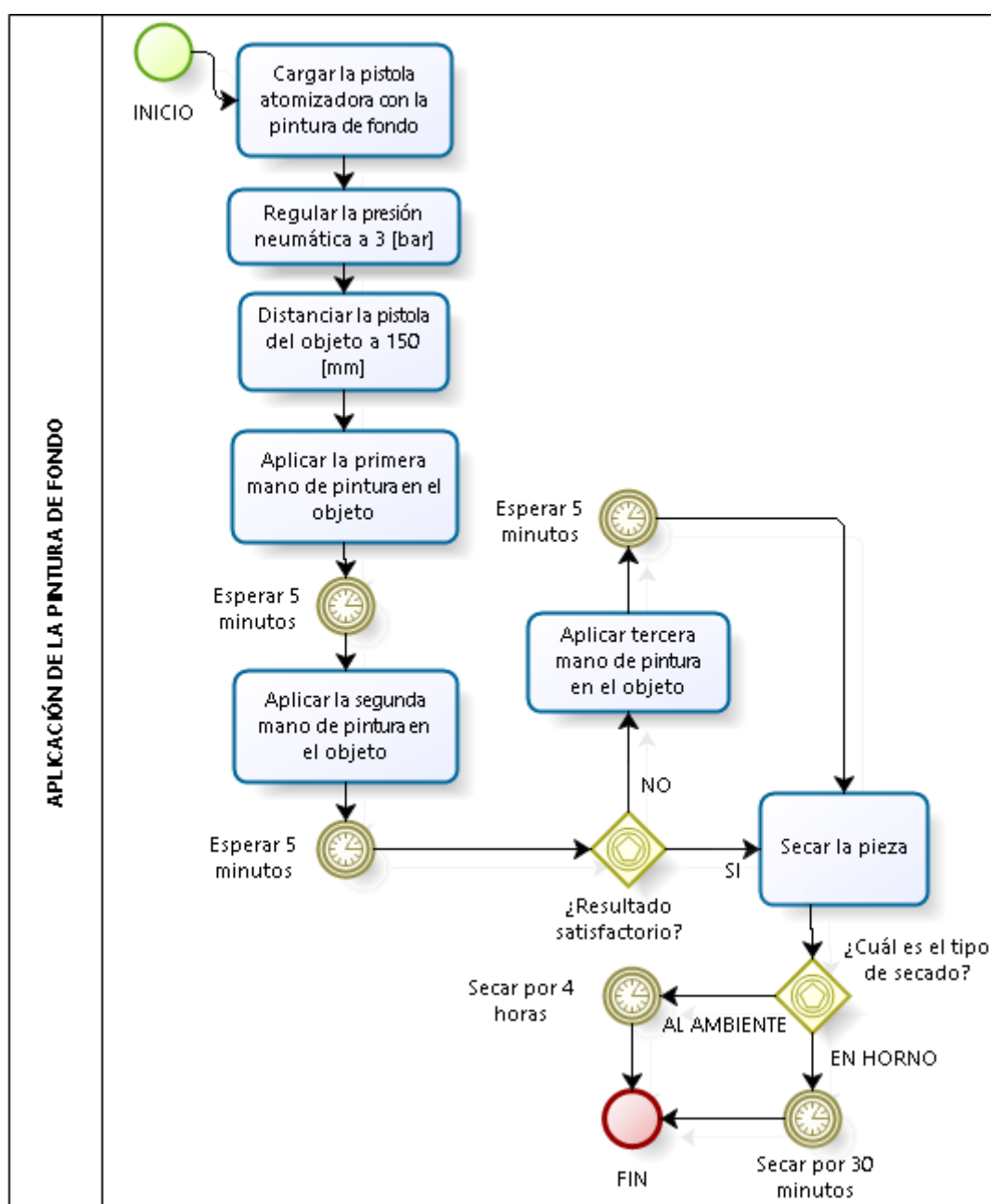
#### **1.2.2.2. Aplicación del barniz**

El barniz de la capa base y su proceso de aplicación se detalla en la *ilustración 1.9*.

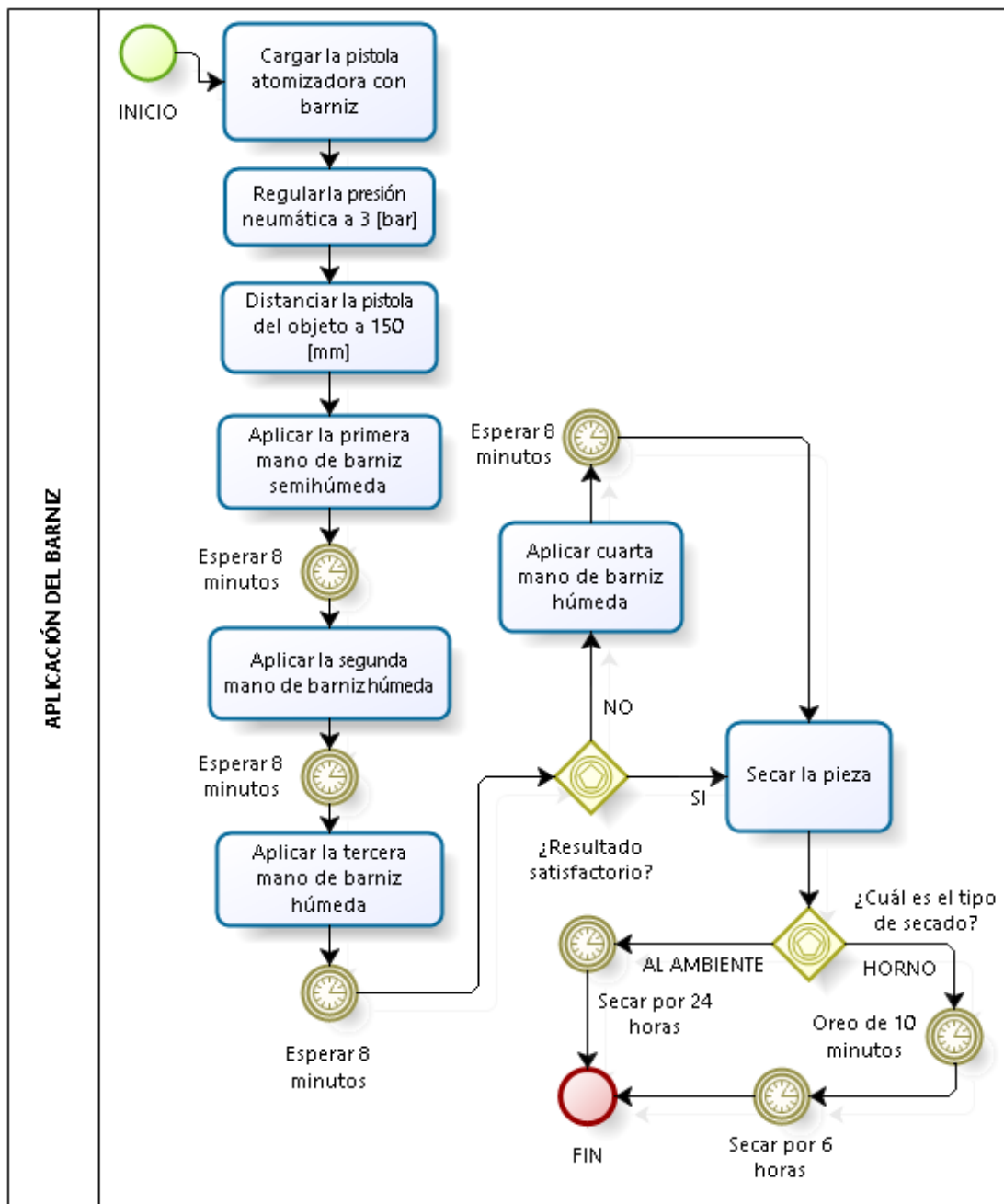
Se recomienda no tocar el objeto después de la aplicación de cualquier capa. El aceite de las manos puede causar defectos en el acabado final. Como se menciona

en la *tabla 1.12*, luego de aplicada la capa base dejar secar la pieza por al menos seis horas si es a 50 [°C], o veinticuatro horas si es a la temperatura ambiental, para evitar que los vapores orgánicos de la capa base interfiera químicamente con la capa de pintura tipo cromo.

Es recomendable, como proceso adicional para mejor el acabado final del cromado de la pieza, que entre capas de barniz se pula las imperfecciones con una lija extrafina de número entre 800 a 2 000.



**ILUSTRACIÓN 1. 8.** Aplicación de la pintura de fondo.



**ILUSTRACIÓN 1. 9.** Aplicación del barniz.

### 1.2.3. APLICACIÓN DE LA CAPA DE PINTURA TIPO CROMO

La aplicación de la capa de pintura tipo cromo es la segunda capa sobre el objeto y se debe aplicar en varias etapas; por cuanto este es un proceso químico que tiene que ser aplicado en un orden secuencial específico de tal manera que el resultado

sea una deposición de una capa metálica con apariencia espejo sobre la superficie previamente preparada en la capa base.

Una incorrecta aplicación en la secuencia solo logrará aplicarse una capa de color café; si la aplicación no es igual en proporción del compuesto R con los compuestos C y G no se logrará depositar correctamente la capa metálica obteniendo islas sin aplicación del cromado; o si se abusa de la aplicación de los compuestos C y G se logrará quemar la pieza, es decir que el cromado resulte de un tono casi negro o amarillento. El proceso de aplicación de la capa de pintura tipo cromo se detalla en la *ilustración 1.10*.

La forma de saber si la tensión superficial del objeto está rota es a simple vista, observando si se adhiere una capa uniforme de sensibilizador R, la presencia de gotas o espacios secos significa que la tensión superficial no se logró vencer.

El flameado solo debe calentar la superficie a pintar, evitando que se dañe el acabado de la capa base o incluso el mismo objeto a cromar. En caso de que el material no soporte el flameado, se puede reemplazar el proceso con un lavado de agua jabonosa (agua común mezclado con jabón arranca grasas para cocina), atomizado por un spray, luego lavar levemente con agua destilada y seguir con el proceso aplicando la capa de activador R.

La aplicación del compuesto R debe ser lenta, insistiendo en todos los lugares de la pieza, formando capas. Mientras que, la aplicación de los compuestos C y G debe ser más rápida para no dejar que se estanquen los químicos y manchar la pieza.

Durante la aplicación del compuesto C y G es crucial verificar que las pistolas pulvericen la misma cantidad de cada compuesto, de no ser así el efecto cromado no se logra.

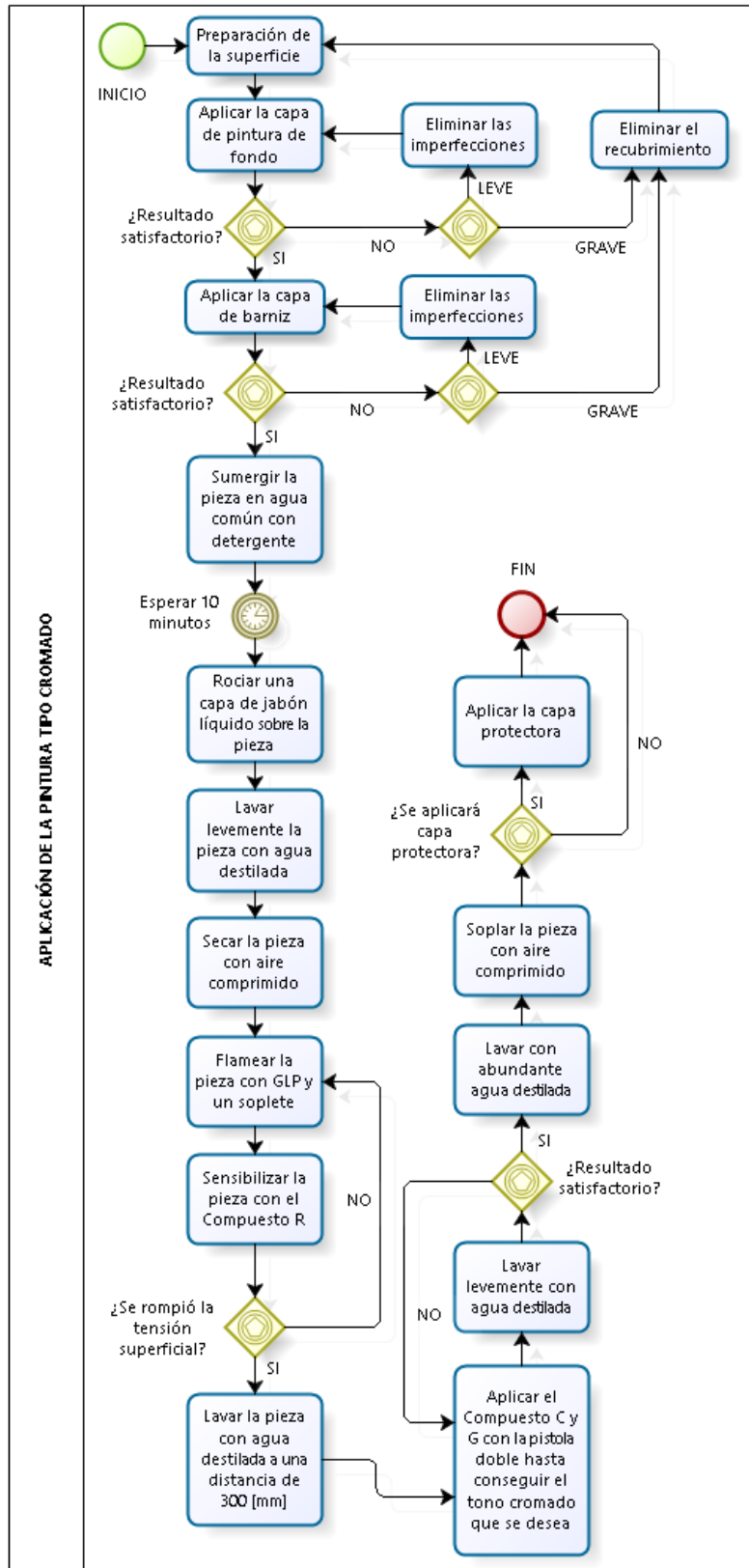


ILUSTRACIÓN 1. 10. Diagrama de flujo de la aplicación de la pintura tipo cromo.

#### **1.2.4. APLICACIÓN DE LA CAPA PROTECTORA**

La capa protectora, como ya se mencionó, es el mismo barniz aplicado en la capa base y su proceso de aplicación se detalla en la *ilustración 1.9*.

Antes de aplicar la capa protectora verificar que el objeto esté totalmente seco, caso contrario la capa de barniz no se adhiere correctamente. Mientras más capas de barniz se apliquen a la pieza más resistente será el acabado de la pieza. Se recomienda aplicar tres capas de barniz para objetos que están a la intemperie y sometidos a rozamientos constantes.

En resumen, la pintura tipo cromo no es más que una reacción química que ocurre en una determinada pieza de cualquier material, basado en la reacción redox de Tollens. Utiliza en un noventa por ciento agua, que mientras más pura esta está mejor calidad de recubrimiento se obtiene; además de pintura base, barniz y las sustancias químicas R, C y G. Para obtener un cromado tipo espejo, se debe seguir un orden secuencial de aplicación de las sustancias químicas, de no ser así, el efecto cromado no se produce.



## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

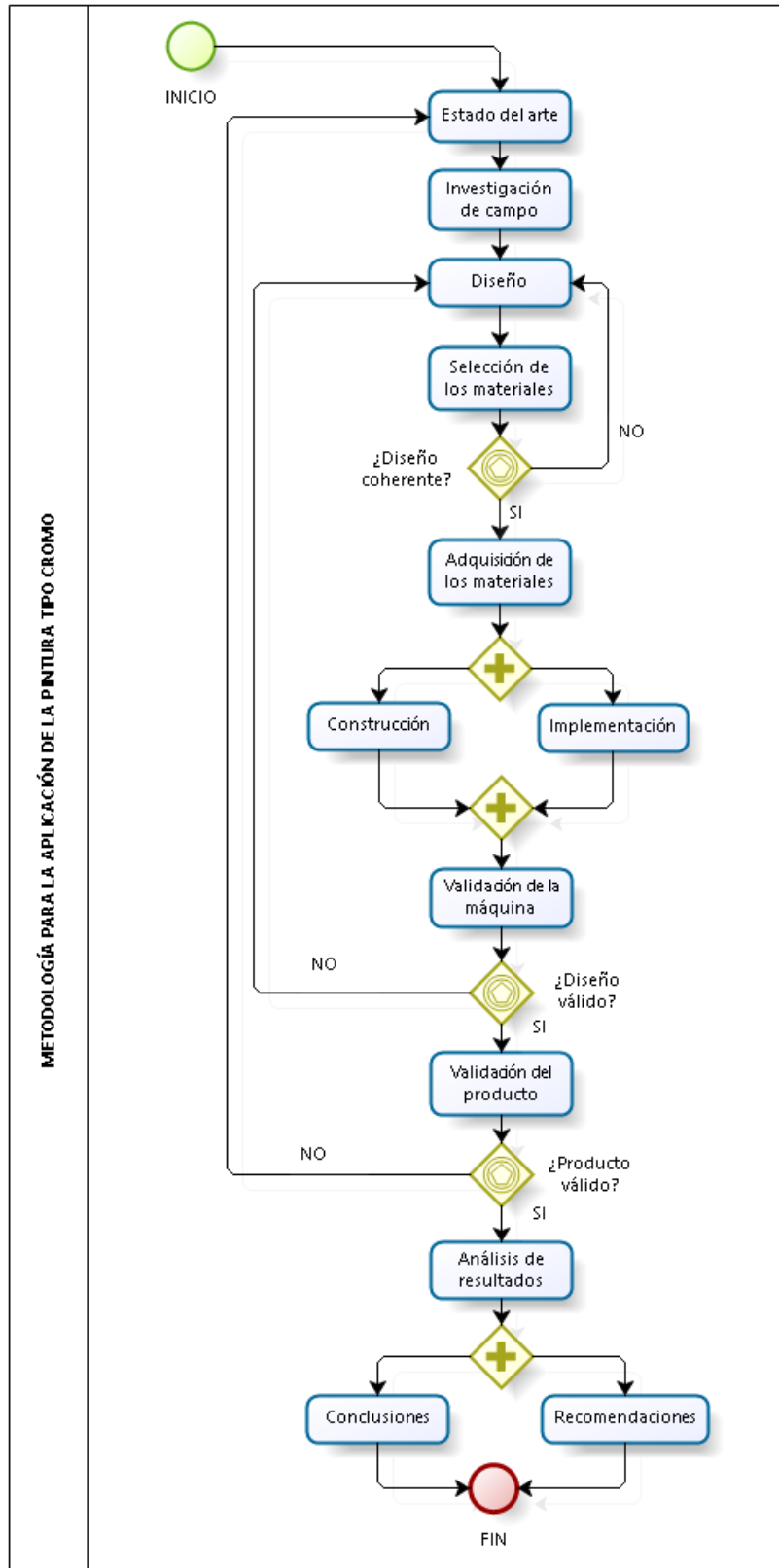
**E**l conjunto de métodos o actividades destinadas al cumplimiento de los objetivos se tratan en el presente apartado. Tiene como propósito la descripción de las diferentes etapas que enfrenta el proceso de trabajo.

#### 2.1. METODOLOGÍA

La metodología implementada de acuerdo a los objetivos específicos planteados, para el desarrollo de esta obra, son metodologías cualitativas, cuantitativas y experimentales.

En el estado de arte se investiga todo lo referente al conocimiento acumulado de los procesos de cromado por aspersion de manera global y nacional. La investigación de campo se la realiza en el Ecuador, en específico en la ciudad de Cuenca donde se desarrolla principalmente los procesos de cromado. El diseño se basa principalmente en los aparatos utilizados en la pintura automotriz, rama muy afín a la investigación, y la pintura tipo cromo. Los materiales seleccionados y adquiridos son los que la ciudad de Ibarra comercializa, excluyendo a los químicos de la capa de cromado que son de la ciudad de Cuenca. La construcción e implementación se la realiza en el taller del autor ubicado en la ciudad de Otavalo. La validación de la máquina y del producto se lo realiza en los laboratorios de Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, mediante pruebas de funcionamiento y variación de parámetros para la aplicación del recubrimiento tipo cromo. Con los datos obtenidos se analiza los resultados y se concluye y recomienda las pautas principales para futuras investigaciones.





**ILUSTRACIÓN 2. 1.** Metodología para la aplicación de la pintura tipo cromo.

## 2.2. DISEÑO Y SELECCIÓN

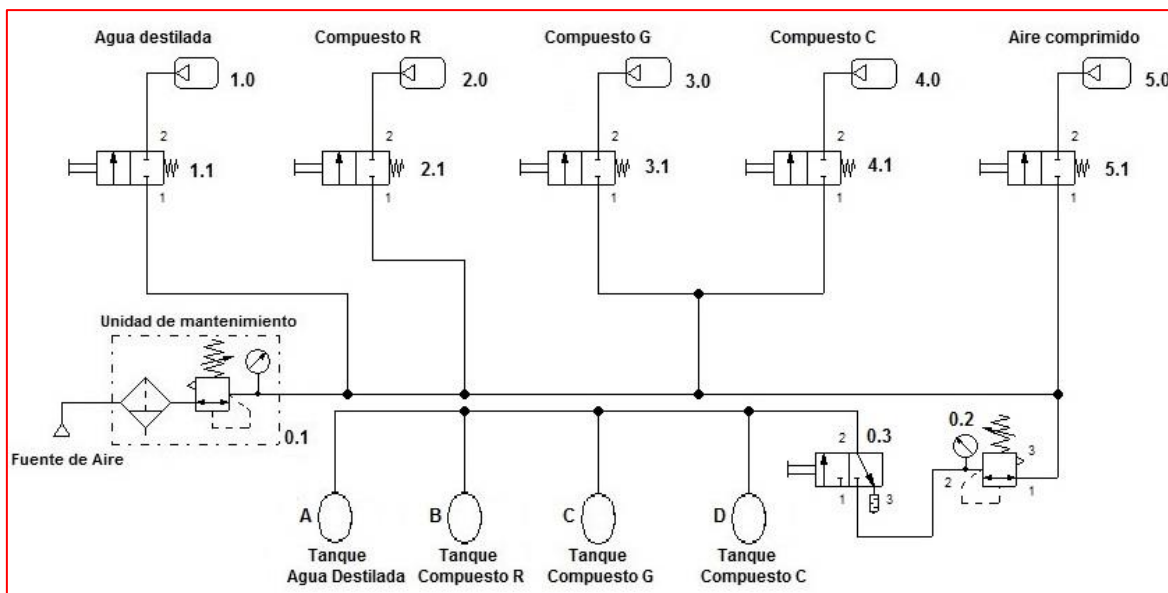
El diseño y selección del sistema de cromado gira sobre dos componentes, el sistema neumático y la cámara térmica.

### 2.2.1. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

El tipo de aspersion es neumático y sirve para la impregnación de una capa de pintura cromada sobre la superficie de una pieza tratada. En el presente apartado se describe el diseño y los componentes de éste sistema.

#### 2.2.1.1. Diseño neumático

El diseño neumático va sujeto al orden de aplicación de las distintas sustancias empleando el circuito neumático que se indica en la *ilustración 2.2*.



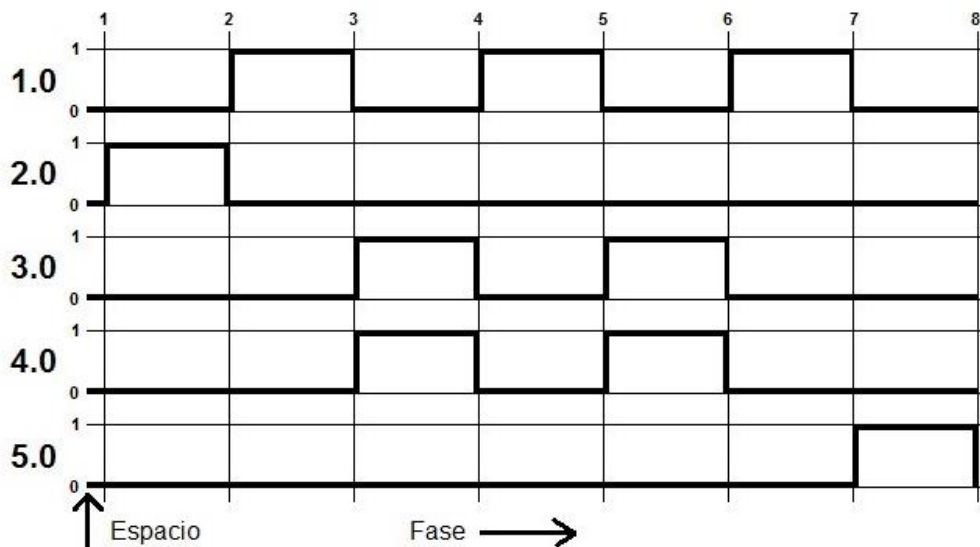
**ILUSTRACIÓN 2. 2.** Esquema del sistema neumático para el cromado.

Cabe recalcar que para efectos de simulación cada pistola atomizadora está representada como un actuador, simulado como una válvula de 2/2 vías para el gatillo de disparo y una boquilla.

Una vez diseñado el circuito neumático se escogen los diferentes componentes del sistema.

**TABLA 2. 1.**  
***Siglas y designación de cada componente del circuito neumático.***

<b>SIGLAS</b>	<b>COMPONENTE</b>
<b>0.1</b>	Grupo de mantenimiento
<b>0.2</b>	Válvula reguladora de presión con manómetro
<b>0.3</b>	Válvula de 3/2 vías con accionamiento manual
<b>1.0</b>	Pistola pulverizadora para agua destilada
<b>1.1</b>	Pulsador manual de la pistola pulverizadora para agua destilada
<b>A</b>	Tanque de depósito para agua destilada
<b>2.0</b>	Pistola pulverizadora para el compuesto R
<b>2.1</b>	Pulsador manual de la pistola pulverizadora para el compuesto R
<b>B</b>	Tanque de depósito para compuesto R
<b>3.0</b>	Pistola pulverizadora para el compuesto G
<b>3.1</b>	Pulsador manual de la pistola pulverizadora para el compuesto G
<b>C</b>	Tanque de depósito para compuesto G
<b>4.0</b>	Pistola pulverizadora para el compuesto C
<b>4.1</b>	Pulsador manual de la pistola pulverizadora para el compuesto C
<b>D</b>	Tanque de depósito para compuesto C
<b>5.0</b>	Pistola pulverizadora para el aire comprimido
<b>5.1</b>	Pulsador manual de la pistola pulverizadora para el aire comprimido



**ILUSTRACIÓN 2. 3.** Diagrama de funcionamiento del sistema neumático (Diagrama de espacio-fase).

### 2.2.1.2. Selección de los componentes neumáticos

Los componentes que son parte del sistema neumático son pistolas atomizadoras, recipientes de almacenamiento de las sustancias, tuberías y accesorios, unidad de mantenimiento y compresor.

#### 2.2.1.2.1. Selección de las pistolas atomizadoras

Existe dos sistemas para la aplicación de un recubrimiento sobre un determinado objeto, por gravedad y por succión. La *tabla 2.2* aborda las ventajas y desventajas de los mismos.

**TABLA 2. 2.**  
**Características de los diferentes tipos de sistemas para la aplicación de recubrimientos por aspersión.**

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>Gravedad</b>	Tienen un depósito en la parte superior en el que se encuentra el líquido por lo que utiliza el efecto de la gravedad para pulverizarlo.	- Sólo consume aire cuando se activa el gatillo.	- Menor pulverización. - Menor abanico. - Cubre menos área.

TIPO DE SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Se utiliza para acabado fino y objetos pequeños.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El vaso es ajustable a diferentes ángulos.</li> <li>- Ahorra material al extraer todo el líquido del vaso a diferencia del vaso de succión donde siempre quedan restos.</li> </ul>	
<b>Succión</b>	Incorporan un depósito en la parte baja de la pistola, actúan absorbiendo el líquido por efecto Venturi <sup>xi</sup> . Se utiliza para superficies amplias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor pulverización.</li> <li>- Posee un abanico mayor que las de gravedad.</li> <li>- Cubre más área.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aun cuando no se aplique líquido, están desperdiciando aire.</li> <li>- El vaso debe estar siempre vertical, por lo que dificulta la aplicación sobre techos o pisos.</li> <li>- Un mal control de presión puede causar accidentes al reventarse el vaso.</li> </ul>

**Fuente:** (Henkel Ibérica, S.A., 2016)

El sistema de aplicación seleccionado es por gravedad debido a las ventajas expuestas y que el cromado se lo hace sobre superficies pequeñas.

Para la selección de las boquillas, el fabricante recomienda utilizar de diámetro de 1,8 [mm] para la pintura de relleno y 1,4 [mm] para el barniz. El mercado local oferta las pistolas que se resume en la *tabla 2.3*.

**TABLA 2. 3.**  
**Características técnicas de diferentes pistolas atomizadoras.**

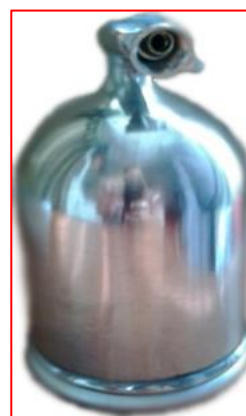
TIPO DE PISTOLA	PRESIÓN DE TRABAJO [bar]	CONSUMO DE AIRE [L/min]	PRECIO
<b>Gravity Spray Gun F-75</b>	2 a 5	80 a 165	Bajo
<b>W-200 Italco</b>	10	84,95 a 283,2	Alto
<b>CH Campbell Hausfeld</b>	3	60 a 150	Medio

**Fuente:** (Pintulac, S.f.)

Se escoge la pistola atomizadora marca *Gravity Spray Gun*, modelo *F-75*, ya que tienen características técnicas idóneas para aplicar el recubrimiento, es una pistola utilizada tanto para la pintura, como para lavado, su alimentación de líquidos es por gravedad, posee un diámetro de boquilla de 1,8 [mm], la anchura del abanico es regulable y va desde 110 [mm] hasta los 180 [mm] y su precio es bajo.



a)



b)

**ILUSTRACIÓN 2. 4.** Pistola aplicador de capa base y capa protectora: a) pistola; b) tanque.

Los compuestos químicos son mayormente agua (aproximadamente 90%), por tanto, al ser sustancias con una baja viscosidad, inferior a cualquier pintura, pistolas de pulverización simples son suficientes para el proceso de cromado.

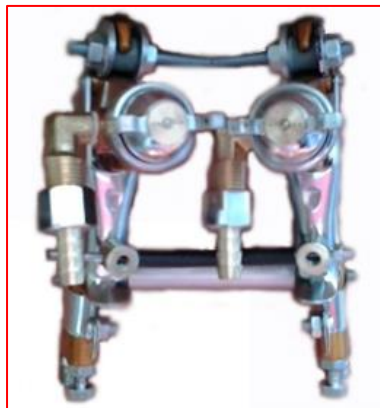


**ILUSTRACIÓN 2. 5.** Pistola pulverizadora de agua destilada.



**ILUSTRACIÓN 2. 6. Pistola pulverizadora de compuesto R.**

El compuesto G y C deben aplicarse al mismo tiempo, por tanto, la pistola a utilizar es una pistola doble, que no es más que dos pistolas simples unidas. A este par de pistolas se las ha unido mediante tornillos y tuercas logrando así mezclar los componentes G y C mediante pulverización en el aire instantes antes de que se aplique sobre la pieza, con un ángulo de disparo de 25°.



**ILUSTRACIÓN 2. 7. Pistola doble aplicador de los compuestos C y G.**

La pistola de secado es por la cual el aire comprimido pasa para secar o soplar la pieza. La pistola no pulveriza ningún líquido, por tanto, es una pistola de diferente configuración que las anteriores. Una pistola que se adapta a éstas características es la *Air Duster Gun (DG-10-2)*, que soporta máxima presión de 7,85  $[[bar]]$ .



**ILUSTRACIÓN 2. 8. Pistola para aire comprimido.**

La pistola para la aplicación de la capa base y la capa protectora al igual para el agua destilada requiere de las mismas características técnicas, por tanto, se selecciona la marca *Gravity Spray Gun*, modelo *F-75*, por las razones antes expuestas. Además, posee un vaso de 400  $[[cm^3]]$  de capacidad que es ideal para aplicar la capa base y capa protectora.

#### 2.2.1.2.2. *Recipientes de pulverización de las sustancias químicas*

Los recipientes de almacenamiento y pulverización albergan las diferentes sustancias que componen el proceso de cromado. Como requisitos que deben poseer cada uno de estos son que deben albergar una cantidad mínima de 0,500  $[[L]]$  de las mezclas, ser inocuo y resistente a la corrosión de las sustancias químicas.

El PVC es uno de los plásticos más versátiles que soporta temperaturas de hasta 140  $[[^{\circ}C]]$ , resistente a la corrosión, tiene buena resistencia eléctrica, es dúctil y tenaz, por lo que hace de este material ideal para trabajar con sustancias químicas con aplicación de presión.

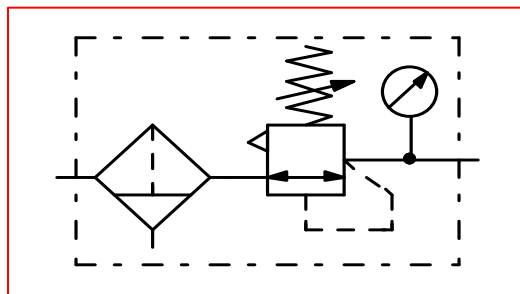




**ILUSTRACIÓN 2. 9. Tanque presurizado.**

#### 2.2.1.2.3. *Unidad de mantenimiento*

La unidad de mantenimiento consta de una válvula de aislamiento manual, filtro y válvula reguladora de presión; el lubricador se excluye debido a que la aplicación no posee partes móviles que necesiten ser lubricadas para su funcionamiento.



**ILUSTRACIÓN 2. 10. Unidad de mantenimiento.**

**Fuente:** (FESTO, S.f.)

La válvula de aislamiento manual, también denominada válvula de cierre, sirve para cerrar o aislar el circuito, para cuando se desee intervenir en los elementos del circuito.



**ILUSTRACIÓN 2. 11. Válvula de aislamiento manual.**

El filtro, en el circuito, purifica el aire evitando el paso de partículas nocivas para los elementos móviles, que lleva el aire y que provienen del mismo circuito como cascarillas, óxidos, virutas, pinturas, aislantes, entre otros; que puede dificultar el correcto movimiento de los elementos móviles de los aparatos que hay en el circuito. La válvula reguladora de presión también se denomina manorreductor, su función es la de regular la presión en el circuito de utilización, independientemente de la presión de la red de suministro que normalmente es mayor que la utilizada en la instalación. La presión se mide y señaliza con un aparato llamado indicador de presión o manómetro.



**ILUSTRACIÓN 2. 12. Filtro con válvula reguladora de presión (Camozzi N204-D00).**

Según la norma ISO 8573-1:2010: aire para aplicaciones industriales, aplicado en herramientas neumáticas, pintura y acabado siendo éste de clase 4, en el que se debe eliminar eficientemente partículas sólidas y aceite del tamaño de  $5 \mu\text{m}$ . Por

tanto, se ha seleccionado el *filtro regulador de aire Camozzi N204-D00*, que filtra partículas de hasta 5  $[\mu m]$ .

#### 2.2.1.2.4. Compresor

El compresor<sup>xii</sup> da funcionamiento al sistema neumático mediante el aire comprimido o aire atmosférico sometido a presión acondicionado. La generación de aire comprimido es el proceso de elevación de presión del aire atmosférico en la sección de entrada del sistema neumático. (Heras Jiménez, 2003).

Antes de seguir los pasos para la selección de un compresor, se debe tomar en cuenta que una de las finalidades del sistema de cromado es ser portátil, de fácil instalación y de bajo costo, por lo que, un compresor portátil es la primera elección.

La selección de un tipo de compresor se realiza sobre la base a los siguientes pasos para fijar correctamente la capacidad del compresor. La estimación del consumo de todos los dispositivos que emplean aire. En el proceso de cromado se requieren de cinco pistolas atomizadoras que consumen un caudal de 165  $[L/min]$  (véase la *tabla 2.3*) cada una.

$$Q_{AT} = N_{ECA} \cdot Q_A$$

**ECUACIÓN 2. 1. Estimación del consumo dispositivos que emplean aire.**

Siendo:

$Q_{AT}$  : Caudal de aire total de todos los dispositivos, en metro cúbico por hora  $[m^3/h]$ ;

$N_{ECA}$  : Número de elementos que consumen aire, valor adimensional; y

$Q_A$  : Caudal de aire que consumen los elementos, en metro cúbico por hora  $[m^3/h]$ .

$$Q_{AT} = (5) \cdot (165)$$

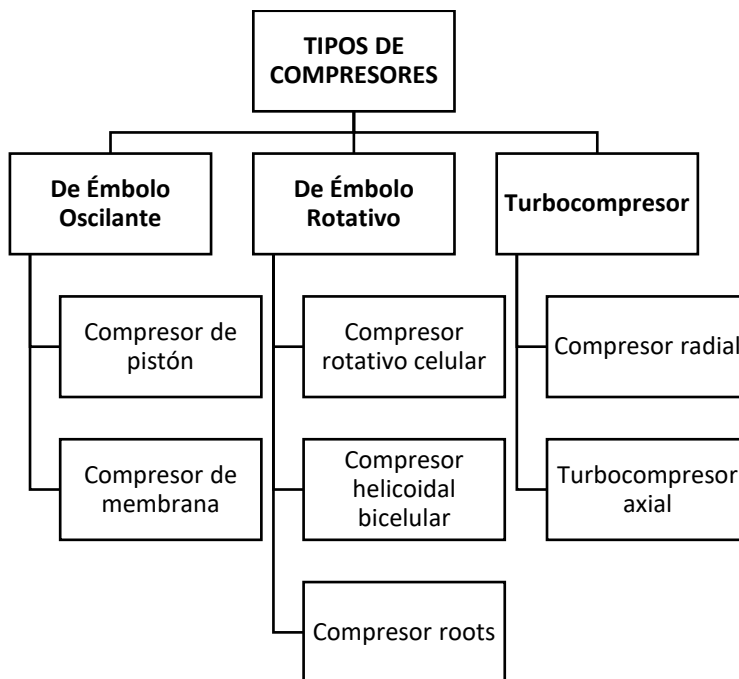
$$Q_{AT} = 825 [L/min]$$

$$Q_{AT} = 49,5 [m^3/h]$$

La presión más elevada que requiere cada pistola es de 4 **[[bar]]**. Con estos datos se puede determinar el tipo de compresor a utilizar mediante la *ilustración 2.14*. Los compresores, se dividen en diferentes tipos, que se exponen en la *ilustración 2.13*.

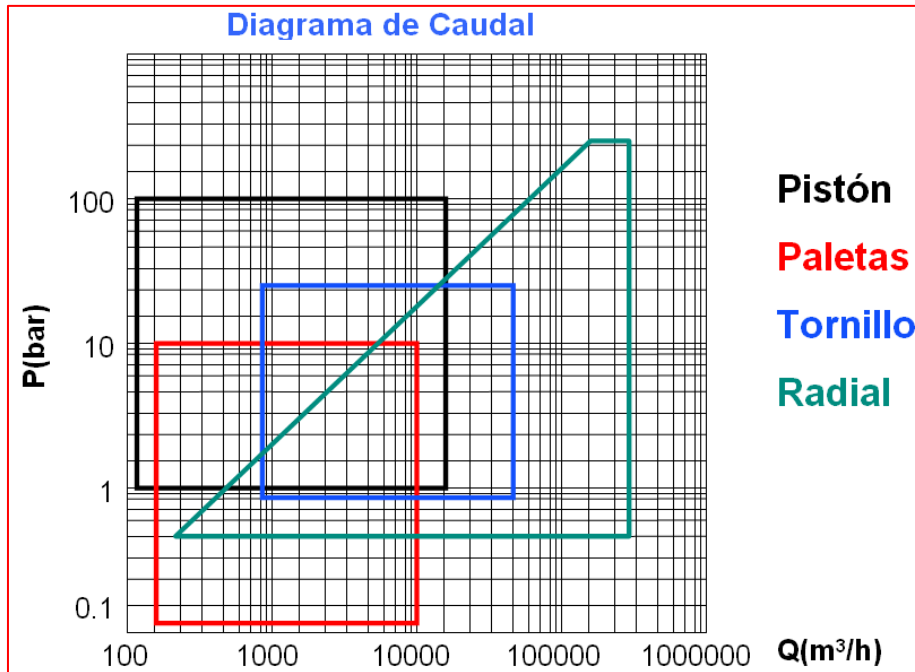
Como se puede observar en el diagrama con un compresor de pistón es suficiente para el sistema de cromado. El compresor de pistón toma aire del exterior y lo comprimen con un cilindro y un pistón almacenándolo para ser expulsado cuando se lo requiera.

El factor de carga determina la capacidad de compresor que se necesita al multiplicarlo por la suma de las necesidades máximas de cada herramienta, para fines estimativos se puede utilizar la *tabla 2.4*.



**ILUSTRACIÓN 2. 13.** Organigrama de los tipos de compresores.

**Fuente:** (Sapiensman, S.f.)



**ILUSTRACIÓN 2. 14.** Diagrama de Caudal – Presión para la determinación del tipo de compresor a utilizar.

*Fuente:* (Acosta Acosta, S.f)

**TABLA 2. 4.**

**Experiencia práctica para determinar el coeficiente de carga en una instalación neumática.**

N.º DE MÁQUINAS	COEFICIENTE DE CARGA (%)	N.º DE MÁQUINAS	COEFICIENTE DE CARGA (%)
1	100	8	75
2	90 a 100	9	72
3	90	10	71
4	85	15	63
5	82	25	55
6	80	50	51
7	77	70	47

*Fuente:* (Ingersoll Rand, S.f.)

Si bien es cierto cinco pistolas están conectadas, pero solo dos trabajan al mismo tiempo (pistola doble de los compuestos G y C), por lo que su coeficiente de carga se toma a 82%, lo que quiere decir que de cinco pistolas que se utilizan al mismo tiempo, trabajan teóricamente 4,1. La capacidad que el compresor debe suministrar es de:

$$(F.C.) \cdot (\text{Consumo de cada pistola}) = \text{Capacidad del compresor}$$

$$\text{Capacidad del compresor} = (4,1) \cdot (165)$$

$$\boxed{\text{Capacidad del compresor} = 676,5 \text{ [L/min]}}$$

Las pérdidas que se pueden dar en el circuito neumático son despreciables ya que el compresor trabaja en el mismo lugar que las pistolas pulverizadoras, por lo que el recorrido del aire es corto y sin pérdidas considerables.

En el laboratorio de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, lugar en el que trabaja el sistema de cromado, existe un compresor con las características antes expuestas, por lo que es utilizado para alimentar el sistema neumático.

**TABLA 2. 5.**  
**Características del compresor MSV40.**

MODELO	DESPLAZAMIENTO DE AIRE [L/min]	MÁXIMA PRESIÓN [bar]
MSV40	1 132	12

**Fuente:** (SCHULZ, S.f.)



**ILUSTRACIÓN 2. 15.** Compresor utilizado en el sistema de cromado.

**Fuente:** (SCHULZ, S.f.)

#### 2.2.1.2.5. Selección de tuberías y accesorios

Para seleccionar cualquier tipo de tuberías se debe calcular primero su diámetro. Se debe tomar en cuenta que la presión máxima de trabajo del compresor es de

12,237  $[[kgf/cm^2]]$  y posee un caudal de 1 132  $[[L/min]]$ , de la *tabla 2.6* se escoge el diámetro de tubería.

**TABLA 2. 6.**

**Caudal máximo recomendado en tuberías de aire a presión para longitudes no superiores a 15 [m].**

Presión inicial $[[kgf/cm^2]]$	DIÁMETRO NOMINAL EN ROSCA GAS DE LAS TUBERÍAS STANDARD								
	1/8 $[[in]]$	1/4 $[[in]]$	3/8 $[[in]]$	1/2 $[[in]]$	3/4 $[[in]]$	1 $[[in]]$	1 $\frac{1}{4}$ $[[in]]$	1 $\frac{1}{2}$ $[[in]]$	2 $[[in]]$
	CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO (Litros por minuto de aire libre)								
2,8	42	198	453	1 048	1 982	3 539	7 079	10 619	21 238
3,5	57	241	566	1 274	2 407	4 248	9 203	12 742	25 483
4,2	65	269	651	1 557	2 831	4 814	9 911	15 574	29 783
4,9	76	325	765	1 699	3 398	5 380	12 743	18 406	32 564
5,6	85	368	849	1 840	3 681	6 513	13 450	19 822	36 812
6,3	93	396	963	1 982	4 247	7 079	14 158	22 653	42 475
7,0	105	425	1 048	2 124	4 814	8 495	15 854	25 845	50 970
8,7	119	510	1 274	2 973	5 663	9 911	20 388	28 317	59 465
10,5	142	651	1 416	3 398	6 513	11 326	24 069	31 148	67 960
12,3	173	708	1 699	3 828	7 362	12 742	26 901	36 812	76 456
14,0	190	793	1 982	4 247	9 061	14 442	29 732	42 475	84 950

\* Nota: El caudal máximo mantenido no debe exceder el 75%. Para longitudes que sean mayores a 15  $[[m]]$ , elegir diámetro superior.

**Fuente:** (Roldán Vilorio, 1991)

Por tanto, el diámetro nominal de la tubería debe ser de 3/8  $[[in]]$  (9,525  $[[mm]]$ ). En el mercado existen mangueras neumáticas plásticas, son ideales para el sistema, ya que son muy flexibles, durable, ligera, resistente a la abrasión y químicos, se utiliza con aire comprimido y agua; son las denominadas *Manguera de Poliuretano*. Para la selección de las dimensiones se selecciona de la *tabla 2.7*.

La presión de trabajo para el cromado es de 4  $[[bar]]$  y la presión máxima del compresor es de 12  $[[bar]]$ , por lo que 10,342  $[[bar]]$  es un punto entre ambas presiones con el cual sobreestimado y seguro para escoger una tubería.

Ya que la presión de trabajo es la misma para todas las dimensiones 10,342  $[[bar]]$ , se selecciona la manguera de poliuretano resistente al hidrólisis de dimensiones de (8×5)  $[[mm]]$  ya que el diámetro se ajusta al nominal seleccionado en la *tabla 2.7*.

**TABLA 2. 7.**  
**Características de las mangueras de poliuretano.**

DIÁMETRO EXTERNO [[mm]]	DIÁMETRO INTERNO [[mm]]	PRESIÓN DE TRABAJO [[bar]]
3	2,1	10,342
4	2,6	10,342
6	4	10,342
8	5,7	10,342
10	7	10,342
12	8	10,342
14	9,8	10,342
16	11	10,342

**Fuente:** (FESTO, 2016)

### 2.2.1.3. Diseño mecánico para el sistema neumático

El sistema neumático debe ser aislado y móvil, para poder utilizar las pistolas pulverizadoras con mayor facilidad para el operario y sin riesgo de daño debido al ambiente, por esta razón se implementó una estructura metálica tipo caja, para albergar el circuito neumático, así como los tanques presurizados.

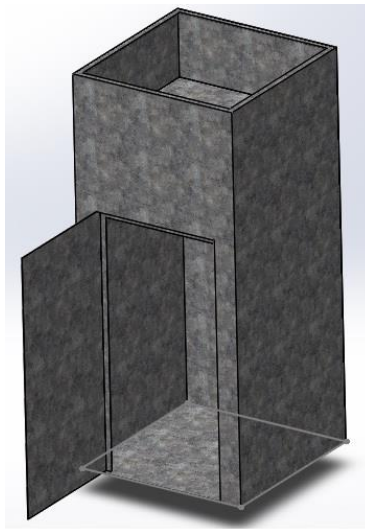
#### 2.2.1.3.1. Parámetros geométricos

En la estructura se alberga los tanques presurizados para los diferentes químicos, red neumática, medidores de presión de aire, válvulas, pistola atomizadoras y accesorios de acople neumático. Por lo que, dentro de un volumen de 0,144  $[[m^3]]$  es un espacio suficiente para almacenar los componentes, ya que cada tanque (el componente más voluminoso) posee un volumen de 0,108 9  $[[m^3]]$ , siendo éstos un total de cuatro. La *tabla 2.8* muestra el dimensionamiento de la estructura metálica.



**TABLA 2. 8.**  
**Dimensiones de la estructura metálica tipo caja.**

PARÁMETRO	DIMENSIÓN
<b>Alto</b>	900 [mm]
<b>Ancho</b>	400 [mm]
<b>Profundidad</b>	400 [mm]



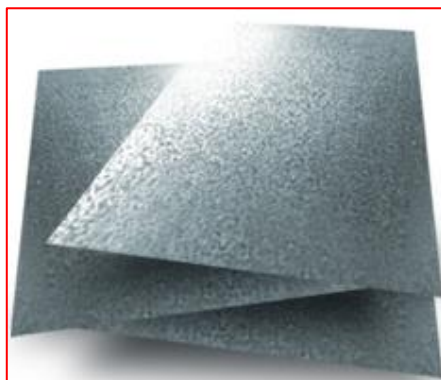
**ILUSTRACIÓN 2. 16.** Boceto de la estructura metálica tipo caja.

Adicional a los parámetros mencionados, la estructura tiene una puerta en la parte posterior de  $(300 \times 600)$  [mm<sup>2</sup>], para la inserción y extracción de los tanques. Además, que dentro de la estructura se divide la misma en dos cámaras una debajo para los tanques presurizados y otra en la parte superior para el circuito neumático que conectan los tanques con la línea de aire del compresor.

#### 2.2.1.3.2. Selección del material

La estructura metálica tipo caja debe reunir características como: rigidez, ligereza, durabilidad y seguridad. Por lo que se ha escogido al acero galvanizado debido a que su recubrimiento de zinc evita que se oxide a la intemperie lo que hace de este material más duradero, resistente a las rayaduras y su costo es relativamente bajo.

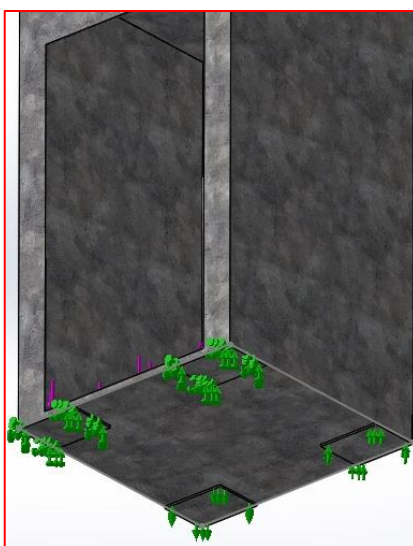
El espesor de lámina escogido es de 1,27 [mm], ya que en forma de caja es muy resistente a pesos externos lo que evita que se deforme si se aplica una carga externa, sumado a esto no se vuelve una estructura pesada al momento de ser transportada. Un espesor superior haría de esta una estructura muy pesada y un espesor inferior no lograría la rigidez deseada.



**ILUSTRACIÓN 2. 17. Acero galvanizado.**

#### 2.2.1.3.3. *Condiciones de borde*

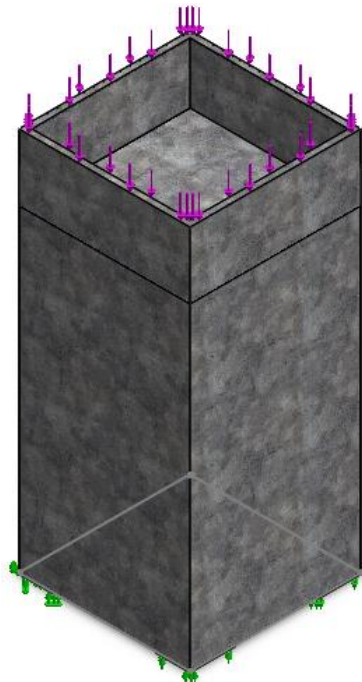
Las condiciones de borde de la estructura metálica tipo caja, está restringida con geometría fija en la parte trasera y rodillos deslizantes en la parte delantera de la estructura, simulando las ruedas con seguro y sin seguro respectivamente.



**ILUSTRACIÓN 2. 18. Condiciones de borde, caja metálica.**

#### 2.2.1.3.4. Simulación estructural

La simulación de la estructura metálica tipo caja, está sometida de forma ideal a una carga puntual de 1 255,68  $[[N]]$  que genera flexión en la misma, como la *ilustración 2.19* de diagrama de cuerpo libre revela.



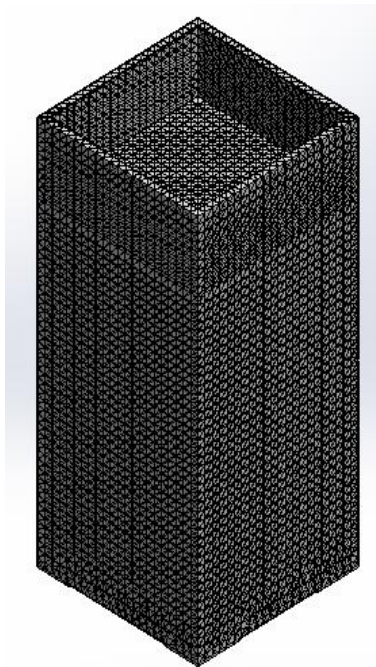
**ILUSTRACIÓN 2. 19.** Aplicación de carga sobre la estructura metálica tipo caja.

La malla que se genera en el análisis posee las características que en la *tabla 2.9*, se expone.

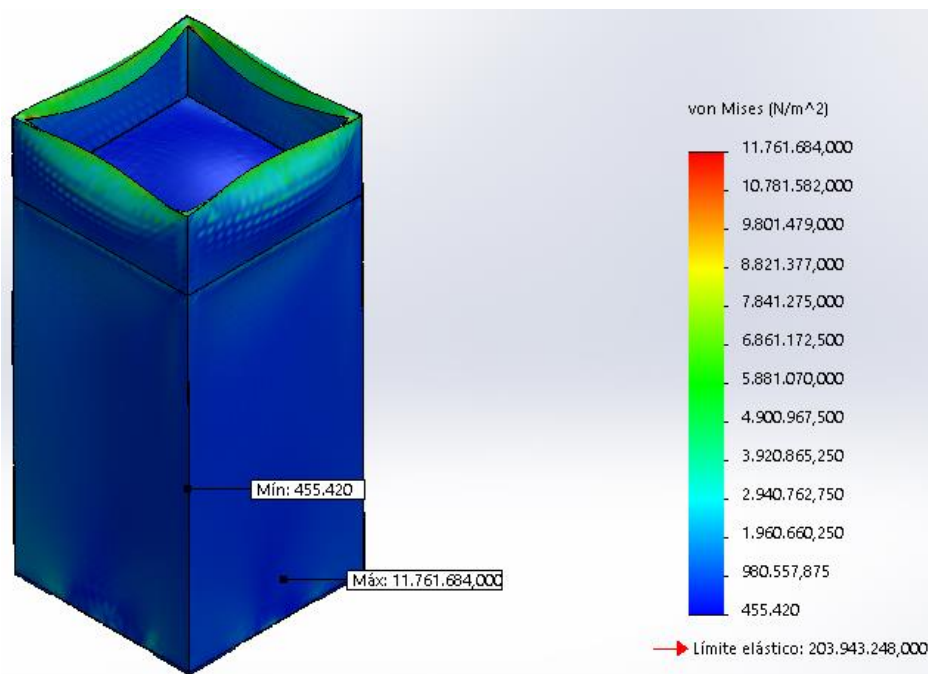
**TABLA 2. 9.**  
**Especificaciones estructura metálica tipo caja.**

CARACTERÍSTICAS	INFORMACIÓN
Tipo de malla	Malla sólida
Tamaño de elementos	18,341 2 $[[mm]]$
Tolerancia	0,917 059 $[[mm]]$
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	60 185
Número total de elementos	30 126

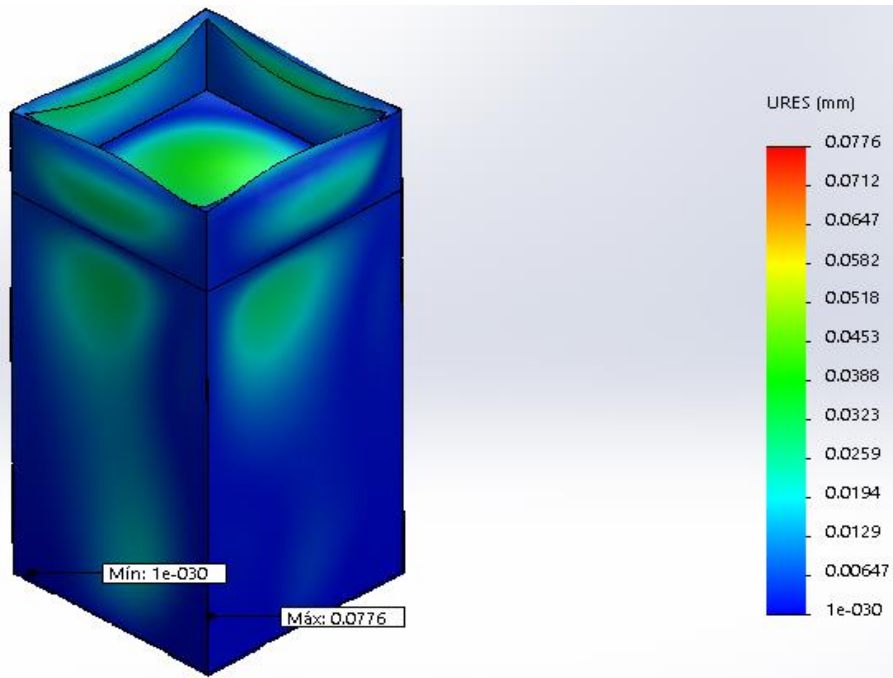
Los resultados obtenidos en el análisis son los que se presentan a continuación.



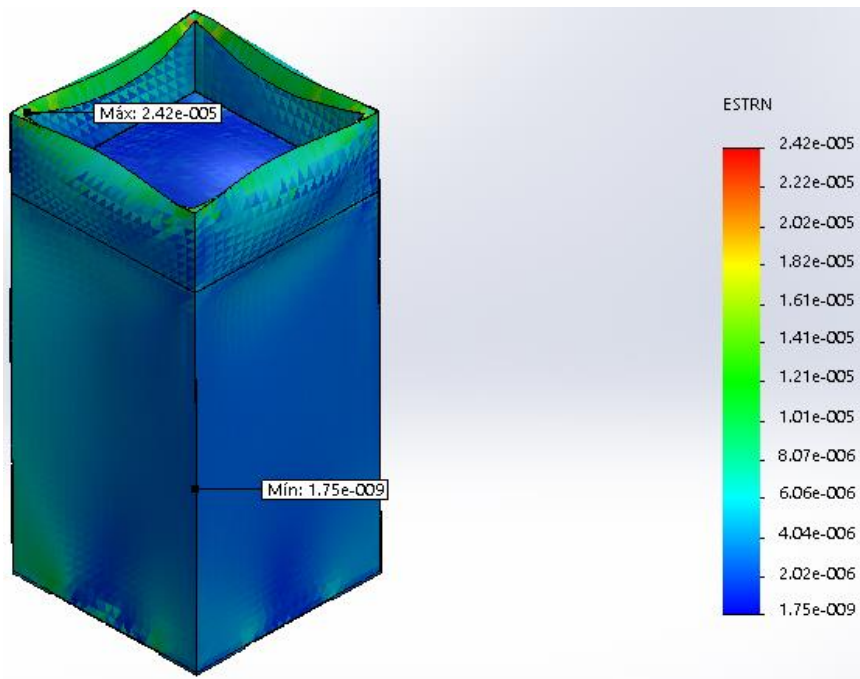
**ILUSTRACIÓN 2. 20.** Malla generada de la estructura metálica tipo caja.



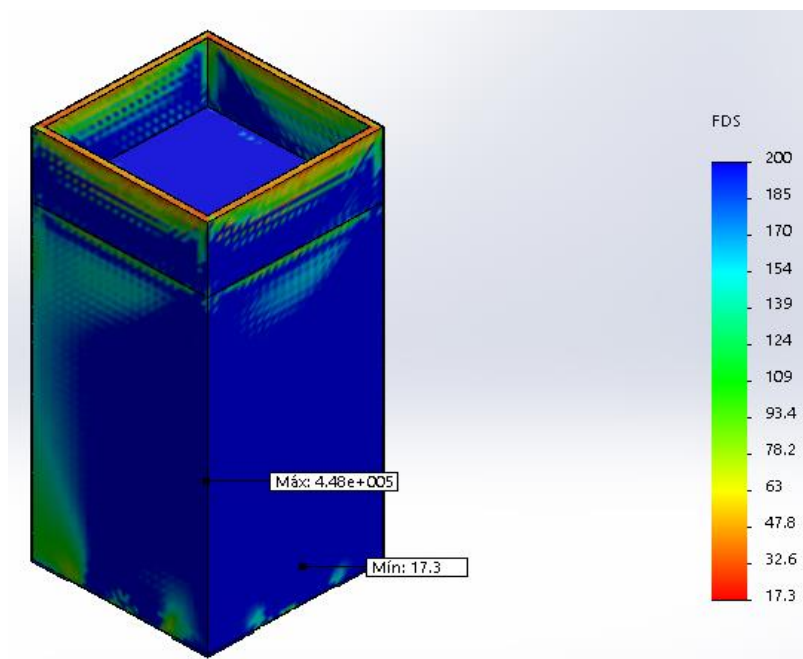
**ILUSTRACIÓN 2. 21.** Análisis estático tensión de von Mises.



**ILUSTRACIÓN 2. 22.** Desplazamiento estático resultante.



**ILUSTRACIÓN 2. 23.** Deformación unitaria estática equivalente.



**ILUSTRACIÓN 2. 24. Factor de seguridad.**

**TABLA 2. 10.**  
**Resultados del análisis estático ángulos-placa.**

		MÍNIMO	MÁXIMO
<b>Tensión de Von Mises</b>		0,000 455 42 $[[MPa]]$	11,761 7 $[[MPa]]$
	Nodo	22 438	Nodo 59 965
<b>Desplazamiento resultante</b>		0 $[[mm]]$	0,077 637 4 $[[mm]]$
	Nodo	1 968	Nodo 59 289
<b>Deformación unitaria equivalente</b>		$1,753 34 \times 10^{-9}$	$2,422 06 \times 10^{-5}$
	Elemento	27 621	Elemento 16 644
<b>Factor de seguridad</b>		17,339 6	447 814
	Nodo	59 965	Nodo 22 438

En conclusión, los datos que se presentan después del análisis son los siguientes: existe falla cuando, el esfuerzo de von Mises es mayor que la resistencia a la fluencia del material ( $S_y$ ; valor determinado en laboratorios), un valor inferior muy cercano a éste es el límite elástico ( $el = 203,94 \text{ } [[MPa]]$ ), con el cual se puede determinar si existe falla, que este no es el caso ya que es mucho menor por tanto con una carga de  $128 \text{ } [[kg]]$ , no habrá falla ninguna. Tanto el desplazamiento resultante como la deformación unitaria son casi nulos e imperceptibles y por tanto

despreciables. El factor de diseño<sup>xiii</sup> o factor de seguridad es de aproximadamente **17**, lo que indica que bajo las consideraciones de diseño: como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas (estáticas) sobre el componente, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplea en el proceso de diseño; que la estructura es segura y resistirá la carga.

Finalmente, lo último que se puede decir es que está asegurado el diseño y la estabilidad de la estructura.

#### 2.2.1.3.5. Selección de las ruedas

La selección de ruedas se la hace en base al cálculo del peso generado por la estructura y sus componentes. La estructura es de acero galvanizado con dimensiones expuestas en la *tabla 2.8*, con un espesor de 1,27  $[[mm]]$  y el número de caras son siete, de lo que se deduce que el volumen de material es:

$$V_{ETC} = \text{cara 1} + \text{cara 2} + \text{cara 3} + \text{cara 4} + \text{cara 5} + \text{cara 6} + \text{cara 7}$$

Tanto la cara 1, 2, 3 y 4 tienen las mismas dimensiones ya que son las paredes laterales de la estructura (0,9×0,4×0,001 27). La cara 5, 6 y 7 son la tapa superior, intermedia e inferior de igual dimensión (0,4×0,4×0,001 27), para mayor detalle refiérase al *Anexo F*. De lo que se obtiene un volumen material de:

$$V_{ETC} = 0,002\ 438\ 4\ [[m^3]]$$

La densidad del acero galvanizado es de  $\rho_{AGal} = 7\ 870\ [[kg/m^3]]$ . El peso específico es de  $\gamma_{AGal} = 77\ 204,7\ [[N/m^3]]$ , al multiplicar la densidad por la gravedad. Por tanto, el peso material de la estructura es de:

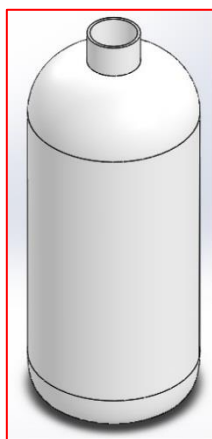
$$W_{ETC} = V_{ETC} \cdot \gamma_{AGal}$$

$$W_{ETC} = 188,256\ [[N]]$$

Dentro de los componentes, los elementos que generan un peso considerable son los tanques presurizados al estar llenos de agua, el peso de los demás componentes es despreciable. En la *tabla 2.11* **TABLA 2. 11**, se describen las dimensiones de los tanques.

**TABLA 2. 11.**  
**Dimensiones de los tanques presurizados.**

PARÁMETRO	DIMENSIÓN
Alto	450 [mm]
Diámetro	176,7 [mm]
Espesor	3,4 [mm]



**ILUSTRACIÓN 2. 25. Boceto del tanque presurizado.**

Para determinar el volumen aproximado de los tanques presurizados, se lo hace mediante software CAD/CAM, en el cual el volumen generado es  $V_{TP} = 0,000\ 75\ [m^3]$ ; siendo cuatro los tanques presurizados dan un total de:

$$V_{TTP} = 0,003\ [m^3]$$

La densidad del PVC es de  $\rho_{PVC} = 1\ 300\ [kg/m^3]$  y el peso específico es de  $\gamma_{PVC} = 12\ 753\ [N/m^3]$ , al multiplicar la densidad por la gravedad. Por tanto, el peso de los tanques presurizados es de:

$$W_{TTP} = (V_{TTP} \cdot \gamma_{PVC})$$



$$W_{TTP} = 38,259 \text{ [N]}$$

La capacidad de cada tanque es de 7 [L], por tanto, el volumen del agua es de  $V_{H2O} = 0,007 \text{ [m}^3\text{]}$ ; que al ser cuatro tanques resulta en un volumen total de:

$$V_{H2O} = 0,028 \text{ [m}^3\text{]}$$

La densidad del agua es de  $\rho_{H2O} = 1\,000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  y el peso específico es de  $\gamma_{H2O} = 9\,810 \text{ [N/m}^3\text{]}$ , al multiplicar la densidad por la gravedad. Por tanto, el peso de los tanques presurizados y el agua es de:

$$W_{H2O} = (V_{H2O} \cdot \gamma_{H2O})$$

$$W_{H2O} = 274,68 \text{ [N]}$$

La carga máxima del aparato es principalmente el peso del agua, los demás objetos tienen un peso despreciable. El peso propio del aparato de transporte es de:

$$P = W_{ETC} + W_{TTP}$$

$$P = 226,515 \text{ [N]}$$

La capacidad de carga determina la rueda correcta para cada necesidad y se expone mediante la *ecuación 2.2*.

$$C_C = \frac{P + (M \cdot S)}{N_R}$$

**ECUACIÓN 2. 2. Capacidad de carga.**

**Fuente:** (Ruedas Alex, S.f.)

Siendo:

$C_C$  : Capacidad de carga, en newton [N];

$P$  : Peso propio del aparato de transporte, en newton [N];

$M$  : Carga máxima, en newton [N];

$S$  : Factor de seguridad, valor adimensional; y

$N_R$  : Número de ruedas aplicadas, valor adimensional.

Se asume un factor de seguridad de 2,0 y el número de ruedas aplicadas es de cuatro. A la carga máxima  $M$  se le suma una carga externa de 981  $[[N]]$ , que sería el equivalente de montarse una persona sobre la estructura.

$$C_c = \frac{226,515 + (1\ 255,68) \cdot (2)}{4}$$

$$C_c = 684,47 \ [[N]]$$

$$C_c = 69,77 \ [[kg]]$$

De este resultado se puede escoger el tipo de ruedas óptimas para sistema neumático. Se debe tomar en cuenta que a mayor diámetro de la rueda menor resistencia a la rodadura, un valor inferior a 100  $[[mm]]$  son para casos de baja movilidad y para pequeñas distancias con cargas ligeras. Otro factor a tomar en cuenta es la maniobrabilidad: para trayectos largos se deben poner dos ruedas giratorias y dos ruedas fijas; para trayectos cortos con muchas maniobras, se debe escoger cuatro ruedas giratorias. Se escoge el tipo de ruedas de la *tabla 2.12*.

**TABLA 2. 12.**

**Catálogo de tipo de ruedas para alta y media capacidad de carga.**

CAPACIDAD CARGA [[kg]]	DIÁMETRO [[mm]]	TIPO DE RUEDA
<b>de 54 a 680</b>	<b>de 50 a 200</b>	- Acero / goma. - Acero. - Acero/ poliuretano. - Nylon. - Nylon/ poliuretano.

**Fuente:** (Ruedas Alex, S.f.)

Las ruedas seleccionadas son las ruedas de goma de diámetro de diez centímetros para una carga de cien kilogramos, por la disponibilidad del mercado local y debido a factores tales como la baja movilidad, recorrido de distancias cortas

con cargas ligeras y es de alta maniobrabilidad por lo que se ponen cuatro ruedas giratorias.

## **2.2.2. DISEÑO DE LA CÁMARA TÉRMICA**

La cámara de térmica, es una cámara aislada a alta temperatura, donde el calor se transfiere desde una fuente hacia un receptor o sumidero<sup>xiv</sup>. (Blasetti, 1997). En el sistema de cromado, la cámara térmica, juega un papel muy importante ya que es la encargada de lograr una adherencia duradera y reducir el tiempo de secado de los componentes químicos, a la superficie de la pieza trabajada.

En el proceso de pintura y de imitación de cromado, es necesario trabajar con un horno, para el secado y adherencia de las capas aplicadas, en el menor tiempo posible para aumentar la eficiencia del proceso. Por tanto, un horno denominado en la presente investigación como cámara térmica, se ha implementado para el tratamiento del cromado.

### **2.2.2.1. Diseño mecánico de la cámara térmica**

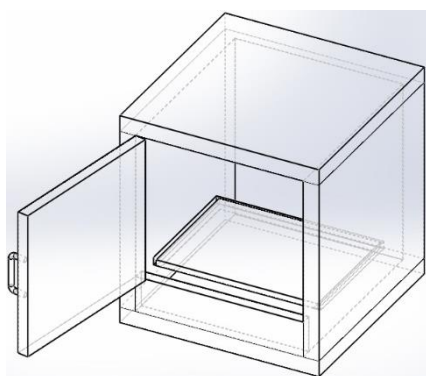
El diseño de la cámara térmica se basa en un horno tradicional, fabricado con un armazón estructural tipo sándwich y aislado térmicamente entre sus paredes. Las piezas con las que se trabaja son artesanales, no superiores al tamaño de un casco de motocicleta ordinario. Por tanto, el tamaño máximo de una pieza para ser cromada, debe ser de un tamaño inferior al volumen de  $0,019 \text{ [m}^3\text{]}$ , delimitado en el alcance de esta investigación.

#### *2.2.2.1.1. Parámetros geométricos*

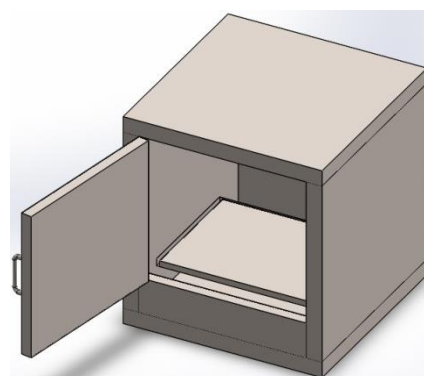
La estructura debe manejar para el proceso de cromado piezas artesanales con un volumen máximo de  $0,019 \text{ [m}^3\text{]}$  y con una masa máxima de  $5 \text{ [kg]}$ . Por tanto, para estos parámetros la *tabla 2.13* muestra el dimensionamiento de la cámara térmica.

**TABLA 2. 13.**  
**Dimensiones de la cámara térmica.**

SECCIÓN DE LA CÁMARA TÉRMICA	PARÁMETRO	DIMENSIÓN
INTERIOR	Alto	375 [mm]
	Ancho	420 [mm]
	Profundidad	445 [mm]
	Volumen	0,07 [m <sup>3</sup> ]
EXTERIOR	Alto	535 [mm]
	Ancho	500 [mm]
	Profundidad	500 [mm]
	Volumen	0,134 [m <sup>3</sup> ]



a)



b)

**ILUSTRACIÓN 2. 26.** Boceto de la estructura de la cámara térmica: a) vista, líneas ocultas visibles; b) vista, sombreado con aristas.

#### 2.2.2.1.2. Selección del material

La cámara térmica reúne características como: rigidez, ligereza, durabilidad y seguridad. Por lo que se ha escogido al acero<sup>xv</sup> inoxidable<sup>xvi</sup>, debido a que es un acero que trabaja en excelentes condiciones con temperaturas por encima de la ambiental y no se corroe fácilmente frente a cualquier tipo de químico, además de ser muy dúctil y de amplia disponibilidad en el mercado como: láminas, placas, barras, etc. El acero ferrítico, es elegido para la construcción de la estructura metálica de la cámara, debido a su mayor resistencia a la temperatura y maleabilidad que los aceros austeníticos y menor costo que los martensíticos, de

la variedad que existe se escoge el *AISI* 430, con un espesor de lámina de 0,7 [mm] es la estructura de la cámara, dado que un espesor inferior es más laborioso para las tareas de soldadura además de que se pierde rigidez en la estructura y un espesor superior representa un gasto innecesario de material sumado a la pérdida de ligereza.

La unión de las láminas de acero debe ser mediante soldadura con arco metálico y gas (MIG<sup>xvii</sup>) en modo de polaridad invertida (DCEP<sup>xviii</sup>) por cortocircuito, debido a que el material es de acero inoxidable ferrítico delgado, no forma escoria, se pueden acumular varias capas con poca o ninguna limpieza intermedia y su costo es bajo. El argón y dióxido de carbono son los gases utilizados como protectores por ser un material ferroso.

Para este caso en particular la cámara térmica tiene una placa hueca con las dimensiones que en la *tabla 2.14*, se exponen. En el interior está apoyada sobre un perfil en L angular los mismos que están soldados en las paredes internas de la cámara.

**TABLA 2. 14.**  
***Dimensiones de la placa.***

PARÁMETRO	DIMENSIÓN
<b>Alto</b>	18 [mm]
<b>Ancho</b>	410 [mm]
<b>Profundidad</b>	300 [mm]
<b>Espesor de lámina</b>	0,7 [mm]

El perfil utilizado es a partir de lo que el mercado ofrece y se lo somete a una simulación estructural para corroborar o descartar la elección. La elección es un perfil L angular, donde se asienta la placa interna de la cámara térmica.

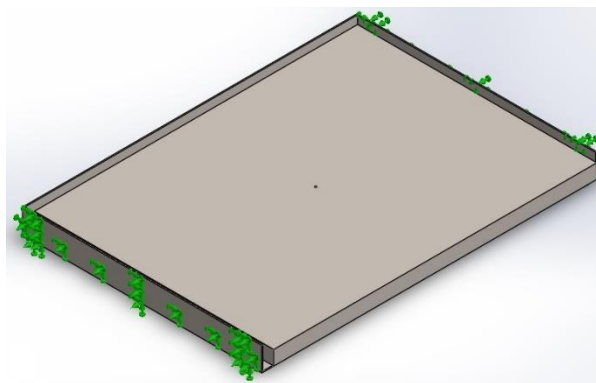
**TABLA 2. 15.**  
***Perfiles livianos galvanizados.***

DESIGNACIÓN	ALTURA [mm]	ANCHO [mm]	ESPESOR [mm]	LONGITUD [mm]	MATERIAL
<b>Ángulo perimetral L19</b>	30	30	1,5	3 000	Acero Inoxidable

**Fuente:** (Baglinox, S.f.)

### 2.2.2.1.3. Condiciones de borde

La placa está apoyada sobre un perfil en L angular, y este a su vez está soldado a las paredes internas de la cámara térmica, derecha e izquierda, lo que resulta en unas restricciones de modo empotramiento como se indica en la *ilustración 2.27*.

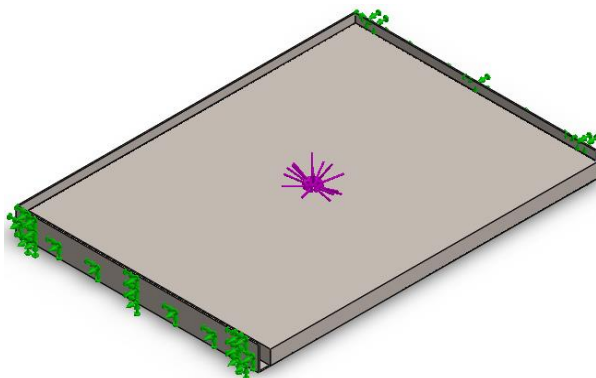


**ILUSTRACIÓN 2. 27.** Sujeciones de los perfiles en L angulares y la placa interna de la cámara térmica.

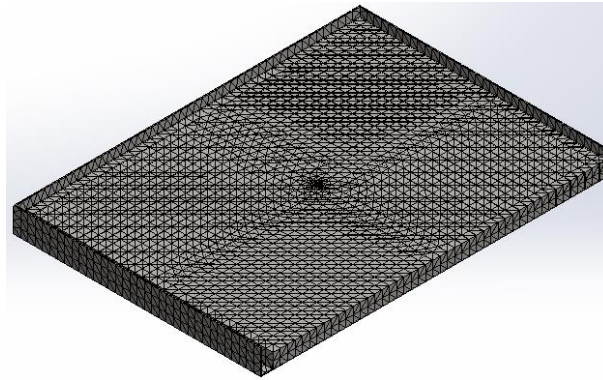
### 2.2.2.1.4. Simulación estructural

Para determinar las características, se simuló en un software de diseño mecánico, y estos resultados se compararon con lo que existe en el mercado para la fabricación.

Durante el proceso de cromado la placa es sometida a una carga puntual de 48,05 [N] que genera flexión en la misma, como la *ilustración 2.28* de diagrama de cuerpo libre revela.



**ILUSTRACIÓN 2. 28.** Aplicación de carga sobre la placa.



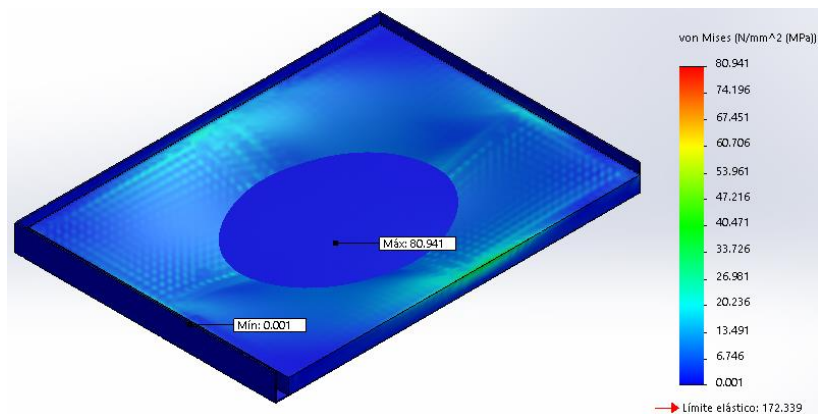
**ILUSTRACIÓN 2. 29.** Malla generada.

La malla que se genera en el análisis posee las características que en la *tabla 2. 16*, se expone.

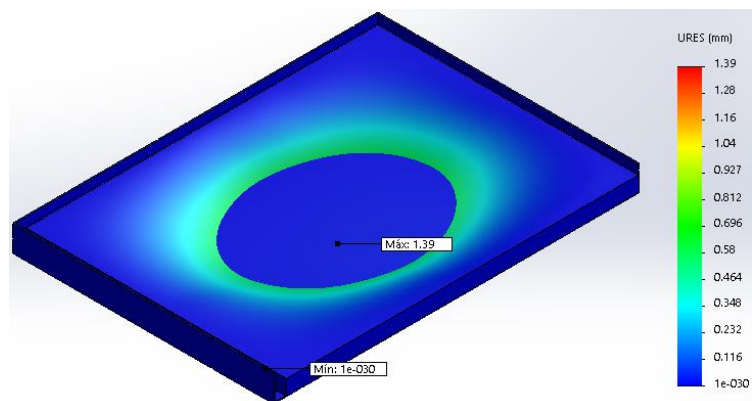
**TABLA 2. 16.**  
**Especificaciones perfiles en L angulares y la placa.**

CARACTERÍSTICAS	INFORMACIÓN
Tipo de malla	Malla sólida
Tamaño de elementos	8,825 02 [mm]
Tolerancia	0,441 251 [mm]
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	55 062
Número total de elementos	29 699

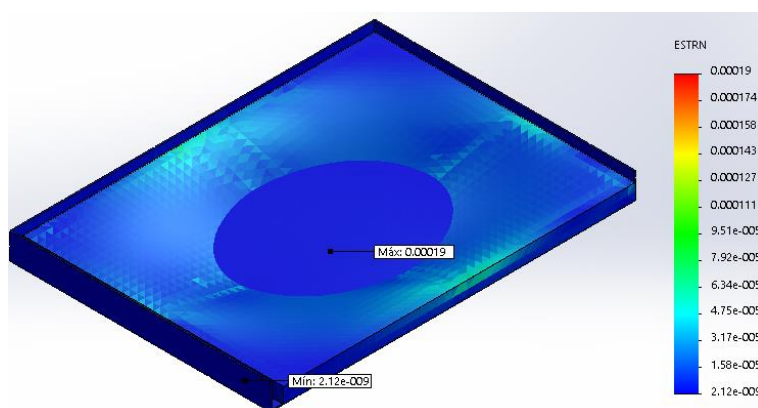
Los resultados obtenidos en el análisis son los que se presentan a continuación.



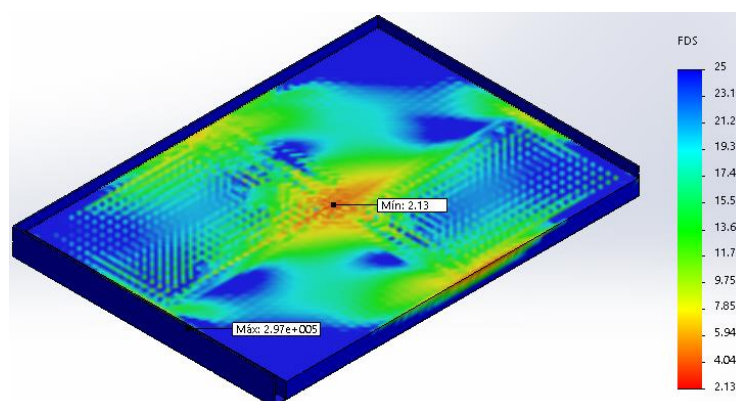
**ILUSTRACIÓN 2. 30.** Análisis estático tensión de von Mises.



**ILUSTRACIÓN 2. 31. Desplazamiento estático resultante.**



**ILUSTRACIÓN 2. 32. Deformación unitaria estática equivalente.**



**ILUSTRACIÓN 2. 33. Factor de seguridad.**



**TABLA 2. 17.**  
**Resultados del análisis estático ángulos-placa.**

		MÍNIMO	MÁXIMO
<b>Tensión de Von Mises</b>		0,000 580 805 $[[MPa]]$	80,940 5 $[[MPa]]$
	Nodo	7 184	Nodo 53 198
<b>Desplazamiento resultante</b>		0 $[[mm]]$	1,391 18 $[[mm]]$
	Nodo	604	Nodo 52 019
<b>Deformación unitaria equivalente</b>		$2,123\ 49 \times 10^{-9}$	0,000 190 128
	Elemento	5 351	Elemento 17 948
<b>Factor de seguridad</b>		2,129 21	296 725
	Nodo	53 198	Nodo 7 184

En conclusión, los datos que se presentan después del análisis son los siguientes: existe falla cuando, el esfuerzo de von Mises es mayor que la resistencia a la fluencia del material ( $S_y = 276 \text{ [[MPa]]}$ ) (Mott, Saldaña Sánchez, Hernández Fernández, & Villanueva Sánchez, Diseño de elementos de máquinas, 2006), que este no es el caso ya que es mucho menor por tanto con una carga de  $5 \text{ [[kg]]}$ , no habrá falla ninguna. Tanto el desplazamiento resultante como la deformación unitaria son casi imperceptibles y por tanto despreciables ya que es equivalente a  $1,4 \text{ [[mm]]}$ . El factor de diseño<sup>xix</sup> o factor de seguridad es de aproximadamente **2**, lo que indica que bajo las consideraciones de diseño: como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas (estáticas) sobre el componente, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplea en el proceso de diseño; que la estructura es segura y resistirá la carga. El perfil seleccionado puede resistir perfectamente la carga solicitada. Finalmente, lo último que se puede decir es que está asegurado el diseño y la estabilidad de la estructura.





#### 2.2.2.2. Selección del aislamiento térmico


El objetivo de aislar térmicamente la cámara es reducir las pérdidas de calor y conseguir las condiciones ambientales en el exterior idóneas. La condición en el interior de la cámara, revestida de aislante térmico, debe ser capaz de soportar las

condiciones de ambientales internas del horno como: diferentes clases de humos y gases producidos por las reacciones químicas internas, el aire interno en circulación, soportar altas temperaturas, resistencia al ataque químico, resistencia a la abrasión<sup>xx</sup>, entre otros.

Dado que la temperatura interna de la cámara solo debe llegar hasta los 50 [°C] (condiciones recomendadas por el fabricante de las sustancias químicas), no se requiere que el aislamiento térmico sea a través de materiales refractarios, debido a que son muy densos, muy pesados, conductores de calor y son utilizados para temperaturas superiores a los 500 [°C]; en comparación con los materiales llamados aislantes térmicos, que poseen menor densidad, menor conductividad del calor y son ideales para temperaturas menores como la requerida en la cámara térmica.

**TABLA 2. 18.**  
**Propiedades de los principales aislantes térmicos.**

Denominación	Origen	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) [[W / (m · K)]]	Factor resistencia a la difusión del vapor de agua $\mu$	inflamable <sup>xxi</sup>	Formato	Medidas de protección	Biodegradable <sup>xxii</sup>
 <b>Lana Mineral (MW)</b> <b>Lana de roca (SW)</b>	Mineral	0,03 a 0,05	1	No	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	No
 <b>Lana Mineral (MW)</b> <b>Lana de vidrio (GW)</b>	Mineral	0,03 a 0,05	1 a 1,3	No	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	No
 <b>Poliestireno expandido (EPS)</b>	Sintético	0,029 a 0,053	20 a 40	Si	Panel y a granel	No	No
 <b>Poliestireno extruido (XPS)</b>	Sintético	0,025 a 0,04	100 a 220	Si	Panel	Guantes	No

Denominación	Origen	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) [[W/(m · K)]]	Factor resistencia a la difusión del vapor de agua $\mu$ inflamable <sup>xxi</sup>	Formato	Medidas de protección	Biodegradable <sup>xxii</sup>
 <b>Poliuretano (PUR)</b>	Sintético	0,019 a 0,04	60 a 150	Si Panel y espum a	Ojos, sistema respiratori o y piel	No

**Fuente:** (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011)

Un material es considerado aislante térmico cuando su conductividad térmica<sup>xxiii</sup> es menor a 0,06 [[W/(m · K)]] y posee una resistencia térmica<sup>xxiv</sup> mayor a 0,25 [(m<sup>2</sup> · K)/W]]. En base a esta definición, se puede determinar los tipos más comunes de aislantes térmicos, como los siguientes: poliestireno<sup>xxv</sup> extruido, poliestireno expandido, lanas minerales, poliuretano, perlita expandida, vidrio celular, lana de oveja, algodón, cáñamo, celulosa, corcho, fibras de coco, lino y virutas de madera. Dentro de los cuales, los más importantes, poseen las propiedades que en *tabla 2.18*, se indican.

Tras analizar los diferentes tipos de aislamientos térmicos, el mejor material que se adapta a las condiciones de la cámara térmica es la lana mineral<sup>xxvi</sup>. Dentro de las lanas minerales se ha escogido a la lana de vidrio, debido a su facilidad de instalación, su baja conductividad térmica, resiste la corrosión química, su bajo precio y ya que no es inflamable lo convierte en el material ideal para la cámara térmica, dadas las propiedades que se revelan en la *tabla 2.19*.

**TABLA 2. 19.**  
**Propiedades de la lana de vidrio.**

PROPIEDADES	VALOR NUMÉRICO
<b>Temperatura máxima de servicio</b>	(100 a 200) [°C]
<b>Conductividad térmica</b>	0,04 [[W/(m · K)]]
<b>Densidad</b>	40 [[kg/m <sup>3</sup> ]]
<b>Calor específico</b>	900 [[J/kg · K]]

**Fuente:** (VictermoFitex, S.f.)

El espesor del aislamiento térmico de lana de vidrio se determina según la ecuación 2.3.

$$\frac{T_{supext} - T_{ext}}{\frac{1}{h_{conv\_radext}}} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{1}{h_{conv\_radint}} + \sum_{\text{capas material}} \frac{esp}{k_{LV}} + \frac{1}{h_{conv\_radext}}}$$

**ECUACIÓN 2. 3. Estimación del espesor del aislante. Caso de placas planas.**

**Fuente:** (Instituto para la diversificación y ahorro de la energía, 2007)

Siendo:

$esp$  : Espesor del aislante, en metros  $[[m]]$ ;

$T_{supext}$  : Temperatura superficial exterior, es una temperatura de protección recomendada  $> 60$   $[[^{\circ}C]]$  según el *I.D.A.E.* (40  $[[^{\circ}C]]$ );

$T_{ext}$  : Temperatura externa, en grados Celsius  $[[^{\circ}C]]$ ;

$T_{int}$  : Temperatura interna máxima (la cámara térmica debe trabajar como máximo hasta los 100  $[[^{\circ}C]]$ ), en grados Celsius  $[[^{\circ}C]]$ ; y

$h_{conv}$  : Coeficiente de convección o coeficiente de película, se determina en función del tipo y cantidad de movimiento que presenta el fluido, en vatio por metro cuadrado y kelvin  $[[W/(m^2 \cdot K)]]$ ; y

$k_{LV}$  : Conductividad térmica del material, en vatio por metro cuadrado y kelvin  $[[W/(m^2 \cdot K)]]$ .

El movimiento exterior e interior del fluido es provocado por el ambiente, el aire que lo circunda un movimiento natural del orden de (1 a 10)  $[[W/(m^2 \cdot K)]]$ . Para el coeficiente de convección se escoge un valor intermedio de 5  $[[W/(m^2 \cdot K)]]$ .

Todos los objetos con una temperatura superior al cero absoluto emiten energía radiante, en algunos casos suficiente energía para alterar a otros objetos a su alrededor. En el ambiente exterior no existe un cuerpo negro con una emisividad suficiente para afectar la temperatura de la cámara térmica, por consiguiente, se desprecia el coeficiente de radiación externo ( $h_{radext}$ ).

El coeficiente de convección radiante externo ( $h_{conv\_radext}$ ) es la suma del coeficiente de convección y el coeficiente de radiación exterior (que es cero), por tanto,

$$h_{conv\_radext} = h_{conv} + h_{radext}$$

$$h_{conv\_radext} = 5 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

El coeficiente de radiación interno es  $h_{radint}$ , en el ambiente interno las resistencias eléctricas, son un cuerpo que proporcionan una emisividad suficiente de radiación. Para determinar un coeficiente estimado, se debe tomar en cuenta que las resistencias empleadas son de níquel al 80% y cromo al 20%, por tanto, se hace una relación con la *tabla 2.20*.

**TABLA 2. 20.**  
**Coeficiente de emisividad materiales metálicos.**

MATERIAL	EMISIVIDAD
Cromo	0,4
Níquel	0,3

**Fuente:** (Metring C.A., S.f.)

Se obtiene una emisividad de  $\varepsilon = 0,32$  (un objeto negro ideal tiene un coeficiente de emisión de la superficie de  $\varepsilon = 1$ ; en un objeto negro real  $\varepsilon < 1$ ). La temperatura de la superficie emisora es de  $TK_{sup} = 623,15 \text{ [K]}$  y la temperatura de ambiente dentro de la cámara térmica está en los  $TK_{aire} = 293,15 \text{ [K]}$ . La constante de Stefan-Boltzman es  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$ . De lo que se obtiene el coeficiente,

$$h_{radint} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (TK_{sup} + TK_{aire}) \cdot (TK_{sup}^2 + TK_{aire}^2)$$

$$h_{radint} = (0,32) \cdot (5,67 \times 10^{-8}) \cdot (623,15 + 293,15) \cdot [(623,15)^2 + (293,15)^2]$$

$$h_{radint} = 7,885 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

El coeficiente de convección radiante interno ( $h_{conv\_radint}$ ) es la suma del coeficiente de convección y el coeficiente de radiación interior, por tanto,

$$h_{conv\_radint} = h_{conv} + h_{radint}$$

$$h_{conv\_radint} = 5 + 7,885$$

$$h_{conv\_radint} = 12,885 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

El material aislante sólo posee una capa, por tanto, la estimación del espesor del aislante es:

$$\frac{40 - 20}{\frac{1}{5}} = \frac{100 - 20}{\frac{1}{12,885} + \frac{esp}{0,04} + \frac{1}{5}}$$

$$esp = 0,02088 \text{ [m]}$$

$$esp = 21 \text{ [mm]}$$

### 2.2.2.3. Selección de los elementos resistivos


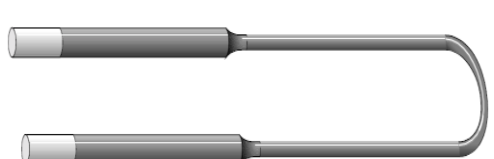
La energía eléctrica requerida para el calentamiento de la pieza procede de las resistencias óhmicas dispuestas en la cámara térmica que se calientan por el denominado *Efecto Joule*<sup>xxvii</sup>, cediendo calor a la carga, para llegar a la temperatura requerida de los 50 [°C] para las capas de pintura. En los cálculos siguientes se sobreestima al doble la temperatura requerida, que es la temperatura máxima en la que debe trabajar la cámara térmica.

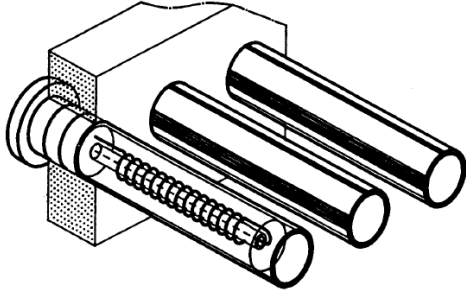
La transmisión del calor en la cámara térmica se da través de tres métodos de intercambio de calor: conducción<sup>xxviii</sup>, convección<sup>xxix</sup> y radiación<sup>xxx</sup>. La transferencia de calor por conducción se da en los límites de la cámara térmica, en su placa interna y paredes. Mientras que la transferencia de calor por convección dentro de la cámara térmica se transfiere naturalmente mediante el movimiento de la masa de aire por el desplazamiento macroscópico del mismo transportando simultáneamente masa y energía en el medio fluido a la pieza. Finalmente, la transferencia de calor por radiación se da por la radiación de las resistencias eléctricas.

### 2.2.2.3.1. Características generales de las resistencias térmicas

Las características de las resistencias más comunes se clasifican en la siguiente tabla 2.21.

**TABLA 2. 21.**  
**Tipos de resistencias de calentamiento.**

TIPOS	CARACTERÍSTICAS	DIAGRAMA
<b>Metálicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son hechas de: aleaciones de base <i>NiCr</i>, <i>FeCrAl</i>, molibdeno (<i>Mo</i>), tantalio (<i>Ta</i>) y tungsteno (o también denominado wolframio [<i>W</i>]).</li> <li>- Tanto el molibdeno (<i>Mo</i>), tantalio (<i>Ta</i>) y tungsteno (<i>W</i>) es utilizado para hornos especiales de alta temperatura.</li> <li>- Son utilizadas domésticamente para secadoras de cabello, estufas eléctricas y hornos de cocina.</li> <li>- Industrialmente son utilizadas para extrusores, hornos de secado, fundición de algunos metales y túneles de secado de pintura.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>ILUSTRACIÓN 2. 34. Resistencias metálicas.</b></p>
<b>No metálicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El material utilizado en la fabricación es: carburo de silicio, bisiliciuro de molibdeno en forma de horquillas, grafito en barras y cromita de lantano en tubos.</li> <li>- Posee forma de barra o barreta.</li> <li>- Son relativamente frágiles.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>ILUSTRACIÓN 2. 35. Resistencia no metálica.</b></p>

TIPOS	CARACTERÍSTICAS	DIAGRAMA
Tubos radiantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se colocan en la bóveda del horno.</li> <li>- Sirve para aplicaciones donde la atmósfera interior es nociva para la resistencia.</li> <li>- Se utiliza en atmósferas con alto contenido de <math>H_2</math> (del orden de 40 por 100), que reducen los óxidos de protección de las resistencias y disminuye fuertemente su tenacidad.</li> <li>- También se utiliza cuando contiene <math>CO</math> y <math>CH_4</math> (para cementación y carbonitruración gaseosa).</li> </ul>	 <p>ILUSTRACIÓN 2. 36. Tubo radiante con resistencia de alambre en espiral sobre soporte cerámico.</p>

Fuente: (Astigarraga Urquiza, 1994)

El tipo de resistencia eléctrica a utilizar es la resistencia de calentamiento metálica a base de níquel-cromo, debido a que son de uso común para hornos eléctricos. Dentro de las resistencias de aleación a base de  $Ni-Cr$ , existe una subclasificación de las mismas que se resumen en la *tabla 2.22*.

**TABLA 2. 22.**  
**Características principales de aleaciones de base Ni-Cr.**

ALEACIÓN $Ni-Cr$	80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25	
Composición aproximada	$Ni$ %	80	70	60	37	30	20
	$Cr$ %	20	30	15	18	20	25
	$Fe$ %	< 1	< 1	20	40	45	50
Densidad [ $kg/m^3$ ]	8 300	8 100	8 200	7 900	7 900	7 800	
Temperatura de fusión [ $^{\circ}C$ ]	1 400	1 380	1 390	1 390	1 390	1 380	
Temperatura máxima de utilización [ $^{\circ}C$ ]	1 200	1 250	1 150	1 100	1 100	1 050	
Calor específico a 20 [ $^{\circ}C$ ], [ $kJ/(kg \cdot K)$ ]	0,45	0,45	0,45	0,46	0,50	0,50	
Conductividad térmica [ $W/(K \cdot m)$ ] a 20 [ $^{\circ}C$ ]	15	14	13	13	13	13	



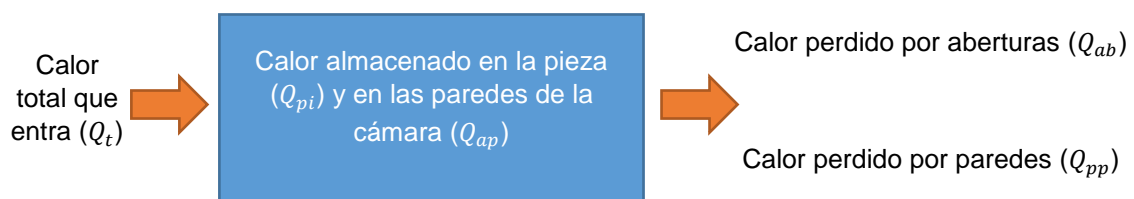
ALEACIÓN <i>Ni-Cr</i>		80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25
<b>Coefficiente dilatación</b>							
lineal [ $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]		18	18	17	19	19	19
(20 a 1 000) [ $^{\circ}\text{C}$ ]							
<b>Resistencia a la rotura</b>	a 20 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	700	800	700	700	700	700
	[ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]						
	a 900 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	100	100	100	120	120	120
<b>Resistencia al creep</b>	a 800 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	15	15	15	20	20	20
	[ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]						
	a 1 000 [ $^{\circ}\text{C}$ ]	4	4	4	4	4	4

**Fuente:** (Astigarraga Urquiza, 1994)

La selección es la aleación 80 *Ni*-20 *Cr* para hornos eléctricos, gracias a sus propiedades como: gran resistencia a la oxidación en caliente, muy buenas características mecánicas a temperaturas elevadas, permite grandes variaciones de temperatura, así como de atmósfera, y su temperatura máxima de utilización es 1200 [ $^{\circ}\text{C}$ ].

#### 2.2.2.3.2. Cálculo de la transferencia de energía térmica

Para determinar la capacidad que el elemento resistivo debe tener en términos de potencia, se realiza un balance de energía de la cámara térmica, donde se determina el calor necesario que debe irradiar el mismo. Se parte estableciendo que, la cantidad de calor que entra es igual a la cantidad de calor que sale más la que se acumula.



**ILUSTRACIÓN 2. 37. Balance de calor para la cámara térmica.**

**Fuente:** (Auces & Rodríguez, 2003)

Tomando en cuenta esto, se seleccionan los elementos que de alguna manera pueden ganar calor o por los cuales este puede fugarse o perderse. Estos elementos son: el producto o pieza a tratar, las paredes del horno y las aberturas.

La cantidad de calor que entra al recinto y debe ser igual a la cantidad de calor que sale más la que se acumula en forma ideal. De donde, para los propósitos de cálculo, se busca el calor total requerido en la cámara térmica, y se obtiene mediante la *ecuación 2.4*.

$$Q_t = \frac{Q_d}{\%Q_d}$$

**ECUACIÓN 2. 4. Calor total requerido.**

Siendo:

$Q_t$  : Calor total requerido en la cámara térmica, en julio [J];

$Q_d$  : Calor disponible, en julio [J]; y

$\%Q_d$  : Porcentaje de calor disponible o eficiente.

$$Q_d = Q_{pi} + Q_{ap} + Q_{pp} + Q_{ab}$$

**ECUACIÓN 2. 5. Calor disponible.**

Siendo:

$Q_{pi}$  : Calor almacenado en la pieza, en julio [J];

$Q_{ap}$  : Calor almacenado en las paredes de la cámara térmica, en julio [J];

$Q_{pp}$  : Calor perdido por paredes, en julio [J]; y

$Q_{ab}$  : Calor perdido por aberturas, en julio [J].

El calor ganado por el producto,

$$Q_{pi} = m_{pi} \cdot \sum C_{p_{pi}} \cdot \Delta T_{pi}$$

**ECUACIÓN 2. 6. Calor ganado por el producto.**

Siendo:

$Q_{pi}$  : Calor que gana la pieza que se somete al tratamiento, en julio [J];

$m_{pi}$  : Masa total de la pieza, en kilogramos [kg];

$C_{p_{pi}}$  : Calor específico del material del que está hecha la pieza, en julio por kilogramo y grado Celsius  $[[J/(kg \cdot ^\circ C)]]$ ; y

$\Delta T_{pi}$  : Variación de temperatura de la pieza al ingresar a la cámara térmica y al alcanzar su máxima temperatura, en kelvin  $[[K]]$  o grado Celsius  $[[^\circ C]]$ .

La masa de las piezas que serán sometidas a calentamiento en la cámara térmica es de una amplia gama. Pero a modo de demostración se probó con una masa de 5  $[[kg]]$  que es la máxima para la cual está diseñada la cámara térmica. Los valores son los siguientes, con una masa de 5  $[[kg]]$  y una temperatura que varía desde los 20  $[[^\circ C]]$  hasta los 100  $[[^\circ C]]$ .

**TABLA 2. 23.**  
**Calor que ganan las diferentes sustancias en la cámara térmica.**

SUSTANCIA	CALOR ESPECÍFICO	CALOR QUE GANA LA PIEZA $Q_{pi}$	
	$[[J/(kg \cdot ^\circ C)]]$	$[[J]]$	$[[kWh]]$
<b>Acero</b>	480	192 000	0,053
<b>Aluminio</b>	920	368 000	0,102
<b>Cobre</b>	390	156 000	0,043
<b>Hierro</b>	470	188 000	0,052
<b>Latón</b>	390	156 000	0,043
<b>Oro</b>	130	52 000	0,014
<b>Plata</b>	230	92 000	0,026
<b>Plomo</b>	130	52 000	0,014
<b>Vidrio</b>	840	336 000	0,093
<b>Zinc</b>	390	156 000	0,043
<b>Polietileno</b>	1800	720 000	0,2
<b>Polipropileno</b>	1800	720 000	0,2
<b>Cloruro de polivinilo</b>	900	360 000	0,1

**Fuente:** (Tippens, 2011) & (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja & Instituto de la Construcción de Castilla y León, 2007)

Éstos son los valores del calor ganado por las principales y más comunes sustancias con las que se trabaja en el proceso del cromado. Para el balance de energía térmica se toma el valor más alto de  $Q_{pi}$  del polietileno y el polipropileno.

Las paredes de la cámara térmica son recubiertas por lana de vidrio.

$$Q_{ap} = m_{ap} \cdot Cp_{ap} \cdot \Delta T_{ap}$$

**ECUACIÓN 2. 7.** Calor almacenado por las paredes de la cámara térmica.

Siendo:

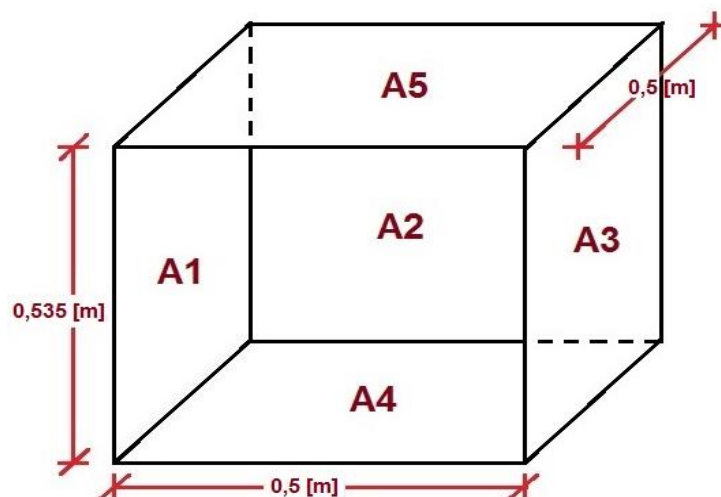
$Q_{ap}$  : Calor almacenado en las paredes, en julio [J];

$m_{ap}$  : Masa de las paredes de la cámara térmica, en kilogramos [kg];

$Cp_{ap}$  : Calor específico del material del que está compuesta la pared de la cámara térmica, en julio por kilogramo y grado Celsius [J/(kg · °C)]; y

$\Delta T_{ap}$  : Diferencia entre las temperaturas media de las paredes y temperatura ambiente, en kelvin [K] o grado Celsius [°C].

Las paredes de la cámara térmica son revestidas con lana de vidrio. Para determinar la masa de la lana de vidrio se parte del área y volumen de las paredes de la cámara térmica, de las siguientes medidas de todo el revestimiento de la estructura:



**A6: Pared frontal**

**ILUSTRACIÓN 2. 38.** Dimensiones del revestimiento de la cámara térmica.

El área de cada pared es,

$$A_{ap1} = (0,535) \cdot (0,5)$$

$$\boxed{A_{ap1} = 0,268 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$A_{ap2} = (0,5) \cdot (0,535)$$

$$\boxed{A_{ap2} = 0,268 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$A_{ap3} = (0,5) \cdot (0,535)$$

$$\boxed{A_{ap3} = 0,268 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$A_{ap4} = (0,5) \cdot (0,5)$$

$$\boxed{A_{ap4} = 0,25 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$A_{ap5} = (0,5) \cdot (0,5)$$

$$\boxed{A_{ap5} = 0,25 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$A_{ap6} = (0,5) \cdot (0,535)$$

$$\boxed{A_{ap6} = 0,268 \text{ [m}^2\text{]}}$$

Por tanto, el área total es,

$$A_{ap} = 0,268 + 0,268 + 0,268 + 0,25 + 0,25 + 0,268$$

$$\boxed{A_{ap} = 1,572 \text{ [m}^2\text{]}}$$

Para determinar el volumen de cada pared se multiplica por el espesor de pared, siendo el espesor de  $esp = 21 \text{ [mm]}$ . Ahora, el volumen que genera cada pared es producto del área de cada pared por el espesor,

$$V_{ap} = V_{ap1} + V_{ap2} + V_{ap3} + V_{ap4} + V_{ap5} + V_{ap6}$$

$$V_{ap} = 0,005\,628 + 0,005\,628 + 0,005\,628 + 0,005\,25 + 0,005\,25 + 0,005\,628$$

$$\boxed{V_{ap} = 0,033 \text{ [m}^3\text{]}}$$

$$m_{ap} = \rho_{LV} \cdot V_{ap}$$

**ECUACIÓN 2. 8. Masa de las paredes de la cámara térmica (lana de vidrio).**

Siendo:

$\rho_{LV}$  : Densidad de la lana de vidrio, en kilogramo por metro cúbico  $[\text{kg}/\text{m}^3]$ .

La densidad de la lana de vidrio es  $40 \text{ [kg}/\text{m}^3]$  (véase la *tabla 2.19*). Por tanto, la masa es de:

$$m_{ap} = 40 \cdot 0,039$$

$$\boxed{m_{ap} = 1,32 \text{ [kg]}}$$

El calor específico de la lana de vidrio es de  $900 \text{ [J/(kg} \cdot \text{K)]}$ . La temperatura de  $20 \text{ [}^\circ\text{C]}$  en la escala de kelvin es de  $293,15 \text{ [K]}$  y la de  $100 \text{ [}^\circ\text{C]}$  en la escala de kelvin es de  $373,15 \text{ [K]}$ , lo que dio una diferencia de  $80 \text{ [}^\circ\text{C]}$ , la misma equivalencia que en grados Celsius; por tanto, no importa con cuál de éstos rangos se trabaje.

$$Q_{ap} = (1,32) \cdot (900) \cdot (373,15 - 293,15)$$

$$Q_{ap} = 95\,040 \text{ [J]}$$

Lo que equivaldría en kilovatio-hora a,

$$Q_{ap} = 0,026\,4 \text{ [kWh]}$$

El calor perdido por las paredes de la cámara térmica se determina mediante la *ecuación 2.9*.

$$Q_{pp} = k_{LV} \cdot S_{ap} \cdot \Delta T_{ap}$$

**ECUACIÓN 2. 9. Calor perdido a través de las paredes.**

Siendo:

$Q_{pp}$  : Calor que se pierde a través de las paredes, en vatio  $[W]$ ;

$k_{LV}$  : Conductividad térmica promedio del material del que está compuesta la pared, en vatio por metro y kelvin  $[W/(m \cdot K)]$ ;

$S_{ap}$  : Factor de forma, en metros  $[m]$ ; y

$\Delta T_{ap}$  : Diferencia entre las temperaturas de la superficie interior y exterior de la cámara térmica, en kelvin  $[K]$  o grado Celsius  $[^\circ\text{C}]$ .

La conductividad térmica se obtiene de la *tabla 2.18*. Siendo  $0,04 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$ . El factor de forma es el cociente entre el volumen y su superficie, es decir, la superficie tiene una medida aproximada de  $1,572 \text{ [m}^2\text{]}$  y el volumen  $0,033 \text{ [m}^3\text{]}$ ; por tanto  $S_{ap} = 0,021 \text{ [m]}$ .

$$Q_{pp} = (0,04) \cdot (0,021) \cdot (373,15 - 293,15)$$

$$Q_{pp} = 0,000\,067 \text{ [kWh]}$$

El calor perdido por aberturas de la cámara térmica.

$$Q_{ab} = Q_r \cdot (AET)$$

**ECUACIÓN 2. 10. Calor perdido por aberturas.**

Siendo:

$Q_{ab}$  : Calor que se pierde por radiación a través de las aberturas que existen en la cámara térmica, en vatio  $[[W]]$ ;

$Q_r$  : Calor radiado, en vatio por metro cuadrado  $[[W/m^2]]$ ; y

$AET$  : Área total efectiva por la cual se pierde calor, en metros cuadrados  $[[m^2]]$ ).

El calor radiado se calcula con:

$$Q_r = \sigma \cdot (T_G^4 - T_A^4)$$

**ECUACIÓN 2. 11. Calor radiado.**

Siendo:

$\sigma$  : Constante de Stefan-Boltzmann.  $5,67 \times 10^{-8} [[W/(m^2 \cdot K^4)]]$ ;

$T_G$  : Temperatura de los gases dentro de la cámara térmica, en kelvin  $[[K]]$ ; y

$T_A$  : Temperatura ambiente, en kelvin  $[[K]]$ ).

$$Q_r = (5,67 \times 10^{-8}) \cdot [(373,15)^4 - (293,15)^4]$$

$$Q_r = 680,563 [[W/m^2]]$$

El área total efectiva por la cual se pierde calor para la cámara térmica es la abertura de la puerta y su área equivale a:

$$AET = (0,375) \cdot (0,42)$$

$$AET = 0,158 [[m^2]]$$

Por tanto,

$$Q_{ab} = (680,563) \cdot (0,158)$$

$$Q_{ab} = 0,108 [[kWh]]$$

Todo lo antes calculado está pensado para una hora, así que es el kilovatio que se consumió en ese tiempo, se lo hizo para tener una referencia tentativa de que consumo eléctrico representaría. El calor disponible para el polietileno es,

$$Q_d = Q_{pi} + Q_{ap} + Q_{pp} + Q_{ab}$$

$$Q_d = 0,2 + 0,0264 + 0,000067 + 0,108$$

$$Q_d = 0,335 \text{ [[kWh]]}$$

Los aparatos que funcionan bajo el principio de transmisión de calor por resistencias eléctricas alcanzan una eficiencia alrededor de 24%, por tanto, se asumió una eficiencia igual a la mencionada:

$$Q_t = \frac{0,335}{0,24}$$

$$Q_t = 1,4 \text{ [[kWh]]}$$

En el lapso de una hora la potencia requerida es de 1400 [[W]], para la resistencia. El voltaje que se utiliza es de 110 [[V]], por tanto, se requiere una resistencia que trabaje a 12,72 [[A]]. Para obtener calor uniformemente distribuido se optó por utilizar dos resistencias térmicas opuestas en el sentido de su colocación dentro de la cámara térmica y con la mitad de capacidad, cumpliendo así con los requerimientos calculados.

En el mercado existen resistencias térmicas de características similares a lo calculado que se expone en la *ilustración 2.39*. Se optó por adquirir dos resistencias con las características que se exponen en la *tabla 2.24*.

Las disposiciones típicas de las resistencias de calentamiento indirecto son los que en la *ilustración 2.40* e *ilustración 2.41*, se indican.





**ILUSTRACIÓN 2. 39.** Resistencia eléctrica para calentamiento de aleación de níquel-cromo 80-20.

**TABLA 2. 24.**

**Características de la resistencia eléctrica comercial para calentamiento Ni-Cr 80-20.**

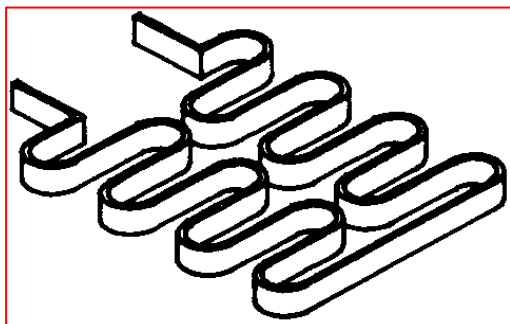
PARÁMETRO	CANTIDAD
Resistencia	14,5 [ $\Omega$ ]
Voltaje	110 [ $V$ ]
Amperaje	7,5 [ $A$ ]
Longitud	2,5 [ $m$ ]
Diámetro	0,6 [ $mm$ ]

Para escoger cualquiera de las disposiciones típicas, mucho tiene que ver con las condiciones del lugar donde van a ser utilizadas. El alambre en espiral es más frecuente que la pletina en la construcción de resistencias para hornos y se adapta mejor a la estructura de la cámara; por tanto, es el tipo que se usa en el presente proyecto. El alambre en espiral puede disponerse de tres formas distintas:

- ❖ **Sobre tubos cerámicos.** Permite una radiación térmica libre;
- ❖ **Arrollado en espiral.** Es una disposición muy antigua y económica, pero la resistencia no radia libremente; y
- ❖ **Ondulado con soportes de gancho.** Es muy conveniente para conseguir una elevada potencia específica.

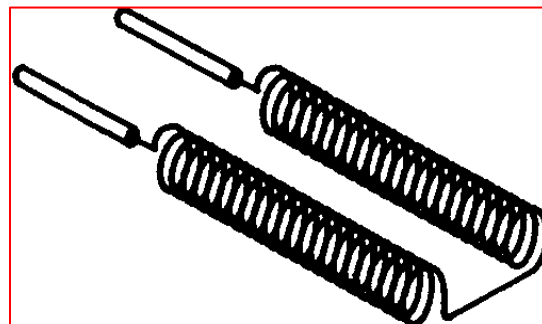
Se escoge la disposición arrollado en espiral, ya que éste proyecto no necesita mucha sofisticación sobre el tipo de disposición, y que la temperatura máxima no

es alta. Además del bajo costo que este tipo de disposición representa es ideal para la cámara térmica.



**ILUSTRACIÓN 2. 40. Pletina plegada.**

**Fuente:** (Astigarraga Urquiza, 1994)



**ILUSTRACIÓN 2. 41. Alambre en espiral.**

**Fuente:** (Astigarraga Urquiza, 1994)

### 2.2.2.3.3. Selección del tipo de conductor de la cámara térmica

El conductor seleccionado para la cámara térmica se toma a partir de la *tabla 2.25*.

**TABLA 2. 25.**  
**Dimensiones de los calibres de alambres estadounidenses (AWG).**

AWG #	Área (CM)	1/1 000 [ $\Omega/ft$ ] a 20 [°C]	Corriente máxima permisible para RHW aislamiento ([A])
10	10 381	0,998 9	30
11	8 234,0	1,260	— — —
12	6 529,0	1,588	20
13	5 178,4	2,003	— — —
14	4 106,8	2,525	15
15	3 256,7	3,184	
16	2 582,9	4,016	
17	2 048,2	5,064	
18	1 624,3	6,385	
19	1 288,1	8,051	
20	1 021,5	10,15	

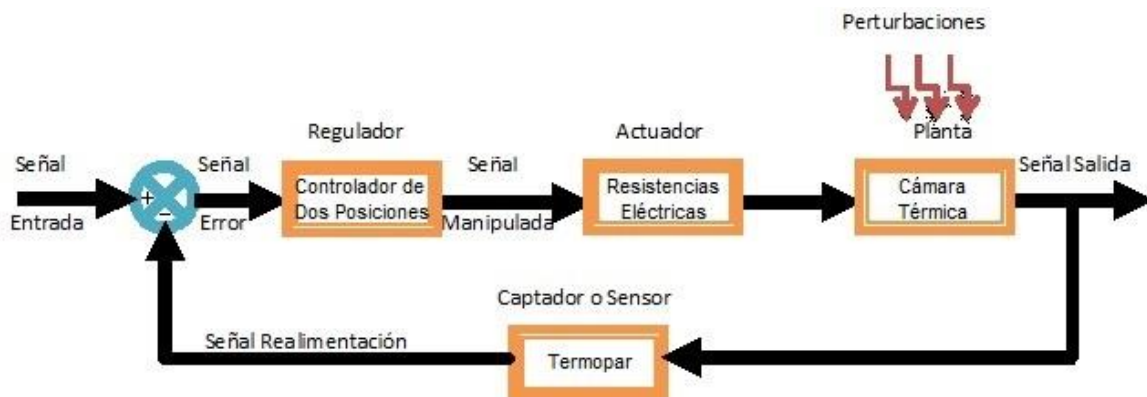
Cada elemento resistivo en teoría consume 7,5 [[A]], en total 15 [[A]]. Por tanto, el conductor seleccionado es el AWG #12.

#### 2.2.2.4. Diseño del sistema de control

El sistema de control de la cámara térmica, mantiene una temperatura relativamente constante dentro del recinto, para que la pieza trabajada se logre secar en un menor tiempo posible del que lo haría a una temperatura ambiente.

Para ésta tarea el sistema de control está compuesto por un interruptor de encendido y apagado del sistema, de un circuito de maniobra para permitir e interrumpir el paso de la energía eléctrica, un controlador de temperatura que logre que la temperatura varíe y un sensor de temperatura que mida la misma.

El control del sistema se lo realiza sobre la cámara térmica, ya que es el único elemento que lo requiere por su complejidad y está dado por el diagrama de bloques que en la *ilustración 2.42*, se muestra.



**ILUSTRACIÓN 2. 42.** Diagrama de bloques de la cámara térmica.

El diagrama de bloques para la cámara térmica es del tipo con lazo cerrado o realimentado, y se esquematiza de la siguiente manera:

**TABLA 2. 26.**  
**Diagrama de bloques cámara térmica.**

PROCESO – PLANTA	VARIABLES – SEÑALES	INSTRUMENTOS
Entrada:	Tensión de red	Regulador:

PROCESO – PLANTA		VARIABLES – SEÑALES		INSTRUMENTOS	
<b>Objeto a regular:</b>	Cámara térmica	<b>Error:</b>	Diferencia entre la señal de entrada y la señal del sensor	<b>Actuador:</b>	Controlador de dos posiciones
		<b>Manipulada:</b>	Señal del controlador		Resistencias eléctricas
		<b>Perturbación:</b>	Cortocircuitos, daños mecánicos, daños eléctricos, temperatura ambiente y fugas de temperatura	<b>Medidor o sensor:</b>	
		<b>Realimentación Controlada o salida:</b>	Señal del sensor Temperatura de salida		

#### 2.2.2.4.1. Selección de controlador de temperatura

La cámara térmica es una aplicación simple en la cual la pieza requiere una temperatura relativamente constante (de alrededor de 50 [°C]) que no requiere precisión para secar la pieza en el menor tiempo posible. Los cambios de temperatura se producen muy lentamente, por tanto, la oscilación será de período largo.

En esencia la aplicación necesita un interruptor que se active por una señal de error y proporcione una señal correctora para encender o apagar las resistencias eléctricas de calentamiento si la temperatura está por debajo o por encima de los 50 [°C]. Por lo que el controlador que cubre éstas necesidades al ser simple, de bajo precio, de fácil instalación y mantenimiento es el controlador de *Dos Posiciones* o también denominado controlador de *Encendido/Apagado*.

En el mercado existen algunos modelos de los cuales se selecciona el controlador de temperatura *Checkman XMTG-2301*, debido a las características que se resumen en la *tabla 2.27* **TABLA 2. 27.**

**TABLA 2. 27.**  
**Características del controlador de temperatura XMTG-2301.**

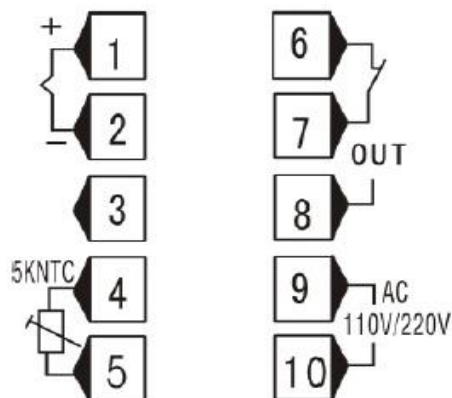
MODELO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	PRECIO
<b>Checkman XMTG-2301</b>	Rango de temperatura: (0 a 399) [°C]	Bajo
	Exactitud: $\leq 1,0\%F.S. \pm 1B$	
	Rango de brecha diferencial o banda muerta: $\pm 5$ [°C]	
	Fuente de alimentación: (85 a 242) [VAC]	
	Consumo de potencia: $< 3$ [W]	

**Fuente:** (Yuyao Gongyi Meter Co., Ltd., 2015)



**ILUSTRACIÓN 2. 43.** Controlador digital de temperatura XMTG-2301.

La conexión del controlador se debe basar en el siguiente esquema:



**ILUSTRACIÓN 2. 44.** Esquema de conexión del controlador de temperatura XMTG-2301.

TABLA 2. 28.

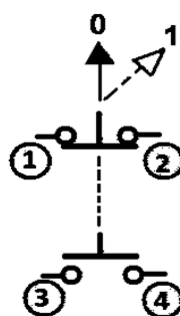
*Especificaciones de conexión del controlador de temperatura XMTG-2301.*

TERMINALES	ESPECIFICACIONES
1 y 2	Se conecta el sensor de temperatura, el terminal positivo en 1 y el negativo en 2
3	No se conecta
4 y 5	Se debe conectar un termistor <sup>xxx</sup> NTC, en caso de calentamiento del controlador permite enfriar el circuito
6, 7 y 8	Son las salidas de control para el contactor
9 y 10	Es la conexión de alimentación de la red eléctrica (110 [V])

Para los terminales 6, 7 y 8, la conexión que se ha implementado es que en el terminal 6 no se conecte nada, al terminal 7 se conecta el interruptor de encendido, al terminal 8 se conecta el A2 del contactor.

#### 2.2.2.4.2. Selección del interruptor de encendido y apagado

El interruptor de encendido y apagado del sistema es en forma de perilla o interruptor giratorio en la configuración de normalmente abierto (NO). La ventaja de implementar un interruptor es que en caso de que controlador de temperatura o el contactor fallen se puede evitar daños mayores al apagar el sistema.



**ILUSTRACIÓN 2. 45.** Símbolo del interruptor giratorio.

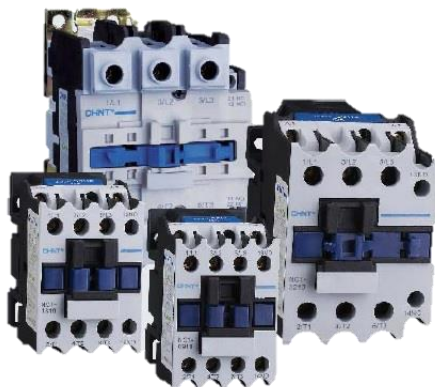
### 2.2.2.4.3. Circuito de maniobra para la interrupción eléctrica

El circuito de maniobra de interrupción es importante debido a que hace actuar a las resistencias eléctricas de calentamiento con un control a bajo amperaje. Para la selección del circuito de maniobra se debe escoger entre dos opciones un relevador y un contactor, aunque existen otras opciones, éstos son las mejores alternativas que el mercado ofrece debido a sus prestaciones y bajo costo.

**TABLA 2. 29.**  
**Características de los circuitos de maniobra electromecánicos.**

CIRCUITO DE MANIOBRA	CARACTERÍSTICAS
<b>Relevador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se usan en aplicaciones con bajas potencias.</li> <li>- Utilizado en control convencional.</li> </ul>
<b>Contactador</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para aplicaciones de altas potencias.</li> <li>- Se usa para energizar motores monofásicos, trifásicos, resistencias industriales, etc.</li> </ul>

Debido a que la cámara térmica utiliza resistencias que trabajan con un amperaje de alrededor de los 15 [A], es recomendable que el contactor sea quien accione las mismas, por ser más robusto que un relevador. El Contactador CHINT, es el de uso general con muy buenas prestaciones y fiabilidad, por tanto, es el que se ha implementado en el sistema.



**ILUSTRACIÓN 2. 46. Contactores CHINT de (9 a 95) [A].**

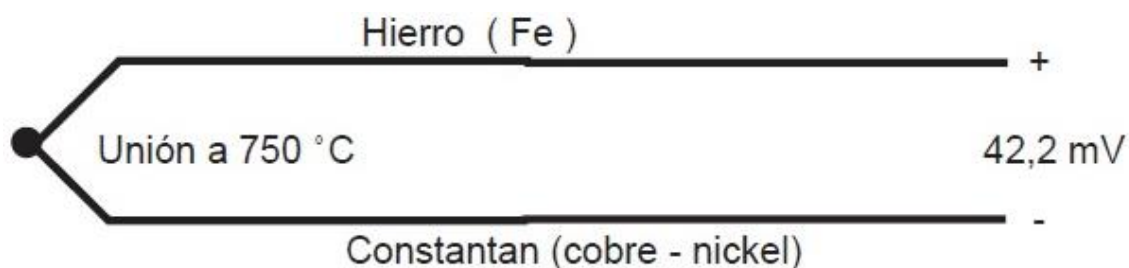
**Fuente:** (Zhejiang CHINT Electrics Co.,Ltd, 2010)

#### 2.2.2.4.4. Selección del sensor de temperatura

El sensor de temperatura tiene que ser del tipo J, ya que la medición de la aplicación es baja, el sitio de medición es cercano, el riesgo de oxidación es bajo y el fabricante del controlador de temperatura recomienda usar este tipo de sensor.

Un sensor de temperatura del tipo J es un termopar que mide un rango de temperatura de 0 a 700 grados Celsius con una precisión de 0,5% y es de tamaño pequeño; su desventaja es que se corroe ante la humedad.

El termopar tipo J usan el efecto Seebeck, que significa que circula una corriente cuando dos hilos de metales distintos (hierro y cobre-níquel), se unen y se calienta uno de los extremos. La señal de salida es muy baja por lo que necesita acondicionamiento de la señal, pero dentro de las características del controlador XMTG-2301, realiza el acondicionamiento necesario.

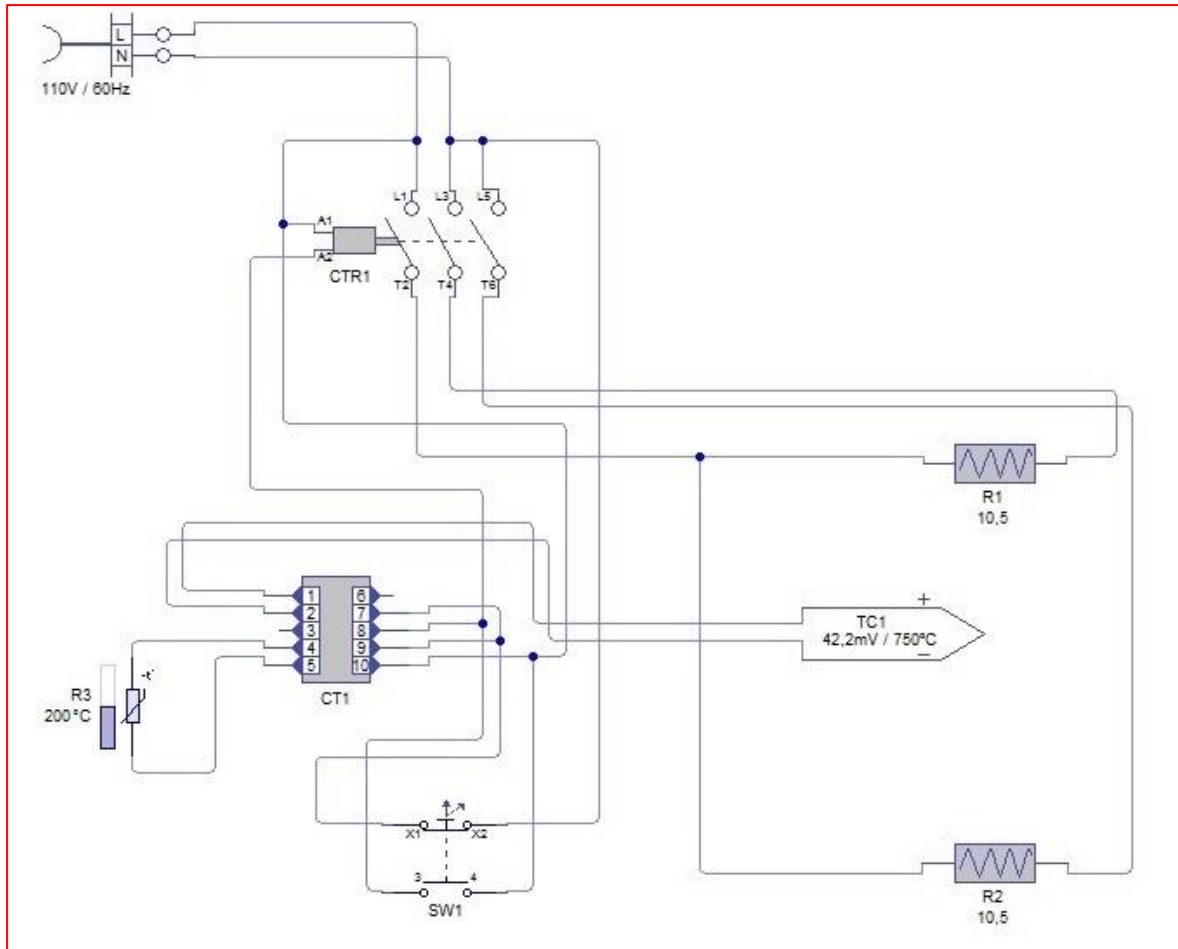


**ILUSTRACIÓN 2. 47. Termopar tipo J.**

El diagrama de conexión para el control de la temperatura en la cámara térmica se puede visualizar en la *ilustración 2.48*.

En resumen, para la aplicación de la pintura tipo cromo es necesario la implementación de un sistema neumático y un sistema de secado de piezas. El sistema neumático consta de una unidad de mantenimiento, cuatro tanques presurizados para las sustancias químicas, dos pistolas de pulverización simples, una pistola doble de pulverización y una pistola de aire de secado; todos éstos elementos se encuentran en una estructura metálica tipo caja portátil. El sistema de secado de las piezas se lo debe realizar mediante un horno, la presente investigación se refiere a éste como cámara térmica, que es activado mediante la red de energía eléctrica (110 [V]), utiliza resistencias térmicas y posee un control on/off.





**ILUSTRACIÓN 2. 48.** Diagrama de conexión para el control de la temperatura en la cámara térmica.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

Los resultados del proceso de construcción y las pruebas de funcionamiento se detallan a lo largo de este capítulo.

#### 3.1. CONSTRUCCIÓN

La construcción y ensamblaje del sistema neumático y cámara térmica se presenta a continuación. Dado el diseño, la selección de los materiales y la adquisición de los mismos se procede con la construcción e implementación de la máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo.

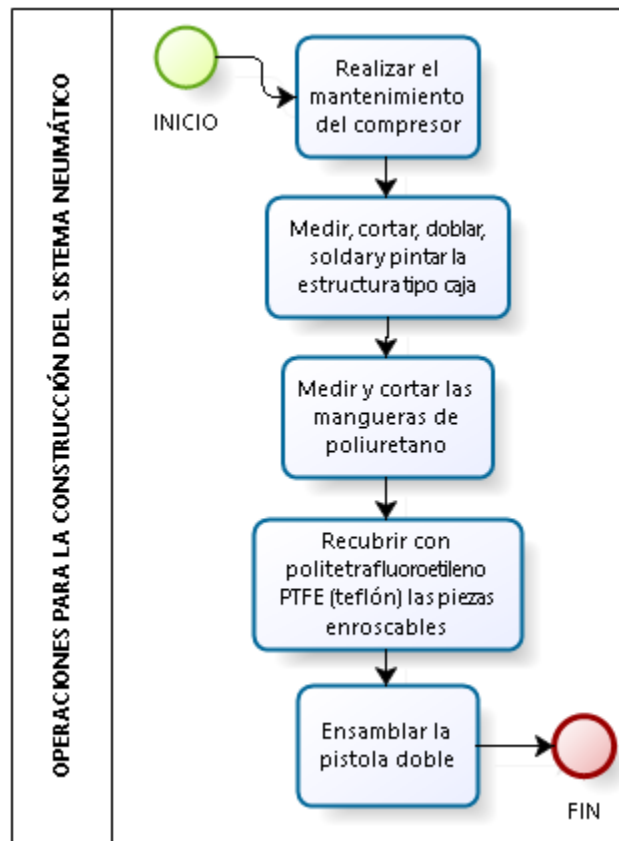
##### 3.1.1. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Las operaciones individuales de cada elemento que forma parte del sistema neumático, se presenta, mediante el siguiente diagrama de flujo, donde se detallan los procesos realizados.

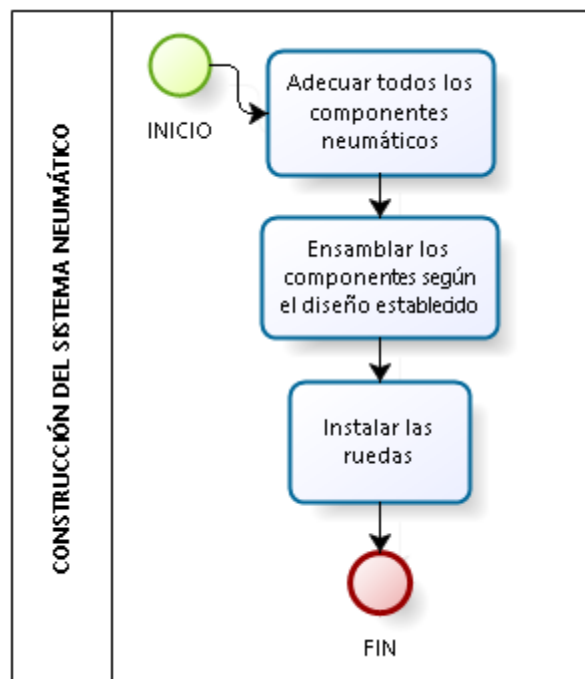
Para el mantenimiento del compresor se procedió a purgar, cambiar el aceite y calibrar el flujo de aire del mismo. Dado el diseño del *capítulo 2*, se implementó la estructura tipo caja con los parámetros antes expuestos. A las mangueras de poliuretano se las adecuó según las circunstancias de instalación del sistema neumático. Se recubrió con teflón las partes enroscables para evitar fugas de aire, daños u oxidación de éstas piezas. Se esterilizó y se agujereó los envases para una buena conservación de los químicos y un buen flujo de los mismos. Se ensambló la pistola doble a partir de dos pistolas simples de pulverización.

En el ensamblaje de los elementos constitutivos se siguió de acuerdo al orden de la *ilustración 3.1*.

Se colocó los componentes en los lugares adecuados, según el diagrama neumático de la *ilustración 3.2*.



**ILUSTRACIÓN 3. 1.** Diagrama de flujo de las operaciones individuales del sistema neumático.



**ILUSTRACIÓN 3. 2.** Diagrama de flujo del ensamblaje del sistema neumático.



**ILUSTRACIÓN 3. 3. Sistema neumático.**

### **3.1.2. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA TÉRMICA**

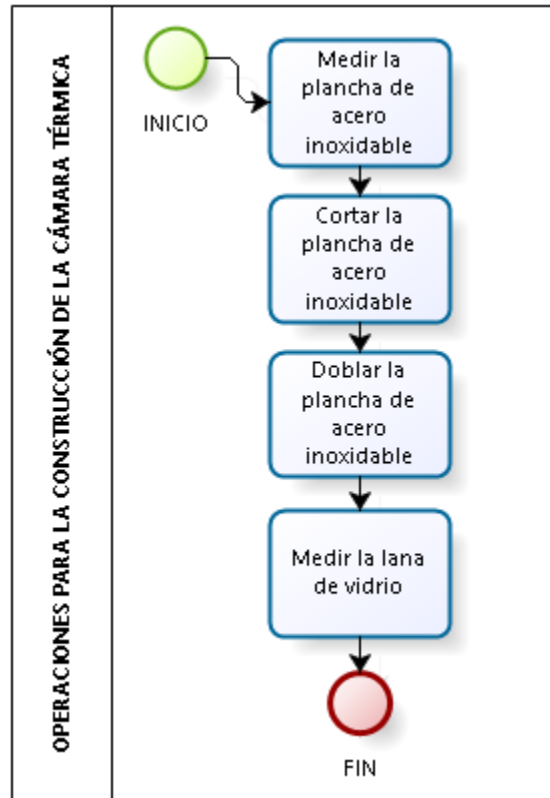
Las operaciones individuales de cada elemento que forma parte de la cámara térmica, se presenta, mediante el siguiente diagrama de flujo, donde se detallan los procesos tecnológicos realizados.

Con base a las medidas del capítulo de diseño para la cámara térmica se implementó la construcción de la misma. El corte de las planchas de acero se lo realizó con una guillotina o máquina cortadora de acero. El doblado de las planchas de acero se lo realizó con una máquina plegadora de acero. Se procedió con la medición y el corte la lana de vidrio.

En el ensamblaje de los elementos constitutivos se siguió de acuerdo al orden de la *ilustración 3.4*.

Con un espacio de 40 [mm] entre las planchas de acero se recubrió el interior de las mismas con lana de vidrio. El proceso de soldadura se realizó con suelda MIG (Metal Inert Gas), ya que es ideal para estructuras con espesores pequeños como las planchas de acero. Se adecuó según las circunstancias los lugares donde se incorporaron los componentes a la cámara térmica. Se colocó los componentes

en los lugares adecuados para los mismos. El cableado se lo realizó en un orden lógico para con los componentes y el tipo de funcionamiento.

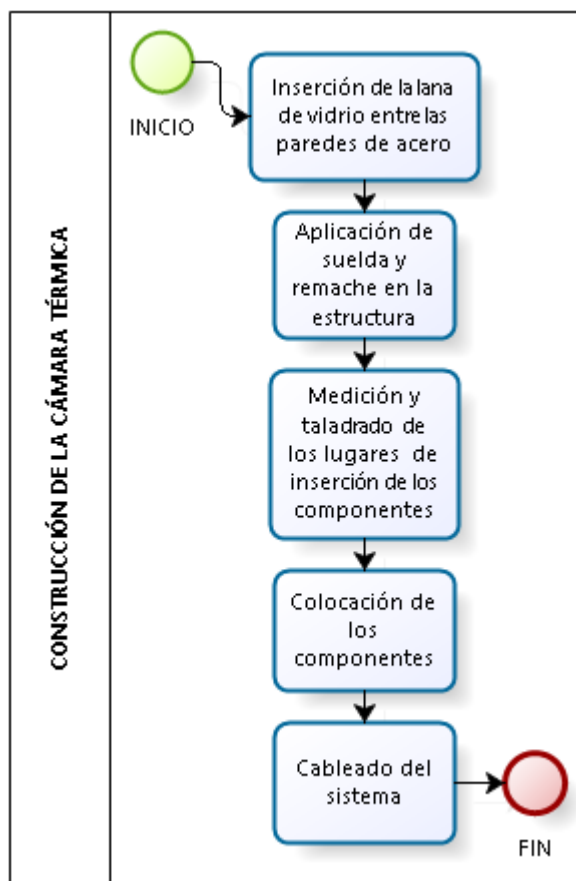


**ILUSTRACIÓN 3. 4.** Diagrama de flujo de las operaciones individuales de la cámara térmica.



**ILUSTRACIÓN 3. 5.** Cámara térmica.

En resumen, la construcción del sistema para la pintura tipo cromo se la realizó conforme al diseño establecido en el *capítulo 2*, mediante la adecuación individual de algunos elementos y el ensamblaje secuencial de los diferentes sistemas.



**ILUSTRACIÓN 3. 6.** Diagrama de flujo del ensamblaje de la cámara térmica.

## 3.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas de funcionamiento respectivas y los resultados referentes al funcionamiento del sistema de imitación del cromado se exponen a continuación.

### 3.2.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

La puesta en marcha del sistema neumático se la realiza para verificar si existe un mal funcionamiento de los elementos que componen el mismo, como fugas de aire. También se realiza este tipo de pruebas para graduar la presión de funcionamiento y para regular la aspersion de cada pistola.

### 3.2.1.1. Pruebas sonoras

La prueba sonora es una prueba en la que simplemente se debe escuchar si existen fugas de aire.

**TABLA 3. 1.**  
**Desarrollo de la prueba sonora.**

DEFINICIÓN	DESARROLLO
<b>Principio</b>	El ensayo consiste en escuchar si se produce un sonido de aire a presión en la inmediatez del sistema neumático.
<b>Instrumental</b>	- Sistema neumático. - Oído humano.
<b>Procedimiento</b>	Aislar el sistema de cualquier interferencia sonora externa y analizar los sonidos que se producen.
<b>Resultados</b>	Inspeccionar el sistema neumático en la búsqueda de fugas.
<b>Reporte</b>	El sistema neumático del sistema de cromado no presenta fugas sonoras, ya que no se evidencian sonidos comparables con los que produce el aire a presión mientras fuga.

### 3.2.1.2. Pruebas visuales

Las pruebas visuales que se realizan al sistema neumático son a través de la prueba de estanqueidad. La prueba de estanqueidad verifica si no existen fugas dentro del sistema. El método a utilizar es el *Ensayo Directo de Burbuja*, en el cual se somete a presión el sistema ensayado y con la utilización de una solución burbujeante (agua jabonosa), por el exterior indica si existe una fuga eventual.

**TABLA 3. 2.**  
**Desarrollo de la prueba de estanqueidad con el ensayo directo de burbuja.**

DEFINICIÓN	DESARROLLO
<b>Principio</b>	El ensayo consiste en verter una solución burbujeante por el exterior del sistema neumático, y comprobar luego si se produce burbujas que es señal de fuga.
<b>Instrumental</b>	- Sistema neumático. - Agua común. - Detergente. - Trapo.

DEFINICIÓN	DESARROLLO
<b>Procedimiento</b>	Mezclar el agua común con detergente hasta producir una solución burbujeante. Luego bañar el trapo en la solución y pasar exteriormente por todo el circuito neumático.
<b>Resultados</b>	Inspeccionar el sistema neumático en la búsqueda de fugas.
<b>Reporte</b>	El sistema neumático del sistema de cromado no presenta fugas visibles, ya que no se evidencian burbujas.

Adicionalmente a estas pruebas, se determinó que la presión ideal de funcionamiento es los 4  $[[bar]]$  y un caudal 5  $[[mL/s]]$  para las pistolas simples y de 3  $[[mL/s]]$  para la pistola doble; parámetros recomendados por el fabricante y comprobado en la práctica, ya que una presión y caudal superior hace que rebote en gran cantidad las partículas de los químicos y por ende mancha la probeta; así como una presión y caudal inferior no logra que se impregnen los químicos en la pieza.

### 3.2.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CÁMARA TÉRMICA

Las pruebas de funcionamiento de la cámara térmica contribuyen para que la calidad del producto final sea satisfactoria, además que verifica el estado de funcionamiento de la misma.

#### 3.2.2.1. Prueba de aplicación con carga

La prueba de aplicación con carga que se la realiza a la cámara térmica verifica el tiempo en el que alcanza una temperatura deseada de calentamiento.

**TABLA 3. 3.**  
***Desarrollo de la prueba de aplicación con carga.***

DEFINICIÓN	DESARROLLO
<b>Principio</b>	El ensayo consiste en cronometrar el tiempo que tarda la cámara térmica en alcanzar una temperatura deseada (50 $[[°C]]$ ).
<b>Instrumental</b>	- Cámara térmica. - Pieza. - Cronómetro.



DEFINICIÓN	DESARROLLO
<b>Procedimiento</b>	Ubicar la pieza dentro de la cámara térmica. Asignar la temperatura deseada en el controlador de temperatura. Cronometrar el tiempo que tarda en alcanzar dicho parámetro.
<b>Resultados</b>	Determinar el tiempo que tardó en alcanzar la temperatura establecida.
<b>Reporte</b>	Los ensayos de tiempo temperatura se expone en la <i>tabla 3.4</i> .

**TABLA 3. 4.**  
***Informe de la prueba de aplicación con carga.***

TEMPERATURA [°C]	TIEMPO [s]
22	0
30	179
40	202
50	297
60	301
70	325
80	372
90	418
100	434

### 3.2.2.2. Prueba de porcentaje de error de temperatura

La prueba de porcentaje de error de temperatura que se realiza la cámara térmica constata cuál es la temperatura que mide y la temperatura real dentro del recinto.

Antes de desarrollar la prueba se debe tomar en cuenta que la cámara térmica debe realizar un precalentamiento de 30 *[[min]]* para que el porcentaje de error de temperatura disminuya al mínimo.

Adicionalmente se pudo verificar que la cámara térmica funciona correctamente según lo establecido, siendo un recinto en el cual la temperatura se va acumulando progresivamente, con esto se logra secar la pieza rápidamente. La temperatura máxima de error es de 6 *[[°C]]*.

**TABLA 3. 5.**  
**Desarrollo de la prueba de porcentaje de error de temperatura.**

DEFINICIÓN	DESARROLLO
<b>Principio</b>	El ensayo consiste en registrar y medir la temperatura, programada, la registrada en el controlador y la real en la cámara térmica.
<b>Instrumental</b>	- Cámara térmica. - Multímetro. - Calculadora.
<b>Procedimiento</b>	Programar la temperatura deseada en el controlador. Medir la temperatura dentro de la cámara térmica mediante el multímetro graduado en la escala de temperatura.
<b>Resultados</b>	Determinar el porcentaje de error entre la temperatura programada y la temperatura real.
<b>Reporte</b>	El ensayo del porcentaje de error de temperatura se expone en la <i>tabla 3.6.</i>

**TABLA 3. 6.**  
**Informe de la prueba de porcentaje de error de temperatura.**

TEMPERATURA PROGRAMADA [°C]	TEMPERATURA REGISTRADA [°C]	TEMPERATURA REAL [°C]	PORCENTAJE DE ERROR (Programada vs. Real)
30	32	33	10,00%
40	41	44	10,00%
50	52	53	6,00%
60	65	65	8,33%
70	73	76	8,57%
80	81	83	3,75%
90	94	94	4,44%
100	103	106	6,00%

### 3.2.3. PRUEBA DE APLICACIÓN DEL PROCESO MEDIANTE VARIACIÓN DE PARÁMETROS

Los parámetros óptimos del proceso se desvelan mediante la variación de los mismos en un lote de 25 probetas tanto de metal como de plástico. El metal a utilizar es acero galvanizado y el plástico es policarbonato. Mediante el *Anexo A – Plan de*

procedimiento para la aplicación de la pintura tipo cromo en una superficie de 10 x 10, se ha desarrollado el proceso.

Dando los siguientes resultados, tanto en metal como en plástico (tabla 3.7 TABLA 3. 7).

**TABLA 3. 7.**

**Plan de procedimiento para la aplicación del cromado en una superficie de 10 [cm] x 10 [cm] de metal y plástico.**

Material:	Metal
-----------	-------

Nº	FASE	SI	NO	PROCEDIMIENTO			
	<b>PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE</b>						
1	Limpieza con disolvente	✓		Desengrasante		Disolvente sin grasa	
						✓	
2	Devastación de la superficie mediante lija de grano	✓		Grueso	Medio	Fino	Extrafino
					✓		
	<b>APLICACIÓN DE LA CAPA BASE</b>						
3	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
					✓		
4	Caudal de líquido regulación	✓		< 0,5 [mL/s]	1,25 [mL/s]	2 [mL/s]	> 2,5 [mL/s]
					✓		
5	Caudal de aire regulación	✓		10%	30%	50%	> 70%
						✓	
6	Pintura base mezcla	✓		n/a			
7	Distancia entre pistola de pintura base y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
					✓		
8	Pintura base aplicación	✓		1 mano	2 manos	3 manos	4 manos
					✓		
9	Pintura base secado	✓		n/a			
10	Barniz mezcla	✓		n/a			
11	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
						✓	
12	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos

						✓	
13	Barniz secado	✓		n/a			
<b>APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO</b>							
14	Compuesto C mezcla	✓		n/a			
15	Compuesto G mezcla	✓		n/a			
16	Compuesto R mezcla	✓		n/a			
17	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
						✓	
18	Flameo pieza	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
							✓
19	Compuesto R aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
						✓	
20	Agua destilada aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
						✓	
21	Compuesto G y C aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
					✓		
22	Aplicar los compuestos C Y G	✓		1 capa	2 capas	3 capas	4 capas
				✓			
23	Secar con aire a presión	✓		< 1 [bar]	2 [bar]	4 [bar]	> 6 [bar]
					✓		
<b>APLICACIÓN DE LA CAPA PROTECTORA</b>							
24	Barniz mezcla	✓		n/a			
25	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
						✓	
26	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos
					✓		
27	Barniz secado	✓		n/a			

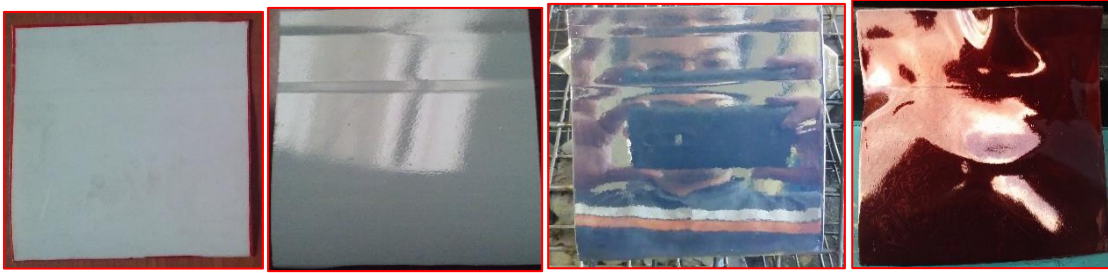
<b>Material:</b>	Plástico
------------------	----------

Nº	FASE	SI	NO	PROCEDIMIENTO			
<b>PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE</b>							
1	Limpieza con disolvente	✓		Desengrasante		Disolvente sin grasa	
						✓	
2	Devastación de la superficie mediante lija de grano		✓	Grueso	Medio	Fino	Extrafino
<b>APLICACIÓN DE LA CAPA BASE</b>							
3	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
					✓		
4	Caudal de líquido regulación	✓		< 0,5 [mL/s]	1,25 [mL/s]	2 [mL/s]	> 2,5 [mL/s]
					✓		
5	Caudal de aire regulación	✓		10%	30%	50%	> 70%
						✓	
6	Pintura base mezcla	✓		n/a			
7	Distancia entre pistola de pintura base y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
					✓		
8	Pintura base aplicación	✓		1 mano	2 manos	3 manos	4 manos
					✓		
9	Pintura base secado	✓		n/a			
10	Barniz mezcla	✓		n/a			
11	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
						✓	
12	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos
						✓	
13	Barniz secado	✓		n/a			
<b>APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO</b>							
14	Compuesto C mezcla	✓		n/a			

15	Compuesto G mezcla	✓		n/a			
16	Compuesto R mezcla	✓		n/a			
17	Presión regulación	✓		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]
						✓	
18	Flameo pieza	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
							✓
19	Compuesto R aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
						✓	
20	Agua destilada aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
						✓	
21	Compuesto G y C aplicación	✓		< 2 [mL/s]	3 [mL/s]	5 [mL/s]	> 6 [mL/s]
					✓		
22	Aplicar los compuestos C Y G	✓		1 capa	2 capas	3 capas	4 capas
				✓			
23	Secar con aire a presión	✓		< 1 [bar]	2 [bar]	4 [bar]	> 6 [bar]
					✓		
	<b>APLICACIÓN DE LA CAPA PROTECTORA</b>						
24	Barniz mezcla	✓		n/a			
25	Distancia entre pistola de barniz y probeta	✓		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]
						✓	
26	Barniz aplicación	✓		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos
					✓		
27	Barniz secado	✓		n/a			



**ILUSTRACIÓN 3. 7. Proceso de cromado probeta de metal.**



**ILUSTRACIÓN 3. 8. Proceso de cromado probeta de plástico.**

Los resultados óptimos para la aplicación de las diferentes capas en la imitación del cromado son los antes expuestos. Para una superficie de metal es recomendable utilizar una lija de grano medio para una mejor adherencia de la pintura al metal, mientras que en el plástico no es recomendable lijar la superficie ya que se adhiere de buena forma la pintura a la superficie. La aplicación de la pintura base como del barniz se debe regular a 3  $[\text{bar}]$  y al 50% del caudal de aire. El caudal de líquido para la aplicación de la pintura base debe hacer a 1,25  $[\text{mL/s}]$  y para el barniz en su primera capa se lo debe realizar en 1,25  $[\text{mL/s}]$  y para las siguientes en 1,25  $[\text{mL/s}]$ . La capa de cromado de la debe aplicar a 4  $[\text{bar}]$  y con un caudal de líquido de 3  $[\text{mL/s}]$ .

### **3.2.4. PRUEBAS DE CALIDAD DE PRODUCTO**

Los tipos de pruebas de calidad que el presente trabajo utiliza, son los que se han desarrollado para las aplicaciones de pintura, ya que el proceso de aplicación del recubrimiento es análogo a los métodos de atomización<sup>xxxii</sup> de pintura.

Para las diferentes pruebas de calidad del producto hay que tener en cuenta de que son métodos visuales por lo que son susceptibles a la apreciación y buen gusto de quien las realiza, pero siempre rigiéndose a las normas ecuatorianas establecidas por *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, INEN, por lo tanto, el resultado final no estará muy alejado de la realidad de la calidad que el recubrimiento ofrece.

Al producto final se lo expondrá a tres tipos de pruebas de calidad, siendo éstas la prueba de adherencia<sup>xxxiii</sup>, de ataque químico y de resistencia al impacto. Las probetas fueron impregnadas con cuatro capas de barniz antes de que se las

realizara las pruebas de producto. Las pruebas que se realizaron a las distintas probetas son las que a continuación se exponen. Cabe indicar que las probetas utilizadas son de metal (*ilustración 3.9*) y de plástico (*ilustración 3.10*).



**ILUSTRACIÓN 3. 9.** Probeta de metal, acero galvanizado.



**ILUSTRACIÓN 3. 10.** Probeta de plástico, policarbonato.

#### 3.2.4.1. Pruebas de adherencia mediante prueba de la cinta

La adherencia que el recubrimiento de imitación del cromado puede brindar a la pieza es de vital importancia para poder verificar la calidad y las prestaciones que el recubrimiento ofrece a la pieza.

La prueba de adherencia se la puede aplicar tanto a materiales metálicos como plásticos. Existen dos tipos de pruebas de adherencia que se aplican según el espesor de la película de pintura, así:

- Método del corte en X se aplica a espesores  $\geq 0,125$  [mm]; y
- Método de la cuadrícula se aplica a espesores  $< 0,125$  [mm].

Para realizar la prueba de adherencia se necesita de los siguientes materiales:

##### 3.2.4.1.1. Aparatos y materiales

- ❖ *Probeta*: es la pieza a trabajada;



- ❖ *Herramienta de corte*: bisturí, navaja u otro elemento de corte, que su filo esté en buen estado y tenga un ángulo de filo entre 15 a 30° ;
- ❖ *Guía de cortado*: regla o escuadra;
- ❖ *Cinta*<sup>3</sup>: con ancho de (18 a 25) [mm], semitransparente, que se adhiera con presión sensible;
- ❖ *Goma elástica*: goma del lápiz común;
- ❖ *Lupa*: se la utilizará para examinar las áreas de prueba; y
- ❖ *Fuente de luz*: debe ser la suficiente para determinar que los cortes hayan hecho un canal sobre la película.

#### 3.2.4.1.2. Método del corte en X

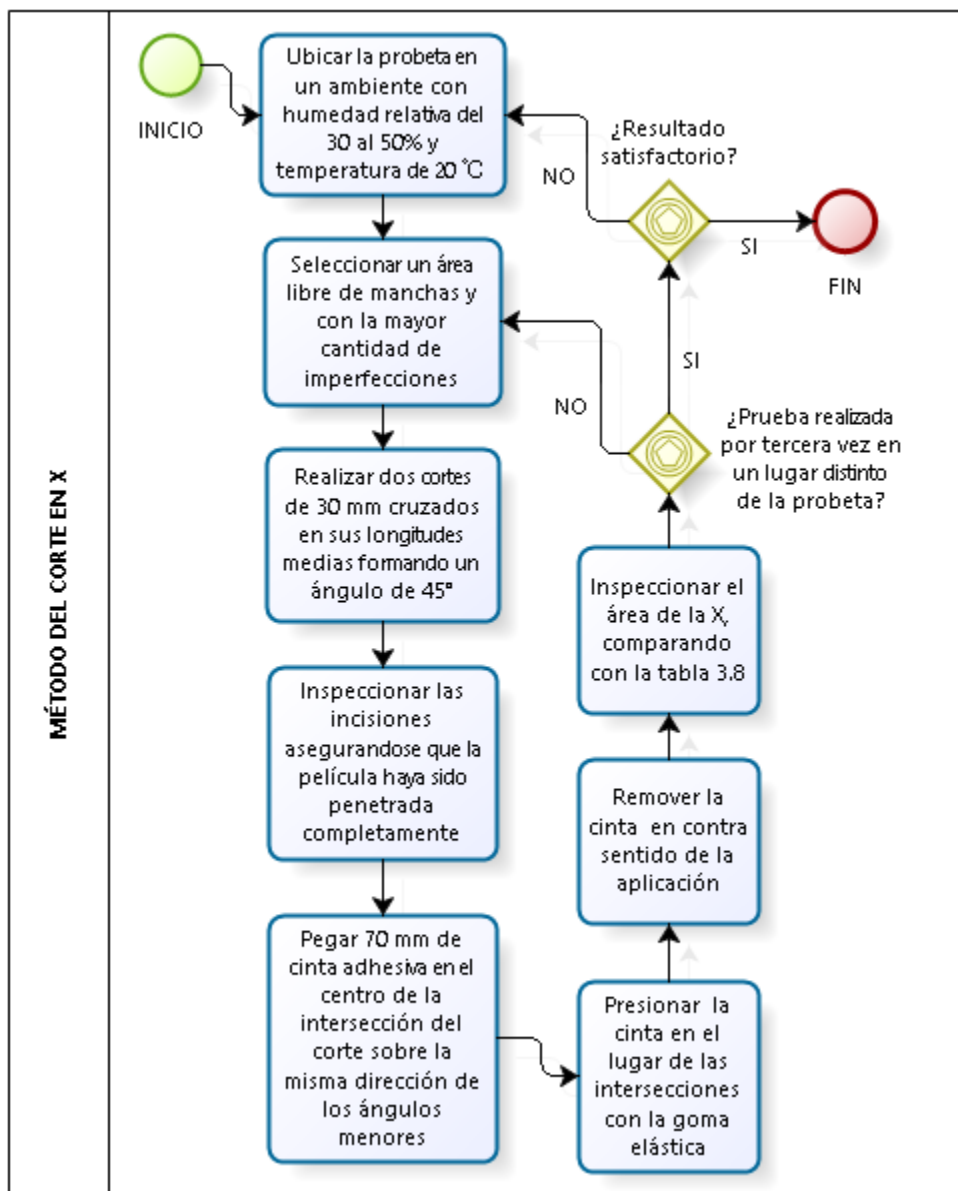
Para el procedimiento del método de corte en X, está sujeto a los pasos que en la *ilustración 3.11* se detallan.

**TABLA 3. 8.**  
**Escala de clasificación de la adherencia, método del corte en X.**

CLASIFICACIÓN		CRITERIO	ADHERENCIA %
<b>5</b>	<b>Excelente adherencia</b>	No existe remoción de la película o peladuras	100
<b>4</b>	<b>Muy buena adherencia</b>	Trazas de peladuras o remoción a lo largo de las incisiones	95 a 100
<b>3</b>	<b>Regular adherencia</b>	Remoción dentada 1,6 [mm] a lo largo de la parte superior de las incisiones sobre cada lado	85 a 95
<b>2</b>	<b>Mala adherencia</b>	Remoción dentada 3,2 [mm] a lo largo de la parte superior de las incisiones sobre cada lado	65 a 85
<b>1</b>	<b>Pésima adherencia</b>	Remoción del área de la X cubierta por la cinta	35 a 65
<b>0</b>	<b>Adherencia nula</b>	Remoción más allá del área de la X	> 65

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1995)

<sup>3</sup> La cinta puede ser de fibra de acetato de celulosa reforzada, de poliplástico hecho de cloruro de vinilo o una película de poliéster.

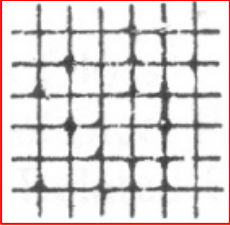
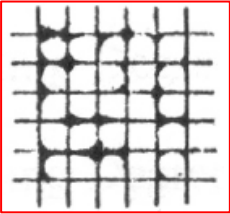
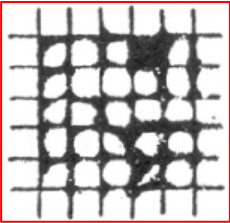
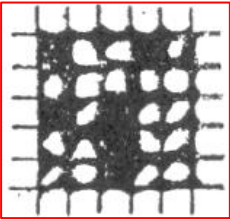


**ILUSTRACIÓN 3. 11. Proceso del método de corte en X para la prueba de adherencia.**

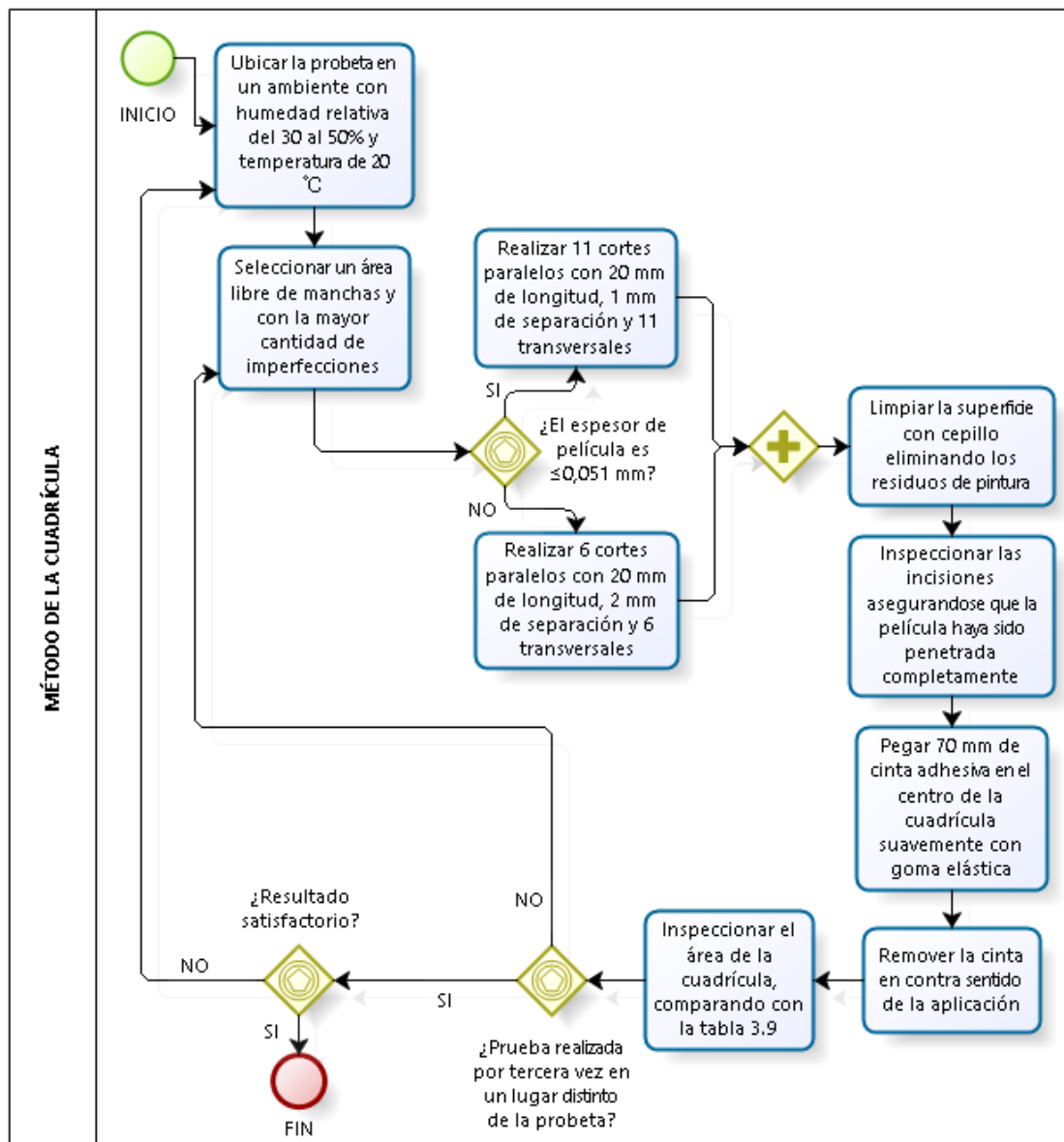
#### 3.2.4.1.3. Método de la cuadrícula

Para el procedimiento del método de la cuadrícula, está sujeto a los pasos que en la *ilustración 3.16* se detallan.

**TABLA 3. 9.**  
**Escala de clasificación de la adherencia, método de la cuadrícula.**

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	PLANTILLA (De seis cortes)
<b>5</b> <b>Excelente</b> <b>adherencia</b>	Ninguno de los cuadros ha sido removido	Ninguno
<b>4</b> <b>Muy buena</b> <b>adherencia</b>	Menos de 5% de los cuadros han sido removidos	 <p><b>ILUSTRACIÓN 3. 12.</b> Menos del 5% de descarapelado.</p>
<b>3</b> <b>Regular</b> <b>adherencia</b>	Entre el 5% y el 15% de los cuadros han sido removidos	 <p><b>ILUSTRACIÓN 3. 13.</b> Entre 5 al 15% de descarapelado.</p>
<b>2</b> <b>Mala adherencia</b>	Entre el 15% y el 35% de los cuadros han sido removidos	 <p><b>ILUSTRACIÓN 3. 14.</b> Entre el 15 al 35% de descarapelado.</p>
<b>1</b> <b>Pésima adherencia</b>	Entre el 35% y el 65% de los cuadros han sido removidos	 <p><b>ILUSTRACIÓN 3. 15.</b> Entre el 35 al 65% de descarapelado.</p>
<b>0</b> <b>Adherencia nula</b>	Desprendimiento mayor al 65% de los cuadros	Mayor al 65%

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1995)



**ILUSTRACIÓN 3. 16. Proceso del método de la cuadrícula para la prueba de adherencia.**

#### 3.2.4.1.4. Desarrollo de la prueba de adherencia

La prueba de adherencia realizada a la probeta de metal y la probeta carcasa de plástico fue el método de la cuadrícula debido a que su espesor de película es aproximadamente de 0,042 [mm]. Los aparatos y materiales utilizados para la prueba de adherencia son:

- ❖ *Probeta:* pieza trabajada;
- ❖ *Herramienta de corte:* bisturí;

- ❖ *Guía de cortado*: escuadra;
- ❖ *Cinta*: con ancho de 18 [mm], cinta de película de celulosa transparente, se adhiere con presión sensible;
- ❖ *Goma elástica*: goma del lápiz común;
- ❖ *Lupa*: se la utiliza para examinar las áreas de prueba; y
- ❖ *Fuente de luz*: debe ser la suficiente para determinar que los cortes hayan hecho un canal sobre la película.

#### 3.2.4.1.5. Prueba de adherencia probeta de metal

La prueba de adherencia a la probeta de metal presenta los siguientes resultados.

**TABLA 3. 10.**  
**Resultados de la prueba de adherencia a la probeta de metal.**

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	ADHERENCIA %
<b>1</b> <b>Pésima</b> <b>adherencia</b>	Remoción de cuadros cubiertos por la cinta	40

#### 3.2.4.1.6. Prueba de adherencia probeta de plástico

La prueba de adherencia a la probeta carcasa de plástico presenta los siguientes resultados.

**TABLA 3. 11.**  
**Resultados de la prueba de adherencia a la probeta de metal.**

CLASIFICACIÓN	CRITERIO	ADHERENCIA %
<b>5</b> <b>Excelente</b> <b>adherencia</b>	No existe remoción de la película o peladuras	100

### 3.2.4.2. Pruebas de resistencia al impacto

Mediante la prueba de resistencia se determina la resistencia al impacto y la fuerza de adhesión del recubrimiento.

#### 3.2.4.2.1. Aparatos y materiales

- ❖ *Probeta*: es la pieza trabajada;
- ❖ *Tubo cilíndrico hueco*: posee una escala en centímetros de (0 a 200) [[cm]]; y
- ❖ *Peso muerto*: esfera de metal de (0,008; 0,028; 0,055) [[kg]].

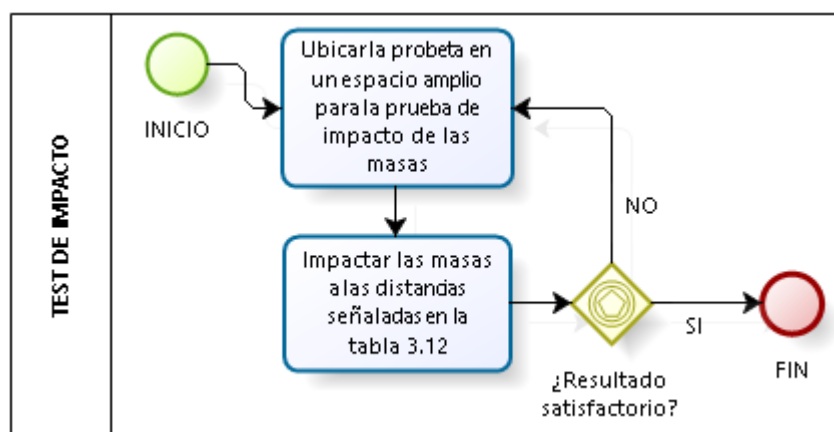
#### 3.2.4.2.2. Procedimiento

El procedimiento de la prueba de impacto, está sujeto a los pasos que en la *ilustración 3.17* se detallan.

**TABLA 3. 12.**  
***Distancia-masa de la prueba de impacto.***

MASA [[kg]]	DISTANCIA 1 [[mm]]	DISTANCIA 2 [[mm]]	DISTANCIA 3 [[mm]]
0,008	500	1 000	1 500
0,028	500	1 000	1 500
0,055	500	1 000	1 500

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1981)



**ILUSTRACIÓN 3. 17. Proceso de la prueba de impacto.**

### 3.2.4.2.3. Desarrollo de la prueba de resistencia al impacto

La prueba de resistencia al impacto utilizó los aparatos y materiales siguientes:

- ❖ *Probeta*: es la pieza trabajada;
- ❖ *Tubo cilíndrico hueco*: posee una escala de (0 a 2 000) [mm]; y
- ❖ *Peso muerto*: esfera de metal de (0,008; 0,028; 0,055) [kg].

### 3.2.4.2.4. Prueba de resistencia al impacto probeta de metal

La prueba de resistencia al impacto de la probeta de metal presenta los siguientes resultados, conforme a los siguientes criterios: excelente significa destrucción del 0%, muy buena destrucción menor al 5%, regular destrucción entre 5% a 15%, mala destrucción entre 15% a 35%, pésima destrucción entre 35% a 65% y nula destrucción de más 65%; los cuales se detallan en la *tabla 3.13*.

**TABLA 3. 13.**  
**Resultados de la prueba de resistencia al impacto de la probeta de metal.**

PARÁMETRO	MASA [kg]	DISTANCIA [mm]	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
Porcentaje de destrucción	0,008	500	✓					
	0,008	1 000	✓					
	0,008	1 500	✓					
	0,008	2 000	✓					
	0,028	500	✓					
	0,028	1 000	✓					
	0,028	1 500	✓					
	0,028	2 000		✓				
	0,055	500	✓					
	0,055	1 000		✓				

PARÁMETRO	MASA [[kg]]	DISTANCIA [[mm]]	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
	0,055	1 500		✓				
	0,055	2 000		✓				

La resistencia total al impacto conseguido es del 97,5%, lo que significa una muy buena resistencia al impacto.

#### 3.2.4.2.5. Prueba de resistencia al impacto probeta de plástico

La prueba de resistencia al impacto de la probeta de plástico presenta los siguientes resultados, conforme a los siguientes criterios: excelente significa destrucción del 0%, muy buena destrucción menor al 5%, regular destrucción entre 5% a 15%, mala destrucción entre 15% a 35%, pésima destrucción entre 35% a 65% y nula destrucción de más 65%; los cuales se detallan en la *tabla 3.14*.

**TABLA 3. 14.**  
**Resultados de la prueba de resistencia al impacto de la probeta de plástico.**

PARÁMETRO	MASA [[kg]]	DISTANCIA [[mm]]	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
<b>Porcentaje de destrucción</b>	0,008	500	✓					
	0,008	1 000	✓					
	0,008	1 500	✓					
	0,008	2 000	✓					
	0,028	500	✓					
	0,028	1 000	✓					
	0,028	1 500	✓					
	0,028	2 000	✓					
	0,055	500	✓					
	0,055	1 000	✓					



PARÁMETRO	MASA [kg]	DISTANCIA [mm]	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
	0,055	1 500	✓					
	0,055	2 000	✓					

La resistencia al impacto es del 100% en la probeta de plástico, se obtiene una excelente resistencia.

### 3.2.4.3. Pruebas de resistencia al ataque químico

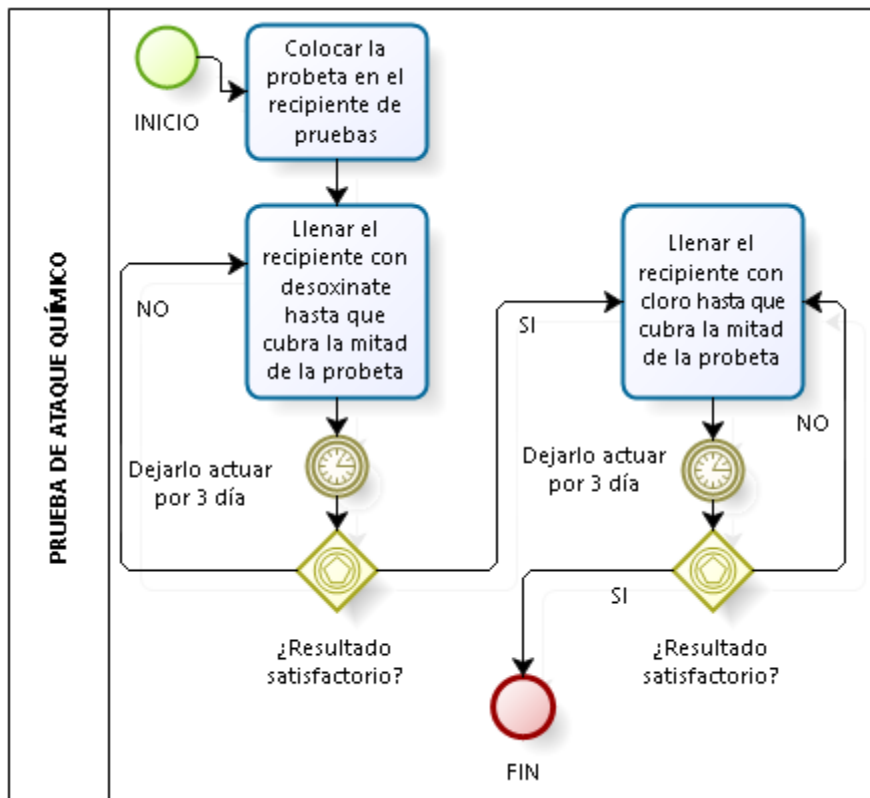
Para la prueba de ataque químico la probeta será sumergida en una sustancia líquida durante un tiempo determinado.

#### 3.2.4.3.1. Aparatos y materiales

- ❖ *Probeta*: es la pieza a trabajada;
- ❖ *Sustancia química*: cloro (hipoclorito de sodio,  $NaOCl$ ) y desoxidante (ácido fosfórico,  $H_3PO_4$ ); y
- ❖ *Recipiente*: contenedor de polietileno de alta densidad (HDPE), los ácidos no lo atacan.

#### 3.2.4.3.2. Procedimiento

Para el procedimiento del test de ataque químico, está sujeto a los pasos que en la *ilustración 3.18* se detallan.



**ILUSTRACIÓN 3. 18.** Proceso de la prueba de ataque químico.

#### 3.2.4.3.3. Desarrollo de la prueba de ataque químico

La prueba de ataque químico utiliza los aparatos y materiales siguientes:

- ❖ *Probeta*: es la pieza trabajada;
- ❖ *Sustancia química*: cloro (hipoclorito de sodio,  $NaOCl$ ) y desoxidante (ácido fosfórico,  $H_3PO_4$ ); y
- ❖ *Recipiente*: contenedor de polietileno de alta densidad (HDPE), los ácidos no lo atacan.

#### 3.2.4.3.4. Prueba de ataque químico probeta de metal

La prueba de ataque químico de la probeta de metal presenta los siguientes resultados, conforme a los siguientes criterios: excelente significa ataque químico del 0%, muy buena es ataque químico menor al 5%, regular ataque químico entre

5% a 15%, mala es ataque químico entre 15% a 35%, pésima es ataque químico entre 35% a 65% y nula es ataque químico de más 65%; los cuales se detallan en la *tabla 3.15*.

**TABLA 3. 15.**  
**Resultados de la prueba de ataque químico a la probeta de metal.**

PARÁMETRO	QUÍMICO	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULA
Porcentaje de destrucción	Cloro		✓				
	Desoxidante	✓					

Al utilizar el químico cloro se observa desprendimiento y pérdida de brillo del recubrimiento, además de oxidación de las partes desnudas del metal. Al aplicar mantener la pieza en desoxidante, se produjo un leve cambio de tonalidad del recubrimiento hacia el azul, pero el recubrimiento se mantiene. Se produce un ataque químico de cloro del 5% por tanto la resistencia es muy buena. Se produce un ataque químico de desoxidante del 0% por tanto la resistencia es excelente.

#### 3.2.4.3.5. Prueba de ataque químico probeta de plástico

La prueba de ataque químico de la probeta de plástico presenta los siguientes resultados, conforme a los siguientes criterios: excelente significa ataque químico del 0%, muy buena es ataque químico menor al 5%, regular ataque químico entre 5% a 15%, mala es ataque químico entre 15% a 35%, pésima es ataque químico entre 35% a 65% y nula es ataque químico de más 65%; los cuales se detallan en la *tabla 3.16*.

**TABLA 3. 16.**  
**resultados de la prueba de ataque químico de la probeta de plástico.**

PARÁMETRO	QUÍMICO	EXCELENTE	MUY BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA	NULLA
Porcentaje de destrucción	Cloro		✓				
	Desoxidante		✓				

Al utilizar el químico cloro se observa desprendimiento del recubrimiento leve y pérdida de brillo del mismo. Al aplicar y mantener la pieza en desoxidante, el recubrimiento sufre cambio leve y se mantiene casi igual que antes de la aplicación del ataque químico con desoxidante. Se produce un ataque químico de cloro del 5% por tanto la resistencia es muy buena. Se produce un ataque químico de desoxidante del 5% por tanto la resistencia es muy buena.

En resumen, el sistema neumático debe trabajar a una presión de 4  $[[bar]]$  y un caudal de líquido de 3  $[[mL]]$  para la pistola doble y 5  $[[mL]]$  para las pistolas simples, en lo que refiere a la capa de pintura tipo cromo; la presión de la capa de pintura de fondo es 3  $[[bar]]$  de presión con un caudal de líquido de 1,25  $[[mL]]$ ; y para el barniz la presión debe ser 2,5  $[[bar]]$  de presión con un caudal de líquido de 0,5  $[[mL]]$  para la capa semihúmeda y 1,25  $[[mL]]$  para la capa seca. La distancia de aplicación para la pintura base debe ser de (150 a 200)  $[[mm]]$ , para el barniz de (200 a 250)  $[[mm]]$ , para el compuesto R de (150 a 200)  $[[mm]]$ , para la pistola doble con los compuesto C+G de (150 a 200)  $[[mm]]$  y para el agua destilada de (200 a 250)  $[[mm]]$ . La pistola doble debe estar calibrada de forma correcta con los mismos parámetros, caso contrario produciría manchas en el acabado. Para garantizar un correcto funcionamiento del sistema neumático cerciorarse del correcto funcionamiento y calibración del compresor y sus conexiones. No montar pesos sobre la estructura tipo caja. Los tanques presurizados no se deben llenar con compuestos ajenos a los que fueron designados, ya que la mezcla de varios compuestos hace que se degraden las sustancias y por ende no se logra el efecto deseado en la pieza. Al finalizar el proceso de cromado, cerrar la válvula de entrada y liberar la presión de aire mediante la pistola de aire, liberar la presión de líquido presionando el pulsador, evitando así la acumulación de químicos en las tuberías;

limpiar bien sistema neumático con agua común y a las pistolas irrigar unas gotas de aceite industrial en sus pulsadores.

La cámara térmica debe trabajar a una temperatura de 50 [°C] para secar las diferentes capas aplicadas. El tiempo de secado para la pintura base debe ser de 2 [h], para el barniz de 6 [h]. Para garantizar un correcto funcionamiento de la cámara térmica cerciorarse de una óptima funcionalidad de la red de energía en sus tomacorrientes. Antes de utilizar la cámara térmica realizar un precalentamiento de 30 [min], para mantener una temperatura constante. No montar pesos sobre la cámara térmica. Al finalizar el proceso de secado limpiar el recinto con thinner. Revisar mensualmente las conexiones eléctricas y los elementos de maniobra para evitar cortocircuitos y circuitos abiertos.

El agua destilada debe tener una conductividad máxima de 5 [ $\mu S/cm$ ], para no generar manchas en el acabado final del cromado.

Las condiciones ambientales deben estar libre de viento y polvo con ventilación suficiente para evitar respirar los diferentes compuestos. La temperatura ambiental debe estar en el rango de (15 a 35) [°C], condiciones inferiores dificulta el trabajo de romper la tensión superficial y superiores evita la impregnación de los diferentes compuestos.

La capa base debe tener dos capas de pintura base y cuatro capas de barniz para un brillo reflectante. En caso de que se genere imperfecciones en la capa de pintura base utilizar lija N° 1 000 y para el barniz utilizar lija N° 2 000 para eliminarlas. Al mezclar la pintura o barniz utilizar envases desechables.

La capa de pintura tipo cromo debe seguirse el orden secuencial presentado, ya alterar este orden significa tener una pieza manchada de color café. Utilizar una balanza de precisión para medir las cantidades correctas de los diferentes compuestos. Al extraer los componentes químicos de sus envases originales utilizar jeringas individuales para cada componente, para evitar mezclar accidentalmente los componentes. Mezclar durante al menos 20 [s] los diferentes compuestos en envases limpios y secos; sólo preparar la cantidad que se va utilizar para cromar, ya que almacenarlos por un tiempo prolongado logra que se degrade la mezcla. Trabajar con los compuestos utilizando la protección recomendada. Si la superficie a cromar tiene huecos, evitar que se empocen los químicos en éstos, ya que esta acción hace que manche a los alrededores de la pieza; para evitar el empozamiento

darle movimiento rotacional a la pieza al momento de cromar. Lavar previo al cromado con agua jabonosa en una concentración de 10% de jabón aniónico; flamear la pieza con llama azul de forma rápida evitando quemar el barniz. Aplicar la misma cantidad de R como C+G a la pieza para un cromado claro, aplicar menor cantidad de C+G que de R para un cromado opaco y evitar a toda costa aplicar menor cantidad de R que de C+G ya que produce una mancha café. Al finalizar el cromado secar totalmente la pieza para evitar el empozamiento de químicos.

La capa protectora debe tener cuatro capas de barniz para salvaguardar la integridad de la capa de pintura tipo cromo. Al aplicar directamente el barniz a la pieza cromada se produce un efecto óptico mediante el cual se observa una pieza dorada, para evitar esto se recomienda mezclar el barniz con el 1% de su peso con tinte violeta de baja intensidad. Para dar color al acabado se debe mezclar el barniz con el 5% de su peso en el tinte del color deseado.

No aplicar una carga mayor a 5  $[[kg]]$ . No adaptar elementos extraños a los del diseño al sistema de cromado.

Tecnológicamente los productos químicos son muy rigurosos en su aplicación mediante manos expertas en los procesos de pintura pulverizada, eso limita la manipulación de esta tecnología por la gente sin experticia en este campo.



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- ❖ La pintura tipo cromo es una composición de tres capas: pintura de fondo, barniz y una reacción química redox de Tollens de un complejo amoniacal de plata, que dan lugar a que una superficie produzca un efecto cromado; requiriendo de un sistema neumático para la aspersión de las sustancias y una cámara térmica para el secado de piezas.
- ❖ La aplicación de la pintura tipo cromo se construyó a partir de un sistema neumático dentro de una estructura portátil con tanques presurizados donde las sustancias químicas fluyen mediante efecto Venturi hacia las pistolas de aspersión trabajando a una presión de (2 a 4)  $[[bar]]$ ; y una cámara térmica de acero inoxidable constituida por dos resistencias térmicas de níquel-cromo activadas a 110  $[[V]]$  de corriente alterna para rangos de temperatura inferiores a los 50  $[[^{\circ}C]]$ .
- ❖ La calidad del acabado superficial de imitación del cromado para una superficie metálica, se determinó en base a cuatro pasos a seguir. Se aplicó cuatro manos de capa protectora lo que resulta en: acabado tipo espejo obteniendo una reflexión del 70%, adherencia de 60% con un 40% de desprendimiento en las pruebas realizadas, resistencia al impacto de 97,5% y una resistencia al ataque químico del 95%.
- ❖ Para una superficie plástica, la calidad del acabado superficial de imitación del cromado se determinó en base a cuatro pasos a seguir. Se aplicó cinco manos de capa protectora lo que resulta en: acabado tipo espejo con una reflexión de 80%, una adherencia y resistencia al impacto del 100%, resistencia al impacto excelente de 100% y una resistencia al ataque químico del 95%.



- ❖ Se obtuvo la metodología con parámetros idóneos como presión, caudal, distancia de aplicación, relación de mezcla de los compuestos y temperatura de trabajo.
- ❖ Se tiene una amplia gama de materiales a cromar (plástico, metal, madera, nylon, cerámica, vidrio, entre otros), a un costo más económico que cualquier cromado tradicional en el mercado, con un acabado aceptable.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

- ❖ Adecuar las instalaciones donde se trabaja en función de una cabina de pintura, seguir el manual de usuario y mantenimiento conjuntamente con las recomendaciones dadas en esta obra para cada etapa del proceso de pintura tipo cromo.
- ❖ Para una imitación al 100% del cromado tipo espejo se recomienda que el operador del sistema posea experiencia de al menos un año en pintado de elementos y habilidades de aplicación en el campo de la pintura automotriz, como requisito.
- ❖ Para mejorar la adherencia del acabado cromado se recomienda utilizar barniz poliuretano de mejor calidad con un grado de adherencia superior, lo cual incrementa los costos, pero el tiempo de vida útil es mayor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acabados*. (S.f. de S.f. de 2008). Recuperado el 28 de abril de 2009, de Acabados:  
[http://docs.google.com/Doc?id=dfschg6c\\_23gnpzfr2c](http://docs.google.com/Doc?id=dfschg6c_23gnpzfr2c)
- Acosta Acosta, R. (S.f). Fundamentos de neumática, sensores y actuadores. En R. Acosta Acosta, *Apuntes asignatura de Mecatrónica*.
- Aldrich, K., & Leggett, R. (S.f.). *eHow en Español*. (A. Pérez, & A. Avale, Editores) Recuperado el 12 de noviembre de 2016, de Comparación entre la laca, el esmalte y el poliuretano:  
[http://www.ehowenespanol.com/comparacion-laca-esmalte-hechos\\_148267/](http://www.ehowenespanol.com/comparacion-laca-esmalte-hechos_148267/)
- Alexander, C. K., & Sadiku, M. O. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (Tercera ed.). (A. V. Bermúdez, & C. C. Pedraza, Trads.) Ciudad de México, México, Estados Unidos Mexicanos: McGraw-Hill. Recuperado el 15 de noviembre de 2016
- Andrada, H. L., Bianchi, B. E., Cemino, F. E., & Perez, D. A. (2007). *Cromado electrolítico*. El Cid Editor. Recuperado el 03 de noviembre de 2016
- Astigarraga Urquiza, J. (1994). *Hornos Industriales de Resistencias*. Madrid, Comunidad de Madrid, España: McGraw-Hill / Interamericana de España.
- Auces, E. A., & Rodríguez, J. A. (2003). Cálculo de las necesidades de energía en un horno de relevo de esfuerzos. *Revista Ciencia e Ingeniería*.
- Avila, O., Connolly, B., Furtado, S. L., & Ebanda. (S.f.). *Cómo destilar agua*. (wikiHow) Recuperado el 25 de noviembre de 2014, de wikiHow: <http://es.wikihow.com/destilar-agua>
- Baglinox. (S.f.). *Angulos de acero AISI 304*. Recuperado el 28 de julio de 2016, de P06 Perfil AISI-304 "L" 30x30x1,5: <http://www.baglinox.com/es/angulos-de-acero-aisi-304/3044-perfil-aisi-304-l-30x30x15-bapvc-long-4-metros.html>
- Blasetti, A. (1997). *Diseño de Hornos*. Recuperado el 20 de diciembre de 2014, de Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Facultad de Ingeniería:  
[www.ing.unp.edu.ar/...2/.../Tema%207-Diseño%20de%20Hornos.pdf](http://www.ing.unp.edu.ar/...2/.../Tema%207-Diseño%20de%20Hornos.pdf)
- Carbonell, J. C. (2010). *Pinturas y recubrimientos: Introducción a su Tecnología*. Ediciones Díaz de Santos. Recuperado el 12 de noviembre de 2016
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica* (Sexta ed.). Madrid, Comunidad de Madrid, España: McGraw-Hill.
- Chang, R., & College, W. (2002). *Química* (Séptima ed.). (M. R. Medeles, & R. Z. Herranz, Trads.) Ciudad de México, México, Estados Unidos Mexicanos: McGraw-Hill.
- CONELEC. (2014). *Servicio eléctrico, año 2014*. Recuperado el 15 de diciembre de 2014, de CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad):  
<http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=10297&l=1>

- Diccionario de la lengua española. (2005). *Gradiente*. (E. Espasa-Calpe, Editor, E. Espasa-Calpe, Productor, & Editorial Espasa-Calpe) Recuperado el 05 de febrero de 2015, de WordReference.com: <http://www.wordreference.com/definicion/gradiente>
- Diccionario de la lengua española. (2005). *Poliestireno*. (Espasa-Calpe, Editor, Espasa-Calpe, Productor, & Espasa-Calpe) Recuperado el 01 de julio de 2015, de WordReference.com: <http://www.wordreference.com/definicion/poliestireno>
- Diccionario de la lengua española. (2005). *Sumidero*. (Editorial Espasa-Calpe, Editor, Editorial Espasa-Calpe, Productor, & Editorial Espasa-Calpe) Recuperado el 01 de enero de 2015, de WordReference.com: <http://www.wordreference.com/definicion/sumidero>
- Diccionario de la lengua española. Espasa-Calpe. (S.f. de S.f. de 2005). *WordReference*. Recuperado el 23 de enero de 2017, de Barniz: <http://www.wordreference.com/definicion/barniz>
- Diccionario Enciclopédico Vox 1. (2009). *Abrasión*. (Larousse Editorial, S.L., Editor, Larousse Editorial, S.L., Productor, & Larousse Editorial, S.L.) Recuperado el 01 de enero de 2015, de The Free Dictionary by Farlex: <http://es.thefreedictionary.com/abراسi%C3%B3n>
- Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. (2007). *Fieltro*. (S. Larousse Editorial, Editor, S. Larousse Editorial, Productor, & Larousse Editorial, S.L.) Recuperado el 01 de julio de 2015, de The Free Dictionary By Farlex: <http://es.thefreedictionary.com/fieltro>
- Ehow Contributor. (2015). *eHow en Español*. (M. Di Primio, Editor) Recuperado el 16 de noviembre de 2016, de Cómo escoger el grano de lija correcto: [http://www.ehowenespanol.com/escoger-grano-lija-correcto-como\\_485715/](http://www.ehowenespanol.com/escoger-grano-lija-correcto-como_485715/)
- Ferrer Giménez, C., & Amigó Borrás, V. (2003). *Tecnología de materiales*. Valencia, Comunidad Valenciana, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- FESTO. (septiembre de 2016). *Catalogo de productos festo*. Recuperado el 18 de noviembre de 2016, de Tubos de material sintético, calibración del diámetro exterior: [https://www.festo.com/cat/en-gb\\_gb/data/doc\\_ES/PDF/ES/OD-TUBING\\_ES.PDF](https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/OD-TUBING_ES.PDF)
- FESTO. (S.f.). FESTO FluidSIM 3.6.
- Fuentes Arderiu, X., Castiñeiras Lacambra, M. J., & Queraltó Compañó, J. M. (1998). *Bioquímica clínica y patología molecular* (Segunda ed., Vol. I). Barcelona, Cataluña, España: Reverté, S.A.
- Giles, R. V., Evett, J. B., & Liu, C. (1994). *Mecánica de los fluidos e hidráulica* (Tercera ed.). (J. Moneva Moneva, Trad.) Madrid, Comunidad de Madrid, España: McGraw-Hill.
- Henkel Ibérica, S.A. (2016). *Loctite teroson*. Recuperado el 19 de abril de 2016, de ¿Qué tipo de pistola de pintura debo utilizar en cada caso?: <http://blog.reparacion-vehiculos.es/que-tipo-de-pistola-de-pintura-debo-utilizar-para-cada-caso>
- Heras Jiménez, S. D. (2003). *Instalaciones neumáticas*. Madrid, Comunidad de Madrid, España: UOC.
- Industrial Santa Clara. (S.f.). *Agua clara destilada multiusos*. Departamento de petróleos, energía y contaminación.

- Infoagro Systems, S.L. (S.f.). *Conductividad Eléctrica*. (S. Infoagro Systems, Editor, S. Infoagro Systems, Productor, & Infoagro Systems, S.L.) Recuperado el 01 de diciembre de 2015, de infoAgro.com:  
[http://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/doc\\_conductividad\\_electrica.asp?k=53](http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53)
- Ingersoll Rand. (S.f.). *Curos básico de diseño de instalaciones mineras* (Vol. I).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja & Instituto de la Construcción de Castilla y León. (2007). *Materiales*. (Softeca, S.L.) Recuperado el 26 de marzo de 2015, de CTE WEB: <http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=16>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (08 de julio de 1981). *NTE INEN 997*. Recuperado el 23 de diciembre de 2015, de Pintura y productos afines. Definiciones:  
<http://apps.inen.gob.ec/descarga/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1981). *Pintura y productos afines. Determinación del impacto directo e inverso. NTE INEN 1005*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1987). *Muebles de oficina. Escritorios y mesas. NTE INEN 1641*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1995). *Pintra y productos afines. Determinación de adherencia mediante prueba de la cinta. NTE INEN 1006*. Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Norma NTE INEN-ISO 3696. Agua para uso en análisis de laboratorio - Especificación y métodos de ensayo*. INEN, Quito. Recuperado el 14 de noviembre de 2016
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. (febrero de 2007). *Guía técnica. Diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos*. Recuperado el 29 de mayo de 2015, de IDAE:  
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10540\\_Disenoycalculosaislamiento\\_AISLAM\\_GT3\\_07\\_01ee3c15.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Disenoycalculosaislamiento_AISLAM_GT3_07_01ee3c15.pdf).
- Instituto Valenciano de la Edificación. (Octubre de 2011). *Productos y materiales. Propiedades de aislantes térmicos para la rehabilitación energética*. Recuperado el 28 de enero de 2015, de Instituto Valenciano de la Edificación: [www.five.es/descargas/archivos/P1\\_portada.pdf](http://www.five.es/descargas/archivos/P1_portada.pdf)
- International Copper Association (ICA); European Copper Institute (ECI). (S.f.). *Tubos y accesorios características*. Recuperado el 19 de diciembre de 2014, de El Cobre:  
[http://www.elcobre.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=67&Itemid=81](http://www.elcobre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=81)
- La página de Bedri. (S.f.). *Licores caseros. El alambique*. (La Página de Bedri) Recuperado el 19 de diciembre de 2014, de La Página de Bedri:  
[http://www.bedri.es/Comer\\_y\\_bebier/Licores\\_caseros/El\\_alambique.htm](http://www.bedri.es/Comer_y_bebier/Licores_caseros/El_alambique.htm)
- Malvino, A. P. (2000). *Principios de Electrónica*. Mc Graw Hil.
- Mapfre. (S.f.). *Pintado de plásticos*. Recuperado el 08 de diciembre de 2014, de mapfre.com:  
[http://www.mapfre.es/ccm/content/documentos/cesvimap/ficheros/Pintado\\_plasticos\\_cap\\_3.pdf](http://www.mapfre.es/ccm/content/documentos/cesvimap/ficheros/Pintado_plasticos_cap_3.pdf).

- McCormac, J. C., Csernak, S. F., & Díaz, L. L. (2012). *Diseño de estructuras de acero* (Quinta ed.). Ciudad de México, México, Estados Unidos Mexicanos: Alfaomega Grupo Editor. Recuperado el 20 de noviembre de 2016
- Metring C.A. (S.f.). *Hoja de información técnica*. Recuperado el 03 de enero de 2017, de Emisividad: [http://www.metring.com/notes/HI-10-70-MT2009%20\(1\).pdf](http://www.metring.com/notes/HI-10-70-MT2009%20(1).pdf)
- Montes Pita, M. J., Muñoz Domínguez, M., & Rovira de Antonio, A. (2014). *Ingeniería térmica*. Madrid, Comunidad de Madrid, España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Mott, R. L., Saldaña Sánchez, S., Hernández Fernández, Á., & Villanueva Sánchez, J. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). Ciudad de México, México, D.F., México: Pearson Educación.
- Mott, R. L., Saldaña Sánchez, S., Hernández Fernández, Á., & Villanueva Sánchez, J. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). Ciudad de México, México, Estados Unidos Mexicanos: Pearson Educación. Recuperado el 20 de noviembre de 2016
- Pintulac. (S.f.). *Maquinaria y Herramientas: Pistolas para Pintar*. (Pintulac, Editor, Pintulac, Productor, & Pintulac) Recuperado el 01 de julio de 2015, de Pintulac el color de tus ideas: <http://pintulac.com.ec/productos.php?id=7&categ=7&subcateg=22&idiom=1>
- Pinturas Unidas S.A. (S.f. de S.f. de 2016). *Pinturas Unidas*. Recuperado el 23 de enero de 2017, de Barniz Poliuretano BI Componente H. S.: <http://www.pinturasunidas.com/descargas.html>
- Pinturas Unidas S.A. (S.f. de S.f. de 2016). *Pinturas Unidas*. Recuperado el 23 de enero de 2017, de Primario de relleno Unithane. Primer Titanium: <http://www.pinturasunidas.com/descargas.html>
- Porto, J. P. (2015). *Definicion.DE*. Recuperado el 08 de noviembre de 2016, de Definición de aldehídos: <http://definicion.de/aldehidos/>
- Porto, J. P., & M. M. (2013). *Definición.DE*. Recuperado el 08 de noviembre de 2016, de Definición de reacciones redox: <http://definicion.de/reacciones-redox/>
- Racing Colors, s.l. (12 de noviembre de 2012). *Cromado puro. Sistema de pintado para cromar cualquier material*. (Racing Colors) Recuperado el 15 de julio de 2014, de Racing Colors: <http://www.racingcolors.com/maquina-de-cromado.html>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario*. Recuperado el 15 de noviembre de 2016, de Ion: <http://dle.rae.es/?id=M5AvMlv>
- Roldán Vilorio, J. (1991). *Neumática, hidráulica y electricidad aplicada: física aplicada. Otros fluidos*. Thomson - Paraninfo.
- Ruedas Alex. (S.f.). *Catalogo rudas Alex*. Recuperado el 28 de noviembre de 2016, de Catalogo rudas Alex: [http://baselgalizaga.com/img/cms/documentos/catalogo/alex/catalogo\\_ruedas\\_alex.pdf](http://baselgalizaga.com/img/cms/documentos/catalogo/alex/catalogo_ruedas_alex.pdf)
- Sapiensman. (S.f.). *Producción del aire comprimido*. Recuperado el 01 de julio de 2015, de sapiensman.com: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm>

- Schey, J. A. (2002). *Procesos de manufactura* (Tercera ed.). (J. L. Cárdenas, Trad.) Ciudad de México, México, Estados Unidos Mexicanos: Mc Graw Hill. Recuperado el 30 de octubre de 2016
- SCHULZ. (S.f.). *SCHULZ Compresores - MSV 40 MAX/350*. Recuperado el 10 de junio de 2016, de SCHULZ Compresores - MSV 40 MAX/350: [www.unitech.com.ec/modelos/2008-11-251227632141MSV40MAX-350.pdf](http://www.unitech.com.ec/modelos/2008-11-251227632141MSV40MAX-350.pdf)
- Sepúlveda, E. M. (2012). *Ley de elasticidad de Hooke*. Recuperado el 31 de octubre de 2014, de Física en línea: <https://sites.google.com/site/timesolar/fuerza/ley-de-hooke>
- Singer, B. J., Peters, J., Lee, C. (Productores), Singer, B., Harris, D., Dougherty, M. (Escritores), & Singer, B. (Dirección). (2006). *Superman Returns* [Película]. Estados Unidos: Warner Bros. Recuperado el 28 de junio de 2016
- Splendor Industrias Cía. Ltda. (24 de marzo de 2015). *Pintura Cromada Splendor*. (F. Bernal T., Editor, F. Bernal T., Productor, & Splendor Industrias Cía. Ltda.) Recuperado el junio de 2015, de [www.pintura-cromada.com](http://www.pintura-cromada.com): <http://www.pintura-cromada.com>
- Tippens, P. E. (2011). *Física. Conceptos y aplicaciones*. (Séptima ed.). Ciudad de México, México, D.F., México: Mc Graw Hill.
- Tollens, B. G. (1888). *Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate* (Primera ed.). Breslavia, Baja Silesia, Polonia. Recuperado el 21 de enero de 2017
- Torres, D. B. (2014). *Pintura Cromada Splendor*. Recuperado el 25 de septiembre de 2014, de Pintura Cromada Splendor: <http://pintura-cromada.com/>
- Torres, D. B. (2015). *Artículo técnico de agua desionizada*. Informe técnico, Cuenca. Recuperado el 14 de noviembre de 2016
- UMCO S.A. (S.f.). *Manual de Instrucciones*. UMCO. Obtenido de [www.umcoecuador.com](http://www.umcoecuador.com)
- Universidad de Alcalá de Henares. (2015). *Biomodel*. Recuperado el 29 de noviembre de 2016, de ¿Qué es un surfactante o tensioactivo aniónico?: <https://curiosoando.com/surfactante-o-tensioactivo-anionico>
- VictermoFitex. (S.f.). *Tabla comparativa de los aislamientos más comunes para la construcción*. Recuperado el 01 de junio de 2015, de [termofitex.com](http://www.termofitex.com): [http://www.termofitex.com/aillament\\_de\\_llana/b\\_productes/comparativa%20aillaments%20ecologics.html](http://www.termofitex.com/aillament_de_llana/b_productes/comparativa%20aillaments%20ecologics.html)
- Wolfe, D. H. (1996). *Química general, orgánica y biológica* (Segunda ed.). (M. H. Mondragón, Trad.) Ciudad de México, México, Estados Unidos Mexicanos: Mc Graw Hill. Recuperado el 02 de noviembre de 2016
- Yuyao Gongyi Meter Co., Ltd. (17 de noviembre de 2015). *XMTG Temperature Controller*. Recuperado el 15 de diciembre de 2015, de [Made-in-China.com](http://es.made-in-china.com/co_yuyaogongyi/product_Digital-Time-Proportion-Adjustment-Temperature-Controller-XMTG-2301-2-_hruhoiogg.html): [http://es.made-in-china.com/co\\_yuyaogongyi/product\\_Digital-Time-Proportion-Adjustment-Temperature-Controller-XMTG-2301-2-\\_hruhoiogg.html](http://es.made-in-china.com/co_yuyaogongyi/product_Digital-Time-Proportion-Adjustment-Temperature-Controller-XMTG-2301-2-_hruhoiogg.html)
- Zhejiang CHINT Electric Co.,Ltd. (2010). Contactores, Relés, Arrancadores. *CHINT Electric*, 122. Obtenido de CHINT.



# ANEXOS

**E**n este apartado se incluyen material, que no siendo parte integral del trabajo de grado, constituye un apoyo al contenido principal del mismo.





# **ANEXO A.**

## **HOJAS TÉCNICAS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS**

Las sustancias químicas, utilizadas en el proceso de imitación del cromado, que se muestran a continuación son:

- A.1. COMPONENTE C1 Y C2**
- A.2. COMPONENTE G1 Y G2**
- A.3. COMPONENTE R**

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página : 1 / 2

Edición revisada : 1

Fecha revisión : 25 / 2 / 2008

Reemplaza : 0 / 0 / 0

## Componente C1 y C2

## C1 y C2

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

<b>Identificación de riesgos</b>	: Irrita los ojos y la piel.
<b>Primeras vías de exposición</b>	: Contacto con los ojos. Contacto con la piel.
<b>Síntomas relacionados con la exposición</b>	
- <b>Contacto con la piel</b>	: Enrojecimiento, dolor.
- <b>Contacto con los ojos</b>	: Enrojecimiento, dolor. Vista borrosa. Lágrimas.

### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

**Componentes** : El producto contiene componentes peligrosos.

Nombre del componente	Contenido	N° CAS	N° EC	N° indice	Clasificación
Nitrato de Cromo	< 0.01 %	7778-50-9	231-906-6	024-002-00-6	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60 Repr. Cat. 2; R61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53 C; R35
Hidróxido de sodio	> 1 %	1310-73-2	215-185-5	011-002-00-6	C; R35

### 3. PRIMEROS AUXILIOS

<b>Primeros auxilios</b>	
<b>Prevención</b>	: En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, mostrar este documento).
- <b>Inhalación</b>	: Sacar la víctima al aire libre. Asegúrese de que respira aire puro. En caso de malestar, acúdase al médico.
- <b>Contacto con la piel</b>	: ACTUAR CON RAPIDEZ. Despójese de la ropa afectada y lave toda la zona de piel expuesta al producto con jabón suave y agua; a continuación, enjuague con agua caliente. Consiga atención médica si persiste el dolor o la irritación.
- <b>Contacto con los ojos</b>	: ACTUAR CON RAPIDEZ. En caso de contacto con los ojos, enjuáguelos inmediatamente con agua limpia durante 10-15 minutos. Consulte al oftalmólogo si persiste el dolor, el parpadeo, el lagrimeo o la irritación.
- <b>Ingestión</b>	: No administrar nada por vía oral a una persona en estado inconsciente. Lavar la boca. En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.
<b>Nota para el médico</b>	: Trátese sintomáticamente.


### 4. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

<b>Medios de extinción de incendios</b>	: Agua atomizada. Espuma. Polvo seco. Dióxido de carbono. Arena. No utilizar agua a chorro.
<b>Fuegos vecinos</b>	: Utilice agua atomizada o nebulizada para enfriar los envases expuestos al fuego.
<b>Protección en caso de incendio</b>	: No entre en la zona del incendio sin el equipo protector adecuado, incluyendo protección respiratoria. Tomar las precauciones habituales en caso de incendio químico.
<b>Procedimientos especiales</b>	: Evite que el agua (sobrante) de extinción del fuego afecte el entorno.

### 5. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

<b>Precauciones personales</b>	: Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Equipe al personal de limpieza con los medios de protección adecuados.
<b>Precauciones para la protección del medio ambiente</b>	: Evite que penetre en el alcantarillado y las conducciones de agua. Si el producto alcanza los desagües o las conducciones públicas de agua, notifíquelo a las autoridades.
<b>Métodos de limpieza</b>	: Ventilar la zona. Absorber los vertidos con sólidos inertes, tales como arcilla o tierra de diatomeas tan pronto como sea posible. Recoger y depositar los derrames en contenedores apropiados. Recuperar o reciclar siempre que sea posible. Eliminación del vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.

### 6. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

<b>General</b>	: Utilícese exclusivamente en zonas bien ventiladas.
<b>Precauciones de manipulación y almacenamiento</b>	
<b>Protección personal</b>	: Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Póngase el equipo de protección recomendado.
<b>Medidas de protección técnicas</b>	: Procure una buena ventilación de la zona de procesamiento para evitar la formación de vapor.
<b>Almacenamiento</b>	: Conservar únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado. Mantenga el envase cerrado cuando no lo esté usando.
<b>Manipulación</b>	: Manténgase lejos de los alimentos, bebidas y piensos. Lavarse las manos y otras áreas expuestas con un jabón suave y agua antes de comer, beber, fumar y abandonar el trabajo. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página : 2 / 2

Edición revisada : 1

Fecha revisión : 25 / 2 / 2008

Reemplaza : 0 / 0 / 0

## Componente C1 y C2

C1 y C2

### 7. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

#### Protección personal



#### - Protección de las vías respiratorias

: Evitar la exposición innecesaria.  
: No se precisa una protección especial cuando se mantiene la ventilación adecuada. Donde pueda producirse excesivo vapor, utilice una máscara homologada.

#### - Protección de las manos

: Guantes.

#### - Protección para la piel

: Cuando sea previsible el contacto con la piel o la contaminación de la ropa debe utilizarse un equipo protector.

#### - Protección para los ojos

: Gafas químicas o gafas de seguridad.

#### -Ingestión

: No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.

#### Medidas de protección técnicas

: Disponga ventilación local o general de la sala.

#### Límite de exposición laboral

: Hidróxido de sodio: VLA-EC [mg/m<sup>3</sup>]: 2

Nitrato de cromo: VLA-ED [mg/irP]: 0.05

### 8. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

#### Estado físico

: Líquido.

#### Olor

: Inodoro.

#### Solubilidad en agua

: Soluble en agua.

#### Solubilidad en

: Metanol. : Soluble

### 9. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

#### Estabilidad y reactividad

: Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

#### Productos de descomposición peligrosos

: Cuando se calienta, el producto puede emitir humos irritantes.

### 10. INFORMACION TOXICOLÓGICA

#### Información sobre toxicidad

: Este producto no ha sido ensayado. La evaluación de los peligros se ha realizado en base a las propiedades de sus componentes.

#### Valoración de la seguridad para la salud

: Irrita los ojos. Irrita la piel.

### 11. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

#### Información sobre efectos ecológicos

: Este producto no ha sido ensayado. La evaluación de los peligros se ha realizado en base a las propiedades de sus componentes. No se conocen daños ecológicos causados por este producto.

### 12. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

#### General

: Evitar su liberación al medioambiente.

#### Envases contaminados

Eliminación del vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.

: Los envases que no pueden ser limpiados deben ser eliminados como la sustancia.

### 13. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

#### Información general

: El producto no se considera mercancía peligrosa para el transporte.

### 14. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

#### Etiquetado UE

#### - Símbolos



#### - Símbolos

: Xi: Irritante

#### - Frases R

: R36/38: Irrita los ojos y la piel.

#### - Frases S

: S23: No respirar los gases, humos, vapores, aerosoles.

S24/25: Evítese el contacto con los ojos y la piel.

S36/37: Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados.

S38: En caso de ventilación insuficiente, úsense equipo respiratorio adecuado.

### 15. OTRA INFORMACIÓN

#### Información adicional

: Ninguno/a.

El contenido y el formato de la Ficha de Seguridad es conforme a la directiva REACH (CE) N° 1907/2006 y con el acuerdo de la organización de las Naciones Unidas ADR 2007 ECE/TRANS/185.

RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD La información en esta Ficha de Seguridad fue obtenida de fuentes que creemos son fidedignas. Sin embargo, la información se proporciona sin ninguna garantía, expresa o implícita en cuanto a su exactitud. Las condiciones o métodos de manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto están más allá de nuestro control y posiblemente también más allá de nuestro conocimiento. Por esta y otras razones, no asumimos ninguna responsabilidad y descartamos cualquier responsabilidad por pérdida, daño o gastos ocasionados por o de cualquier manera relacionados con el manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto. Esta Ficha de Seguridad fue preparada y debe ser usada sólo para este producto. Si el producto es usado como un componente de otro producto, es posible que esta información no sea aplicable.

Fin del documento

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página : 1 / 2

Edición revisada : 1

Fecha revisión : 25 / 2 / 2008

Reemplaza : 0 / 0 / 0

## Componente G1 y G2

## G1 y G2

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

**Identificación de riesgos**

**Primeras vías de exposición**  
**Síntomas relacionados con la exposición**  
 - Contacto con la piel

: Posibles efectos cancerígenos – Pruebas insuficientes. – Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.  
 : Contacto con la piel.

: La exposición repetida puede provocar sensibilización: una respuesta alérgica de la piel. Enrojecimiento, dolor.

### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

**Componentes**

: El producto contiene componentes peligrosos.

Nombre del componente	Contenido	N° CAS	N° EC	N° índice	Clasificación
Formaldehído	Entre 0.1 y 1 %	50-00-0	200-001-8	605-001-00-5	Carc. Cat. 3; R40 T; R23/24/25 C; R34 R43

### 3. PRIMEROS AUXILIOS

**Primeros auxilios**
**Prevención**
**- Inhalación**
**- Contacto con la piel**
**- Contacto con los ojos**
**- Ingestión**
**Nota para el médico**

: En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, mostrar este documento).  
 : Sacar la víctima al aire libre. Asegúrese de que respira aire puro. En caso de malestar, acúdase al médico.  
 : ACTUAR CON RAPIDEZ. Despójese de la ropa afectada y lave toda la zona de piel expuesta al producto con jabón suave y agua; a continuación, enjuague con agua caliente. Consiga atención médica si persiste el dolor o la irritación.  
 : Enjuague inmediatamente con abundante agua. Consulte al oftalmólogo si persiste el dolor, el parpadeo, el lagrimeo o la irritación.  
 : No administrar nada por vía oral a una persona en estado inconsciente. Lavar la boca. En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).  
 : Trátese sintomáticamente.

### 4. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

**Medios de extinción de incendios**
**Fuegos vecinos**
**Protección en caso de incendio**
**Procedimientos especiales**

: Agua atomizada. Espuma. Polvo seco. Dióxido de carbono. Arena. No utilizar agua a chorro.  
 : Utilice agua atomizada o nebulizada para enfriar los envases expuestos al fuego.  
 : No entre en la zona del incendio sin el equipo protector adecuado, incluyendo protección respiratoria. Tomar las precauciones habituales en caso de incendio químico.  
 : Evite que el agua (sobrante) de extinción del fuego afecte el entorno.

### 5. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

**Precauciones personales**
**Precauciones para la protección del medio ambiente**
**Métodos de limpieza**

: Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Equipe al personal de limpieza con los medios de protección adecuados.  
 : Evite que penetre en el alcantarillado y las conducciones de agua. Si el producto alcanza los desagües o las conducciones públicas de agua, notifíquelo a las autoridades.  
 : Ventilar la zona. Absorber los vertidos con sólidos inertes, tales como arcilla o tierra de diatomeas tan pronto como sea posible. Recoger y depositar los derrames en contenedores apropiados. Recuperar o reciclar siempre que sea posible. Eliminación del vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.

### 6. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

**Precauciones de manipulación y almacenamiento**
**Protección personal**
**Medidas de protección técnicas**
**Almacenamiento**
**Manipulación**


: Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Póngase el equipo de protección recomendado.  
 : Procure una buena ventilación de la zona de procesamiento para evitar la formación de vapor.  
 : Conservar únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado. Mantenga el envase cerrado cuando no lo esté usando.  
 : Manténgase lejos de los alimentos, bebidas y piensos. Lavarse las manos y otras áreas expuestas con un jabón suave y agua antes de comer, beber, fumar y abandonar el trabajo. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página : 2 / 2

Edición revisada : 1

Fecha revisión : 25 / 2 / 2008

Reemplaza : 0 / 0 / 0

## Componente G1 y G2

G1 y G2

### 7. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

#### Protección personal



#### - Protección de las vías respiratorias

: Evitar la exposición innecesaria.  
: No se precisa una protección especial cuando se mantiene la ventilación adecuada. Donde pueda producirse excesivo vapor, utilice una máscara homologada.

#### - Protección de las manos

: Guantes.

#### - Protección para la piel

: Cuando sea previsible el contacto con la piel o la contaminación de la ropa debe utilizarse un equipo protector.

#### - Protección para los ojos

: Gafas químicas o gafas de seguridad.

#### -Ingestión

: No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.

#### Límite de exposición laboral

: Formaldehído: VLA-EC [ppm]: 0.3

Formaldehído: VLA-ED [mg/m<sup>3</sup>]: 0.37

### 8. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

#### Estado físico

: Líquido.

#### Color

: Incoloro.

#### Olor

: Característico.

#### Solubilidad en agua

: Soluble en agua.

#### Solubilidad en

: Metanol. : Soluble

### 9. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

#### Estabilidad y reactividad

: Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

### 10. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

#### Información sobre toxicidad

: Este producto no ha sido ensayado. La evaluación de los peligros se ha realizado en base a las propiedades de sus componentes.

#### Sensibilización

: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

#### Carcinogénesis

: Tercera categoría: Sustancias cuyos posibles efectos carcinogénicos en el hombre son preocupantes, pero de las que no se dispone de información suficiente para realizar una evaluación satisfactoria.

### 11. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

#### Información sobre efectos ecológicos

: Este producto no ha sido ensayado. La evaluación de los peligros se ha realizado en base a las propiedades de sus componentes. No se conocen daños ecológicos causados por este producto.

### 12. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

#### General

: Evitar su liberación al medioambiente.

#### Envases contaminados

Eliminación del vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.

: Los envases que no pueden ser limpiados deben ser eliminados como la sustancia.

### 13. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

#### Información general

: El producto no se considera mercancía peligrosa para el transporte.

### 14. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

#### Etiquetado UE

#### - Símbolos



#### - Símbolos

: Xn: Nocivo

#### - Frases R

: R40: Posibles efectos cancerígenos – Pruebas insuficientes.

: R43: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

#### - Frases S

: S23: No respirar los gases, humos, vapores, aerosoles.

S24: Evítese el contacto con la piel.

S35: Elimínese los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.

S37: Úsense guantes adecuados.

S38: En caso de ventilación insuficiente, úsense equipo respiratorio adecuado.

### 15. OTRA INFORMACIÓN

#### Información adicional

: Ninguno/a.

El contenido y el formato de la Ficha de Seguridad es conforme a la directiva REACH (CE) N° 1907/2006 y con el acuerdo de la organización de las Naciones Unidas ADR 2007 ECE/TRANS/185.

**RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD** La información en esta Ficha de Seguridad fue obtenida de fuentes que creemos son fidedignas. Sin embargo, la información se proporciona sin ninguna garantía, expresa o implícita en cuanto a su exactitud. Las condiciones o métodos de manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto están más allá de nuestro control y posiblemente también más allá de nuestro conocimiento. Por esta y otras razones, no asumimos ninguna responsabilidad y descartamos cualquier responsabilidad por pérdida, daño o gastos ocasionados por o de cualquier manera relacionados con el manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto. Esta Ficha de Seguridad fue preparada y debe ser usada sólo para este producto. Si el producto es usado como un componente de otro producto, es posible que esta información no sea aplicable.

Fin del documento

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página : 1 / 3

Edición revisada : 1

Fecha revisión : 25 / 2 / 2008

Reemplaza : 0 / 0 / 0

## Componente R

## R

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

<b>Identificación de riesgos</b> <b>Primeras vías de exposición</b> <b>Síntomas relacionados con la exposición</b> - Inhalación  - Contacto con la piel - Contacto con los ojos - Ingestión	: Nocivo por ingestión. – Irritación los ojos, la piel y las vías respiratorias. : Inhalación. Contacto con los ojos. Contacto con la piel. Ingestión.  : Puede provocar irritación en el tracto respiratorio y en otras membranas mucosas. Dolor de garganta. Tos. : Enrojecimiento, dolor. : Enrojecimiento, dolor. Vista borrosa. Lágrimas. : La ingestión de este producto producir un riesgo para la salud. Dolores abdominales, náuseas. No debe estar en contacto con alimentos o ser consumido.
--	---

### 2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

<b>Componentes</b>		: El producto contiene componentes peligrosos.			
Nombre del componente	Contenido	N° CAS	N° EC	N° indice	Clasificación
Cloruro de estaño (II) dihidrato	Entre 10 y 30 %	10025-69-1	-----	-----	Xn; R22 Xi; R36/37/38
Etilenglicol	Entre 5 y 10 %	7647-01-0	231-595-7	017-002-01-X	C; R34 Xi; R37

### 3. PRIMEROS AUXILIOS

<b>Primeros auxilios</b> <b>Prevención</b> - Inhalación  - Contacto con la piel  - Contacto con los ojos  - Ingestión  <b>Nota para el médico</b>	: En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, mostrar este documento). : ACTUAR CON RAPIDEZ. Sacar la víctima al aire libre. Asegúrese de que respira aire puro. En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta). : ACTUAR CON RAPIDEZ. Despójese de la ropa afectada y lave toda la zona de piel expuesta al producto con jabón suave y agua; a continuación, enjuague con agua caliente. Consiga atención médica si persiste el dolor o la irritación. : ACTUAR CON RAPIDEZ. Enjuague inmediatamente con agua. Tratar de lavar bien los ojos separando los párpados con los dedos. Consulte al oftalmólogo si persiste el dolor, el parpadeo, el lagrimeo o la irritación. : ACTUAR CON RAPIDEZ. No administrar nada por vía oral a una persona en estado inconsciente. Lavar la boca con agua (solamente si la persona está consciente). En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase. : Trátese sintomáticamente.
---	---


### 4. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

<b>Medios de extinción de incendios</b> <b>Fuegos vecinos</b> <b>Protección en caso de incendio</b>  <b>Procedimientos especiales</b>	: Agua atomizada. Espuma. Polvo seco. Dióxido de carbono. Arena. No utilizar agua a chorro. : Utilice agua atomizada o nebulizada para enfriar los envases expuestos al fuego. : No entre en la zona del incendio sin el equipo protector adecuado, incluyendo protección respiratoria. Tomar las precauciones habituales en caso de incendio químico. : Evite que el agua (sobrante) de extinción del fuego afecte el entorno.
---	--

### 5. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

<b>Precauciones personales</b>  <b>Precauciones para la protección del medio ambiente</b>  <b>Métodos de limpieza</b>	: Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Equipe al personal de limpieza con los medios de protección adecuados. : Evite que penetre en el alcantarillado y las conducciones de agua. Si el producto alcanza los desagües o las conducciones públicas de agua, notifíquelo a las autoridades. : Ventilar la zona. Absorber los vertidos con sólidos inertes, tales como arcilla o tierra de diatomeas tan pronto como sea posible. Recoger y depositar los derrames en contenedores apropiados. Recuperar o reciclar siempre que sea posible. Eliminación del vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.
---	--

### 6. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

<b>Precauciones de manipulación y almacenamiento</b>  <b>Protección personal</b>  <b>Medidas de protección técnicas</b>  <b>Almacenamiento</b>  <b>Manipulación</b>	<div style="text-align: center;">  </div> : Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Póngase el equipo de protección recomendado. : Procure una buena ventilación de la zona de procesamiento para evitar la formación de vapor. : Conservar únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado. Mantenga el envase cerrado cuando no lo esté usando. : Manténgase lejos de los alimentos, bebidas y piensos. Lavarse las manos y otras áreas expuestas con un jabón suave y agua antes de comer, beber, fumar y abandonar el trabajo. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.
---	--

# FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página : 2 / 3

Edición revisada : 1

Fecha revisión : 25 / 2 / 2008

Reemplaza : 0 / 0 / 0

## Componente R

R

### 7. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

#### Protección personal

#### - Protección de las vías respiratorias

#### - Protección de las manos

#### - Protección para la piel

#### - Protección para los ojos

#### -Ingestión

#### Medidas de protección técnicas

#### Límite de exposición laboral



: Evitar la exposición innecesaria.  
 : En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado. En recintos cerrados independientes del aire circulante, usar un equipo de respiración autónomo de circuito abierto.  
 : Guantes.  
 : Cuando sea previsible el contacto con la piel o la contaminación de la ropa debe utilizarse un equipo protector.  
 : Gafas químicas o gafas de seguridad.  
 : No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.  
 : Disponga ventilación local o general de la sala.  
 : Cloruro de estaño (II) dihidratado: VLA-ED [ppm]: 5  
 Cloruro de estaño (II) dihidratado: VLA-ED [mg/m<sup>3</sup>]: 7.6  
 Etilenglicol: VLA-ED [ppm]: 10  
 Etilenglicol: VLA-ED [mg/m<sup>3</sup>]: 15

### 8. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

#### Estado físico a 20°C

#### Olor

: Líquido.  
 : Característico.

### 9. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

#### Estabilidad y reactividad

#### Productos de descomposición peligrosos

: Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.  
 : Cuando se calienta, el producto puede emitir humos irritantes. Calentando hasta el punto de descomposición, libera humos nocivos.

### 10. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

#### Información sobre toxicidad

#### Toxicidad aguda

#### Valoración de la seguridad para la salud

: Este producto no ha sido ensayado. La evaluación de los peligros se ha realizado en base a las propiedades de sus componentes.  
 : Nocivo por ingestión.  
 : Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

### 11. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

#### Información sobre efectos ecológicos

: Este producto no ha sido ensayado. La evaluación de los peligros se ha realizado en base a las propiedades de sus componentes. No se conocen daños ecológicos causados por este producto.

### 12. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

#### General

#### Envases contaminados

: Evitar su liberación al medioambiente.  
 Eliminación del vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.  
 : Los envases que no pueden ser limpiados deben ser eliminados como la sustancia.

### 13. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

#### - Denominación para el transporte

: LIQUIDO CORROSIVO. TÓXICO. N.E.P. (Cloruro de estaño (II) dihidrato, Etilenglicol)

#### - Nº ONU

: 2922

#### - Nº Riesgo

: 86

#### Transporte terrestre (ADR/TCP – RID/TPF)

#### - ADR – Clase

: 8

#### - ADR – División

: CT1

#### - ADR – Grupo

: III

#### - Etiquetado según ADR

: 8 (6.1)



#### Transporte marítimo (IMDG)

#### - IMO-IMDG – Clase

: 8 (6.1)

#### - IMO-IMDG – Grupo

: III

#### -EmS Nº

: F-A, S-B

#### Transporte aéreo (ICAO-IATA)

#### - IATA – Clase

: 8 (6.1)

#### - IATA – Grupo


: III

#### - Cantidad limitada ADR

: LQ7



<b>FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD</b>	Página : 3 / 3
	Edición revisada : 1
	Fecha revisión : 25 / 2 / 2008
	Reemplaza : 0 / 0 / 0
<b>Componente R</b>	<b>R</b>

14. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA	
Etiquetado UE - Símbolos  - Símbolos - Frases R  - Frases S	<div style="text-align: center;">  </div> : Xn: Nocivo : R22: Nocivo por ingestión. : R36/37/38: Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias. : S23: No respirar los gases, humos, vapores, aerosoles. S24/25: Evítese el contacto con los ojos y la piel. S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediatamente y abundantemente con agua y acúdase a un médico S36/37: Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados. S38: En caso de ventilación insuficiente, úsense equipo respiratorio adecuado.
15. OTRA INFORMACIÓN	
Información adicional	: Ninguno/a.

El contenido y el formato de la Ficha de Seguridad es conforme a la directiva REACH (CE) N° 1907/2006 y con el acuerdo de la organización de las Naciones Unidas ADR 2007 ECE/TRANS/185.

**RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD** La información en esta Ficha de Seguridad fue obtenida de fuentes que creemos son fidedignas. Sin embargo, la información se proporciona sin ninguna garantía, expresa o implícita en cuanto a su exactitud. Las condiciones o métodos de manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto están más allá de nuestro control y posiblemente también más allá de nuestro conocimiento. Por esta y otras razones, no asumimos ninguna responsabilidad y descartamos cualquier responsabilidad por pérdida, daño o gastos ocasionados por o de cualquier manera relacionados con el manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto. Esta Ficha de Seguridad fue preparada y debe ser usada sólo para este producto. Si el producto es usado como un componente de otro producto, es posible que esta información no sea aplicable.

**Fin del documento**

**Fuente:** (Racing Colors, s.l., 2012)

## A.4. PINTURA DE FONDO



**PRIMER TITANIUM**  
 PU-650B-A PU-654B }  
 PU-658B PU-651B } PU-555E  
 PU-760 (Catalizador PU-076)  
 Diluyente PU-3BB - PU-6BB

### USOS

Puede ser aplicado sobre metales ferrosos y sobre primarios de anclaje por ataque químico, sobre primarios de cataforesis, para retoques sobre sistemas de poliuretano o como convertidor de sistemas, paneles nuevos o piezas nuevas recubiertas con primario original de fábrica.

Es un primario de lijado suave de dos componentes de secado rápido y de excelente adherencia.

Use el Primer Titanium PU en la gama de colores pasteles o intermedios esto le proporcionará alto rendimiento en sus acabados con menos manos durante la aplicación de la pintura, para metalizados usar PU-651 primer Titanium Blanco. El primer Titanium PU-654B puede ser aplicado sobre sistemas o como convertidor de sistemas y en paneles o piezas nuevas recubiertas con primarios originales de fábrica.

Recomendado para colores intermedios y oscuros.

### RELACIÓN DE MEZCLA

Primario PU-650B -PU-651B - PU-654B - 658B:	8 partes
Endurecedor/Catalizador PU-555E:	1 parte
Diluyente PU-3BB - PU-6BB:	30% para relleno 70% para acabado

### APLICACIÓN

- Como primario de relleno aplicar 3 o 4 manos de primer sobre el área a reparar, permítale un tiempo de 5 a 10 minutos de oreo entre manos, esto evitará atrapado de solvente entre capas.
- Como primario de acabado, aplicar la segunda mano sobre la superficie, permítale un tiempo de 5 a 10 minutos entre manos.
- Aplique el producto con una presión de 40 a 50 PSI. Utilizando una pistola de gravedad con boquilla 1.6mm para acabados y 1.8mm para rellenos. Presión en el caso de pistolas de succión con boquilla PSI de 2.0 - 2.2mm

## SECADO

- Los primarios de relleno secan de 2 a 4 horas al aire libre a 25°C, y
- Los de acabados de 1 a 2 horas a 25°C
- Secado al horno a 60°C en 30 minutos

## LIJADO

Antes de proceder a lijado del primario, aplique una capa guía de pintura para el control del lijado del primario.

Normalmente el Primer Titanium como acabado no necesita lijado, si cayera algo de suciedad, esperar 20 minutos y utilizar lija P800 o P600 en húmedo.

- *Para fondos de relleno:* Lije luego con lija fina P-320/400 en húmedo y luego dar acabado con P-600 para acabados de brillos directo poliuretano, sistema PU-9500, P-800 para acabados bicapas poliéster poliuretano.

- *Para fondos de acabado:* Normalmente el Primer Titanium usado como fondo de acabado, no necesita lijado, si cayera algo de suciedad, esperar 15 a 20 minutos y utilizar lija P-800 o P-600 en húmedo.

## CARACTERÍSTICAS

- Excelente nivelación,
- óptima adherencia,
- alta flexibilidad,
- secado rápido,
- alto espesor,
- alto poder de relleno,
- convertidor de sistemas.

## COMPOSICIÓN BÁSICA

- Resina poliuretano,
- Pigmentos inorgánicos y orgánicos
- Solventes de hidrocarburos aromáticos

## CATALIZACIÓN

- Relación de mezcla del producto 8 partes de Primer Titanium PU-650B y 1 parte de catalizador para Primer Titanium PU-555E
- Vida útil del producto catalizado es de 3 horas

## DILUCIÓN

- Diluya el Primer Titanium PU-650B con Thinner PU-6BB en proporción de 30 % para relleno / 70% para acabado a 25°C.
- *Viscosidad de aplicación:* 40 - 60 segundos en copa Ford # 4. Relleno 20 a 30 segundos a temperatura de 25°C.

## APLICACIÓN

- Pistola de pulverización: 40 a 50 Libras. / pulgadas 2

- Boquilla de fluido
- Pistola de succión: 1.8mm
- Pistola de gravedad: 1.6 mm
- Presión: 10 PSI máximo (Cabezal de aire)
- Número de manos: 2 a 3
- Intervalo entre manos: 5 a 10 minutos, 15 a 20 minutos antes del acabado.

## NOTA

Los fondos de poliuretano no están diseñados para ser cubre rojos, existen pigmentos muy sangrantes como los TOLUIDINAS que suelen ser utilizados en lacas de nitrocelulosa, estos podrían generar la migración del pigmento a través del primario y mostrar unas manchas o betas rojizas en el acabado.

Se recomienda en muchos casos aplicar una capa de laca negra o aluminio muy fino para evitar el sangrado.

De existir dudas mejor eliminar la capa de pintura con lija en seco o húmedo hasta el primario, luego proceda a cubrir con PU-650B diluido al 40% con Thinner PU-3BB rápido o PU-6BB Thinner lento para luego aplicar la capa de pintura con brillo directo o el Poliéster bicapa.

**OBSERVACIÓN:** Pinturas Unidas S. A., no se hace responsable por el uso de este producto en una aplicación distinta a la que se está recomendando. Si desea información adicional consulte al correo electrónico de atención al cliente [servicioclientes@unidas.com.ec](mailto:servicioclientes@unidas.com.ec) o al teléfono de 04-2590280 Ext. 115



**ATENCIÓN**  
NOCIVO EN CASO DE INGESTA

## A.5. BARNIZ DE POLIURETANO



### BARNIZ POLIURETANO BI COMPONENTE H.S. UNITHANE ADVANCE PU-90155

Diseñado para trabajar en condiciones variables de humedad y temperatura, elaborado con tecnología de avanzada a nivel mundial con materias primas alemanas.

El barniz Unithane Advance PU-90155 es un producto de dos componentes, de altos sólidos y de gran espesor el cual le brindará un acabado de alto Glamour con mucha profundidad de brillo y deslizamiento superficial característico, puede ser utilizado sobre todos los acabados de poliuretano, bicapas y Tricapas, ofreciendo un acabado de alta duración y de gran resistencia de color a la exposición solar sin degradación del brillo. Posee extrema resistencia al rayado superficial y excelente facilidad de pulido.

#### USOS

Para acabados de alta calidad, recomendados para retoques y repintado en general de vehículos con garantía de fábrica. Pueden ser aplicados sobre cualquier sistema de Poliuretano o sobre bases Poliéster.

Fácil aplicación. El mejor sistema para trabajos de retoques rápidos (Quick Service).

#### RELACIÓN DE MEZCLA

Barniz H. S.:	PU-90155B (2 partes clima cálido)
Endurecedor:	PU-095C (1 parte clima cálido)
Nuevo catalizador:	PU-097C (1 parte clima frío) Express

#### DILUYENTE

El diluyente PU-3BB ha sido diseñado para rangos de temperatura entre 10°C y 25°C.

El diluyente PU-6BB es para rangos de temperatura entre los 15°C a 35°C.

En épocas de invierno donde las concentraciones de humedad, viento y temperaturas son elevadas y las condiciones son críticas y podrían generar velos, piel de naranja o estallidos de solventes es preferible trabajar con el PU-5BB.

Para trabajos en hornos de repinte donde la temperatura de secado es de 60°C se recomienda trabajar con PU-5BB para un óptimo resultado y alto brillo.

### **APLICACIÓN**

Aplicar dos manos húmedas permitiendo el oreo de 5 a 10 minutos entre capas y de 40 a 50 PSI con pistola convencional, si utiliza una pistola de succión aplicar con boquilla de 1.8 mm y si es de gravedad con boquilla de 1.4 mm. La presión de aire requerida para estas dos pistolas será de acuerdo a las especificaciones de las mismas.

### **SECADO**

Libre de polvo:	8 minutos
Manipuleo:	2.5 horas
Cámara/Horno:	30 minutos a 60°C

**Nota:** Permita un tiempo de 10 minutos de oreo antes de hornear

### **PULIDO**

No necesita. Si fuera necesario después de 24 horas utilice productos específicos para sistema de poliuretano.

### **ADVERTENCIA**

Por el uso inadecuado de solventes podrían perder la dureza de la película adherencia, resistencia a los solventes y/o combustibles, al rayado, a la intemperie, falta de secado o curado, sangrado o arrugamientos de la pintura, etc., sin que esto signifique que el producto ha presentado falla alguna por calidad.

**OBSERVACIÓN:** Pinturas Unidas S. A., no se hace responsable por el uso de este producto en una aplicación distinta a la que se está recomendando. Si desea información adicional consulte al correo electrónico de atención al cliente [servicioclientes@unidas.com.ec](mailto:servicioclientes@unidas.com.ec) o al teléfono de 04-2590280 Ext. 115



**ATENCIÓN**  
NOCIVO EN CASO DE INGESTA

## A.6. PLAN DE PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN UNA SUPERFICIE DE 10X10

### PLAN DE PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO EN UNA SUPERFICIE DE 10X10

Probeta Nº:	
Material:	

Nº	FASE	SI	NO	PROCEDIMIENTO				OBSERVACIÓN
<b>PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE</b>								
1	Limpieza con disolvente			Desengrasante	Disolvente sin grasa			Se elimina grasas y aceites producidos por el ambiente o manipulación.
2	Devastación de la superficie mediante lija de grano			Grueso	Medio	Fino	Extrafino	Se crea rugosidad favoreciendo la adherencia de la imprimación.
<b>APLICACIÓN DE LA CAPA BASE</b>								
3	Presión regulación			< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]	Controla el tipo de acabado superficial de la pintura de fondo.
4	Caudal de líquido regulación			< 2 [mL/s]	5 [mL/s]	8 [mL/s]	> 10 [mL/s]	Controla el tipo de acabado superficial y optimiza el uso del producto de la pintura de fondo.
5	Caudal de aire regulación			10%	30%	50%	> 70%	Controla el tipo de acabado superficial de la pintura de fondo.
6	Pintura base mezcla			n/a				Para la relación de mezcla referirse al <i>Anexo A – Pintura de fondo, primer titanium.</i>
7	Distancia entre pistola de pintura base y probeta			< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]	Controla el tipo de acabado superficial de la pintura de fondo.
8	Pintura base aplicación			1 mano	2 manos	3 manos	4 manos	

						Controla el tipo de acabado superficial y optimiza el uso del producto de la pintura de fondo.	
9	Pintura base secado			n/a		Para las condiciones de secado referirse al <i>Anexo A – Pintura de fondo, primer titanium</i> .	
10	Barniz mezcla			n/a		Para la relación de mezcla referirse al <i>Anexo A – Barniz de poliuretano</i> .	
11	Distancia entre pistola de barniz y probeta		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]	Controla el tipo de acabado superficial del barniz.
12	Barniz aplicación		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos	Controla el tipo de acabado superficial y optimiza el uso del producto del barniz.
13	Barniz secado			n/a		Para las condiciones de secado referirse al <i>Anexo A – Barniz de poliuretano</i> .	
<b>APLICACIÓN DE LA PINTURA TIPO CROMO</b>							
14	Compuesto C mezcla			n/a		Para la relación de mezcla referirse al <i>Capítulo 1 – Capa de pintura tipo cromo</i> .	
15	Compuesto G mezcla			n/a		Para la relación de mezcla referirse al <i>Capítulo 1 – Capa de pintura tipo cromo</i> .	
16	Compuesto R mezcla			n/a		Para la relación de mezcla referirse al <i>Capítulo 1 – Capa de pintura tipo cromo</i> .	
42	Presión regulación		< 2 [bar]	3 [bar]	4 [bar]	> 5 [bar]	Controla el tipo de acabado superficial de la capa de pintura tipo cromo.
46	Flameo pieza		50 [°C]	100 [°C]	150 [°C]	200 [°C]	Rompe la tensión superficial del barniz promoviendo la adhesión de la capa de pintura tipo cromo.
47	Compuesto R aplicación		< 2 [mL/s]	5 [mL/s]	8 [mL/s]	> 10 [mL/s]	Activa el compuesto químico para producir el efecto cromado.



48	Agua destilada aplicación		< 2 [mL/s]	5 [mL/s]	8 [mL/s]	> 10 [mL/s]	Limpia los excesos del activador.
49	Compuesto G y C aplicación		< 2 [mL/s]	5 [mL/s]	8 [mL/s]	> 10 [mL/s]	Produce la reacción del efecto cromado en la pieza.
51	Aplicar los compuesto c y g		1 capa	2 capas	3 capas	4 capas	Controla el color final del efecto cromado de oscuro a claro.
52	Secar con aire a presión		< 1 [bar]	2 [bar]	4 [bar]	> 6 [bar]	Evita el empozamiento de los químicos y un acabado defectuoso con manchas.
<b>APLICACIÓN DE LA CAPA PROTECTORA</b>							
53	Barniz mezcla		n/a				Para la relación de mezcla referirse al <i>Anexo A – Barniz de poliuretano</i> .
54	Distancia entre pistola de barniz y probeta		< 100 [mm]	150 [mm]	250 [mm]	> 300 [mm]	Controla el tipo de acabado superficial del barniz.
55	Barniz aplicación		2 mano	3 manos	4 manos	5 manos	Controla el tipo de acabado superficial y optimiza el uso del producto del barniz.
56	Barniz secado		n/a				Para las condiciones de secado referirse al <i>Anexo A – Barniz de poliuretano</i> .

## RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

UTILIZAR LENTES DE SEGURIDAD  
 UTILIZAR GUANTES DE LATEX  
 UTILIZAR MANDIL  
 UTILIZAR MASCARILLA DE SEGURIDAD  
 EVITAR SITUACIONES QUE A SU CRITERIO  
 ATENTEN CONTRA SU SALUD  
 EVITAR EFECTUAR ACTOS QUE ATENTEN  
 CONTRA SU SALUD

# **ANEXO B.**

## **MESA DE CROMADO**

La mesa de cromado, es el aparato donde se realiza las tareas de aplicación del recubrimiento superficial que imita el cromado.

El proceso de imitación del cromado es de suma importancia establecer un lugar en donde se pueda ubicar, manejar y manipular las piezas que serán trabajadas. Por tanto, para suplir ésta necesidad se construirá una mesa en la cual se puede realizar las tareas de cromado, facilitando la manipulación de las piezas y minimizando el impacto ambiental en el lugar donde se trabaje.

## B.1. DISEÑO DE LA MESA DE CROMADO

La mesa de cromado debe cumplir con las especificaciones que en la *tabla B.1*, se mencionan:

**TABLA B. 1.**  
*Matriz de la naturaleza del diseño de la mesa de cromado.*

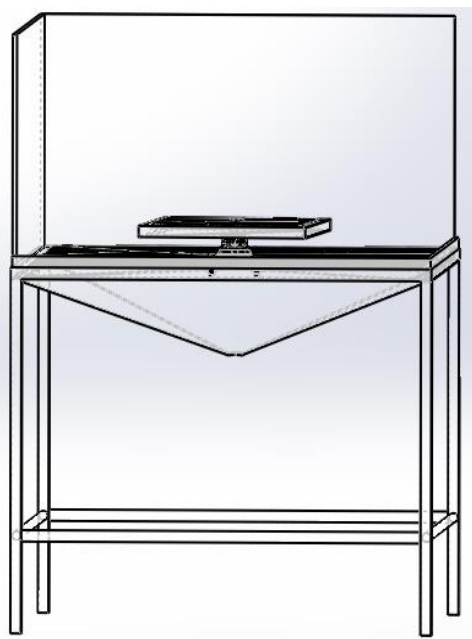
FUNCIONES ¿Qué se supone que haga?	PARÁMETROS DEL DISEÑO
<b>Soportar las cargas de las diferentes piezas</b>	La mesa debe soportar cargas de hasta 5 $[[kg]]$
<b>Ergonómica</b>	Basada en las normas técnicas INEN 1641 y 1649, para la construcción de mesas y escritorios
<b>Acceder al mayor porcentaje de la superficie de la pieza</b>	Las piezas deben tener un grado de libertad en el eje Y
<b>Recolección de desechos químicos</b>	Los desechos químicos que producen inherentemente de las tareas de imitación del cromado deben ser recogidas mediante un sumidero en el centro de la mesa

La norma INEN 1641, se toma como referencia para establecer los requisitos de dimensionamiento de la mesa de cromado de la *tabla B.2*.

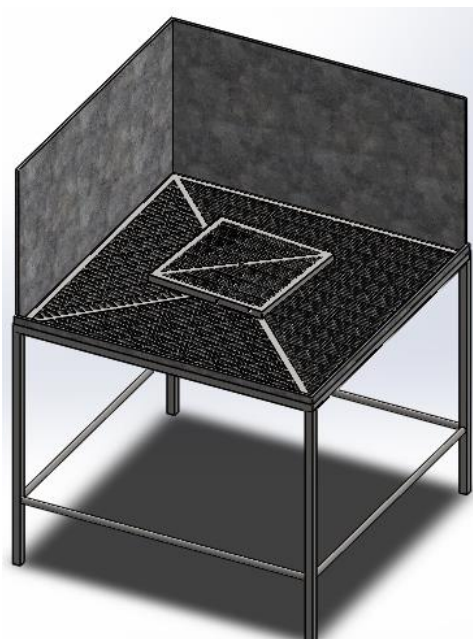
**TABLA B. 2.**  
*Requisitos de dimensionamiento de una mesa.*

REQUISITOS	DIMENSIONES
<b>Superficie del plano de trabajo</b>	> 600 $[[mm]]$ de profundidad > 900 $[[mm]]$ de ancho
<b>Altura del plano de trabajo</b>	> 710 $[[mm]]$

**Fuente:** (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1987)



a)



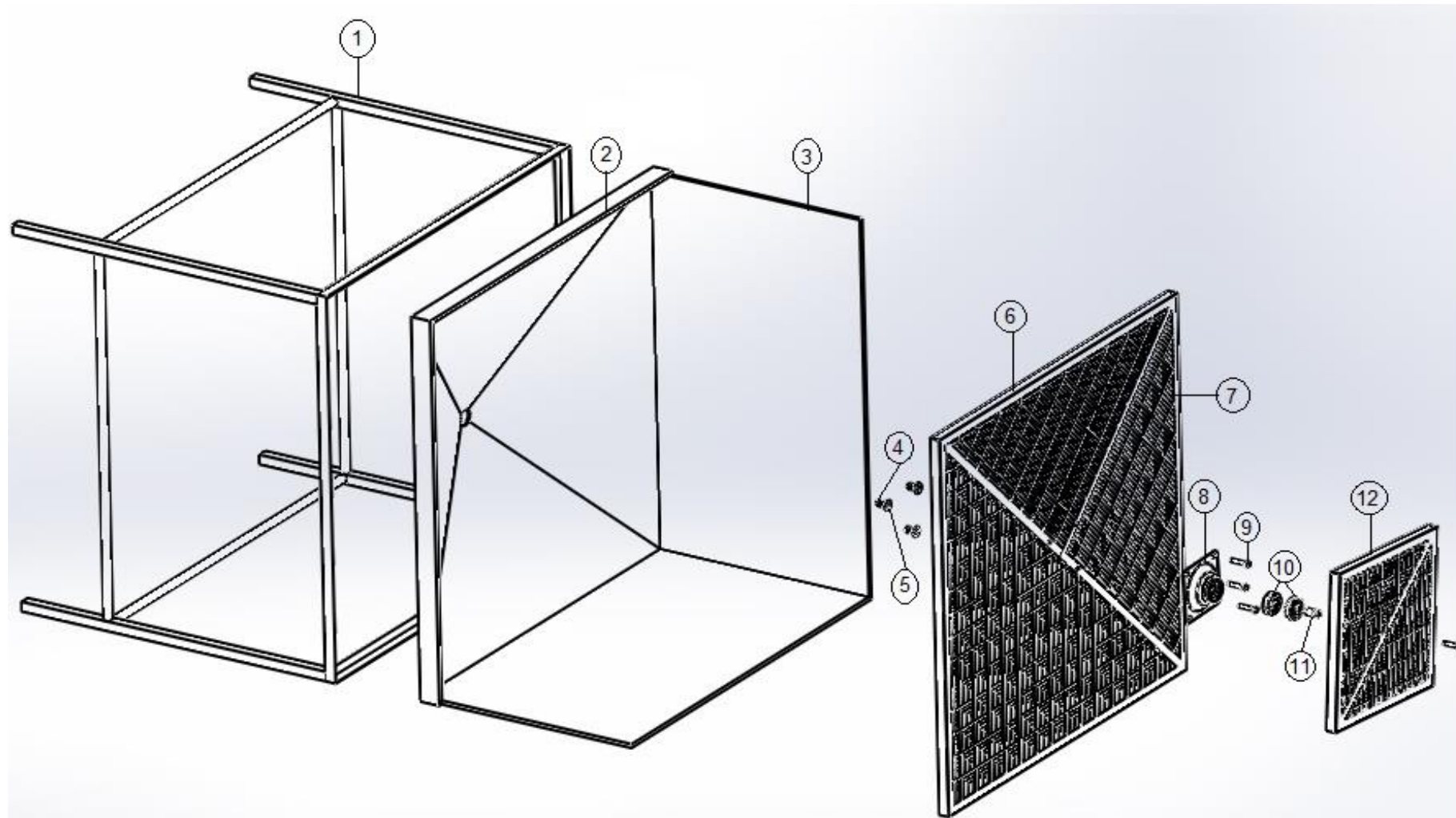
b)

**ILUSTRACIÓN B. 1. Mesa de cromado: a) líneas ocultas visibles; b) sombreado con aristas.**

Adicionalmente se ensamblará una pared metálica en la esquina opuesta a la aplicación del cromado para evitar que los químicos que intervienen en el proceso, alcancen lugares ajenos a la mesa de trabajo previniendo así la contaminación del ambiente.

## **B.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA MESA DE CROMADO**

Los elementos constitutivos de la mesa de cromado son los que se presentan en la *ilustración B.2* y en *tabla B.3*.



**ILUSTRACIÓN B. 2. Mesa de cromado (vista explosionada).**

**TABLA B. 3.**  
**Lista de componentes de la mesa de cromado.**

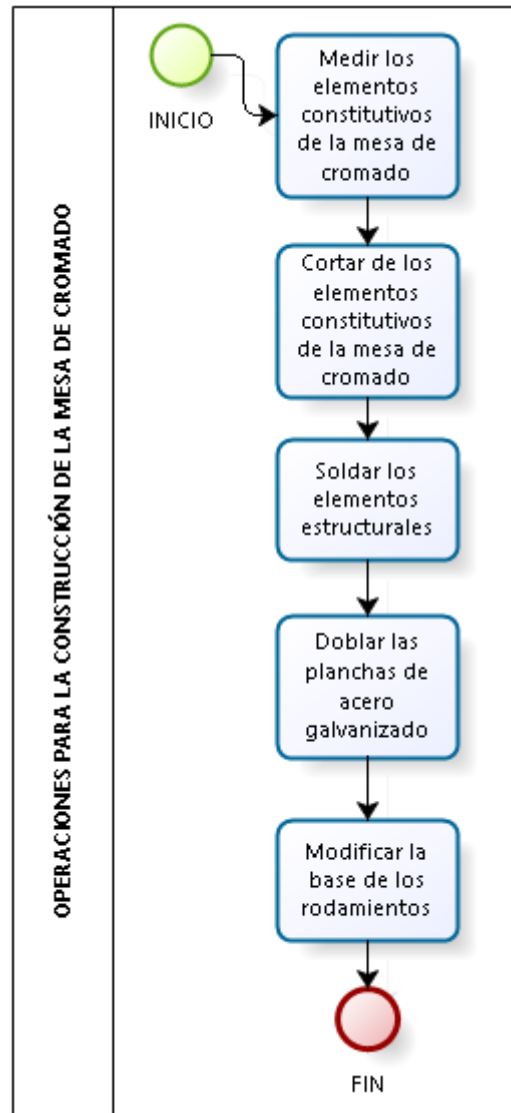
Nº DE ORDEN	DENOMINACIÓN (alto x ancho x profundidad) $[[cm]]$	CANTIDAD	MATERIAL
1	Estructura base (80×100×100)	1	Acero al carbón
2	Tablero con sumidero (5×98,5×98,5)	1	Acero galvanizado
3	Pared de protección externa (50×200×1)	1	Acero galvanizado
4	Tuerca hexagonal M8	3	Acero al carbón
5	Arandela plana común M8	3	Acero al carbón
6	Estructura tablero intermedio (2,5×97,5×97,5)	1	Acero al carbón
7	Malla metálica	2	Acero galvanizado
8	Base de rodamiento	1	Acero al carbón
9	Perno hexagonal M8	4	Acero al carbón
10	Rodamiento de bola radial 04-15	2	Acero al cromo rico en carbono
11	Eje de rodamiento para perno	1	Acero al carbón
12	Estructura tablero superior (2,5×40×40)	1	Acero al carbón

### **B.3. CONSTRUCCIÓN DE LA MESA DE CROMADO**

La construcción de la mesa de cromado, presenta las siguientes actividades, que se detallan a continuación.

#### **OPERACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MESA DE CROMADO**

Las operaciones tecnológicas individuales de cada elemento que forma parte de la mesa de cromado, se presenta, mediante el siguiente diagrama de flujo, donde se detallan los procesos tecnológicos realizados.



**ILUSTRACIÓN B. 3.** Diagrama de flujo de las operaciones tecnológicas de la mesa de cromado.

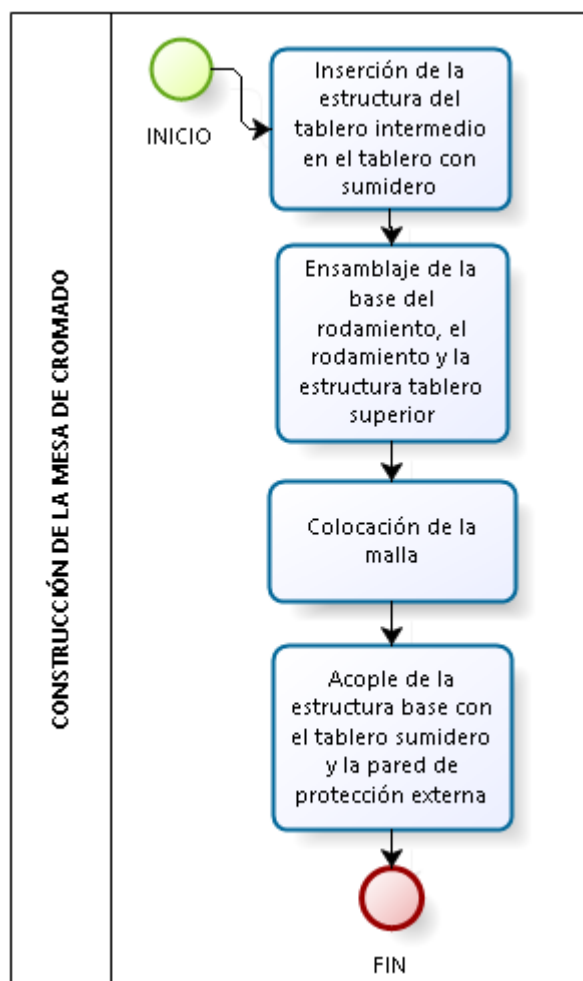
**TABLA B. 4.**  
**Operaciones tecnológicas de la mesa de cromado.**

N.º	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Medir los elementos constitutivos de la mesa de cromado	Con base en la <i>tabla B.3</i> , se procede a hacer las mediciones de los perfiles L angulares, tubos, planchas de acero galvanizado y malla galvanizada.
2	Cortar los elementos constitutivos de la mesa de cromado	Los elementos de la operación 1, se someten a corte.
3	Soldar los elementos estructurales	Los perfiles L angulares se sueldan con soldadura de arco metálico y gas (MIG) en modo de polaridad invertida (DCEP) por cortocircuito

N.º	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
4	Doblar las planchas de acero galvanizado	El primer doblado es para la plancha que constituye la pared de protección de la mesa, con un ángulo de 90°. El segundo doblado se lo hace para el tablero de desagüe.
5	Modificar la base de los rodamientos	La base donde se asientan los rodamientos se modifica para que se pueda soportar la estructura del tablero superior.

### ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA MESA DE CROMADO

En el ensamblaje de los elementos constitutivos se siguió de acuerdo al orden de la *ilustración B.4*.



**ILUSTRACIÓN B. 4.** Diagrama de flujo del ensamblaje de la mesa de cromado.



**TABLA B. 5.**  
**Ensamblaje de los componentes de la mesa de cromado.**

N.º	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Inserción de la estructura del tablero intermedio en el tablero con sumidero	A la estructura tablero intermedio se la insertó a presión en el tablero sumidero.
2	Ensamblaje de la base del rodamiento, el rodamiento y la estructura tablero superior	Se fijó con pernos y tuercas la base del rodamiento en la estructura intermedia y se colocó los rodamientos con su respectivo eje. La estructura superior se fijó en el eje del rodamiento mediante un perno.
3	Colocación de la malla	Se colocó la malla en el tablero sumidero y en la estructura superior mediante perfiles L angulares galvanizados y remaches.
4	Acople de la estructura base con el tablero sumidero y la pared de protección externa	Se acopló el tablero sumidero dentro de la estructura base al igual que la pared de protección externa.



a)



b)

**ILUSTRACIÓN B. 5.** Mesa de cromado: a) vista frontal; b) vista posterior.

#### **B.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO LA MESA DE CROMADO**

La mesa de cromado funciona bajo los parámetros establecidos y los criterios de evaluación que en la *tabla B.6*, se resumen.

**TABLA B. 6.**  
**Criterios de evaluación de la mesa de cromado.**

CRITERIO DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Seguridad</b>	La mesa es segura, posee bordes pulidos y redondeados, la estructura móvil está asegurada firmemente.
<b>Manufactura</b>	Fácil ensamblaje de los componentes.
<b>Reemplazo de componentes</b>	Todos los componentes de la mesa se pueden obtener en el mercado local fácilmente.
<b>Operación</b>	Es de fácil operación, es una mesa estática con una estructura superior que rota en el eje Y.
<b>Costo inicial</b>	El costo de construcción es bajo (alrededor de US \$ 150).
<b>Costos de operación y mantenimiento</b>	El costo de mantenimiento es bajo, solo requiere de la lubricación de sus partes móviles y de un recubrimiento anticorrosión en la estructura.
<b>Tamaño y peso</b>	El tamaño es pequeño y el peso ligero, ya que es desarmable.
<b>Funcionamiento</b>	La rotación de la estructura superior es silenciosa y suave, la mesa es rígida y estable.
<b>Apariencia</b>	De apariencia atractiva.

Según la norma INEN 1648 que establece los métodos de ensayos mecánicos a los cuales se debe someter la mesa de cromado. Donde se resumen los resultados en la *tabla B.7.*

**TABLA B. 7.**  
**Pruebas de funcionamiento de la mesa de cromado.**

TIPO DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN	RESULTADO
<b>Ensayo general de rigidez y estabilidad</b>	Se coloca la mesa sin carga sobre una superficie plana horizontal. Se observa que no tiende a balancearse cuando se aplica una presión manual hacia abajo sobre puntos arbitrarios a lo largo de la superficie de trabajo.	Superado
<b>Ensayo de carga estática vertical</b>	Con la mesa apoyada sobre una superficie nivelada, se carga la mesa con el peso para el que fue diseñada. Se debe realizar el ensayo diez veces.	Superado

Las condiciones ambientales con las que se practicaron los ensayos fueron de 22 [°C] de temperatura y una humedad relativa aproximada de 54%. Los resultados son satisfactorios y la mesa está lista para ser utilizada.

# ANEXO C.

## PROBLEMAS COMUNES EN LA APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO CROMADO<sup>4</sup>

Los problemas más comunes que se pueden presentar en el momento de aplicación del recubrimiento son numerosos, especialmente para quienes se inician en esta rama de la manufactura. El presente anexo es una guía para solucionar las dificultades.

---

<sup>4</sup> Todos los derechos de propiedad intelectual del análisis de los problemas más comunes en el momento de aplicar el recubrimiento cromado, que se exponen en el ANEXO C. pertenecen a ***Splendor Industrias Cía. Ltda.*** El presente apartado sólo busca recabar información al respecto para fines pedagógicos.

En la *tabla C.1* se muestran las diferentes vicisitudes con su probable causa y solución. La fecha de revisión de la tabla es febrero de 2015.

**TABLA C. 1.**  
**Solucionador de problemas en la aplicación del recubrimiento cromado.**

N.º	PROBLEMA O PREGUNTA	CAUSA O RESPUESTA	SOLUCIÓN
1	Se contaminó un contenedor de componente con una jeringa de otro componente diferente	Utilizar las jeringas indistintamente para cualquier componente podría contaminar todo el contenido	- Utilizar una jeringa extractora para cada químico y no intercambiar; y - Separar el frasco contaminado.
2	El compuesto C se preparó todo de una sola vez y pasó de transparente claro a oscuro tras unos días	Es normal que el compuesto C se degrade con el paso de los días, por esa razón sólo se debe preparar la cantidad que se va utilizar de cada compuesto, caso contrario con el tiempo pierde su efectividad	Preparar la cantidad necesaria para cada sesión de trabajo y utilizar todo el compuesto
3	El compuesto R se preparó todo de una sola vez y se tornó una solución blanquecina	El compuesto R mezclado con el agua se hidroliza después de 24 horas y pierde su efectividad	Preparar la cantidad necesaria para cada sesión de trabajo y utilizar todo el compuesto
4	No se puede pesar cantidades tan pequeñas	Su balanza no es la adecuada	Se requiere de una balanza de precisión, de una lectura mínima de 0,1 [g] y peso máximo de 100 [g]
5	¿Cómo preparar el objeto para obtener un cromo brillante?	La superficie del objeto es la que manda al momento de obtener un cromo más o menos brillante. Si se desea alto brillo aplicar barniz poliuretano de alto brillo caso contrario barniz sin brillo	Sobre una superficie del objeto totalmente liso aplicar pintura en el siguiente orden: - Fondo adecuado para el objeto según el material. El fondo es la interface adhesiva del objeto a la pintura;

N.º	PROBLEMA O PREGUNTA	CAUSA O RESPUESTA	SOLUCIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar pintura de preferencia oscura, puede ser gris o negra;</li> <li>- Aplicar el barniz sea brillante o mate. El color oscuro del paso anterior es para facilitar la aplicación del barniz; y</li> <li>- Dejar secar el tiempo necesario según el barniz utilizado.</li> </ul>
6	Se producen imperfecciones al momento de aplicar el barniz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua o aceite producto del compresor;</li> <li>- El objeto tenía la superficie sucia; o</li> <li>- Se está aplicando barniz con presión excesiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar filtros de retención de agua y aceite en la salida del compresor;</li> <li>- Nunca frotar el objeto con tela antes de pintar con el barniz, ya esto atrae polvo debido a la generación de carga eléctrica estática;</li> <li>- Sólo soplar el polvo con aire o lavar la pieza con agua y jabón secando posteriormente con aire a presión; y</li> <li>- El barniz se debe aplicar a una presión adecuada (4 <math>[\text{bar}]</math>), siempre verificando que la pistola atomice correctamente.</li> </ul>
7	¿Influye el color de la pieza en el resultado del cromado?	No, el color de la pieza no influencia en el resultado final, porque el recubrimiento cubre totalmente la pieza si se aplica de la manera correcta	Pintar barniz de poliuretano transparente sobre una superficie blanca, es muy difícil por cuanto no se aprecia el transparente sobre el blanco, por el contrario, sobre algo oscuro es muy fácil de apreciar
8	¿Cómo desechar las aguas residuales obtenidas del proceso del cromado?	Las aguas residuales están en un medio alcalino por lo tanto para ser desechadas sin peligro se debe utilizar un ácido mineral diluido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para una cantidad de 20 <math>[\text{L}]</math> de aguas residuales, neutralizar 500 <math>[\text{mL}]</math> de solución al 5% de ácido nítrico (<math>\text{HNO}_3</math>);</li> <li>- Agitar ligeramente hasta que se forme un precipitado blanquecino y entonces desechar;</li> </ul>

N.º	PROBLEMA O PREGUNTA	CAUSA O RESPUESTA	SOLUCIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Periódicamente lavar las paredes de los envases plásticos en donde se recoge los desperdicios con solución al 5% de hidróxido de amonio en agua; y</li> <li>- Enjuagar con abundante agua común.</li> </ul>
9	<p>No se puede romper la tensión superficial del objeto queda con gotas y no se humecta totalmente con el compuesto R</p>	<p>Todas las superficies en mayor o menor grado, dependiendo del material, poseen tensión superficial evitando que se pueda humectar el objeto con el compuesto R.</p> <p>Ésta es la causa para que ciertas áreas del objeto que no fueron humectadas por el compuesto R no puedan ser cromadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permitir que el objeto pintado con barniz de poliuretano seque al menos 24 horas, así evita desprender vapores del solvente imperceptibles a la vista y que aumenta la tensión superficial;</li> <li>- Utilizar un jabón líquido concentrado “arranca grasa” para cocina mezclado con agua y atomizar en un spray limpiando todo el objeto, luego secar el objeto con aire a presión;</li> <li>- Comenzar el proceso de cromado haciendo énfasis con el flameado en las partes difíciles de romper la tensión superficial; y</li> <li>- En caso de no poder flamear la pieza sustituir este paso con aplicación de abundante agua jabonosa y sin secar la pieza aplicar el compuesto R.</li> </ul>
10	<p>El vidrio y los plásticos acrílicos como son brillantes, ¿necesitan ser barnizados con poliuretano brillante?</p>	<p>El vidrio no necesita aplicar barniz de poliuretano porque su superficie es muy brillante y fácilmente se rompe la tensión superficial.</p> <p>Los plásticos acrílicos si necesitan ser aplicados con barniz de poliuretano brillante, puesto que la</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre la superficie de acrílico aplicar una capa húmeda de promotor de adherencia de plásticos; y</li> <li>- Después de 5 minutos aplicar barniz de poliuretano brillante y dejar secar el tiempo determinado.</li> </ul>

N.º	PROBLEMA O PREGUNTA	CAUSA O RESPUESTA	SOLUCIÓN
		superficie es extremadamente difícil de romper la tensión superficial.	
11	Cuando se aplica barniz de poliuretano se producen chorreados en la superficie del objeto	Éste fenómeno se produce porque la superficie del objeto no está adhesiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar una capa seca de barniz de poliuretano, es decir con mucho aire y poco material, de tal manera que el objeto se torne mate y muy adhesivo; y</li> <li>- Esperar 5 minutos y aplicar una capa húmeda, es decir abriendo la perilla de alimentación a la pistola aplicador, de tal manera que se consiga una superficie brillante.</li> </ul>
12	¿Cómo calibrar la pistola doble y cómo influye en el cromado?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La aplicación del compuesto C y G es muy importante que posean el mismo caudal y con la misma presión de aire. Caso contrario el resultado del recubrimiento es indeterminado; y</li> <li>- Cada pistola tiene tres perillas de control: entrada de líquido, entrada de aire y abertura de abanico.</li> </ul>	<p>Para calibrar la pistola doble, siga los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Llene con 500 <math>[[mL]]</math> de agua destilada los contenedores C y G;</li> <li>- Cierre las tres perillas de las pistolas y luego proceda a girarla tres vueltas a la perilla de entrada de líquido en cada pistola;</li> <li>- Inspeccione visualmente que el ancho del chorro de cada pistola sea igual y que los chorros se crucen;</li> <li>- Mida el volumen obtenido en vasos separados por un lapso de 20 segundos con el gatillo aplastado al máximo;</li> <li>- El volumen obtenido en cada vaso debe ser aproximadamente 60 <math>[[mL]]</math>, caso contrario calibrar hasta conseguirlo;</li> <li>- Abra las perillas de aire tres vueltas de tal manera que el atomizado de los dos chorros sean iguales; y</li> </ul>



N.º	PROBLEMA O PREGUNTA	CAUSA O RESPUESTA	SOLUCIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenga siempre las perillas de abanico de cada pistola siempre cerradas.</li> </ul>
13	¿Cómo obtener un tono cromado oscuro, un tono blanco?	<p>Cuando el proceso de cromado comienza, la pieza se torna oscura y si continúa aplicando los químicos, en pocos segundos se va aclarando. Si se aplica más recubrimiento se torna blanco y se aplica aún más se puede presentar manchas brumosas.</p>	<p>Según el efecto que se desee obtener, se debería suspender el cromado en el momento adecuado y proceder a lavar muy bien el objeto con agua destilada</p>
14	No se puede conseguir un tono cromado blanco, ¿qué debo hacer?	Cumplir lo que indica el punto 13	<p>Existen algunas acciones que se podría probar para conseguir el tono deseado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar la calibración de la pistola, se debe aplicar la cantidad prevista de los compuestos C y G;</li> <li>- Intercalar una lavada de agua destilada, mientras se está cromando la pieza y por supuesto al final del cromado, esto blanquea el objeto, en especial si son grandes; y</li> <li>- Cuando hay zonas que no se ha cromado es porque el compuesto R no se aplicó correctamente, revisar el punto 9.</li> </ul>
15	El cromado es blanco, pero cuando aplico barniz de poliuretano para protegerlo cambia de tonalidad a ligeramente dorado	Todos los barnices atacan en mayor o menor grado el color del cromado, se debe buscar una determinada marca en el mercado local que ataque lo menos posible (de altos sólidos y de buena calidad).	<p>Algunas acciones ayudan disminuir la afectación del barniz sobre el color del cromado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplique varias capas secas de barniz, lo más diluido posible y espere 5 minutos antes de la aplicación de la capa húmeda. La capa seca protege el color; y</li> </ul>

N.º	PROBLEMA O PREGUNTA	CAUSA O RESPUESTA	SOLUCIÓN
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entinte con color azul en un 1% a 3% en peso el poliuretano, esto enmascara el color dorado y lo mantiene blanco por efecto óptico.</li> </ul>
16	<p>El cromado es manchando con tonos oscuros en algunas zonas y con manchas de neblina blanca en otros lugares</p>	<p>Las manchas oscuras son efecto de una incorrecta aplicación del compuesto R sobre la superficie.</p> <p>Cuando los compuestos C y G se aplican a la superficie del objeto y no hay una película uniforme de R que la reciba, el recubrimiento se quema y genera la mancha oscura donde no hay R.</p> <p>Las manchas como neblina blanca son producidas en el camino del desagüe.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es preciso no permitir el empozamiento del agua, es por esto que cada pieza según su forma, debe procesarse de la mejor manera. Algunas necesitan ser cromadas horizontalmente, otras verticales, en planos inclinados y otras en movimiento;</li> <li>- Intercalar un lavado con agua destilada;</li> <li>- La mancha como neblina blanca, se produce porque el desagüe de los líquidos es siempre por un determinado lugar del objeto, es necesario el movimiento, así el desagüe cambia de lugar constantemente y no mancha; y</li> <li>- La mancha neblina blanca se produce también por el exceso de aplicación del compuesto C y G o el desbalanceo en el caudal de aplicación de C o G, ambos deben tener un caudal de 3 <math>[[mL/s]]</math>.</li> </ul>

**Fuente:** (Splendor Industrias Cía. Ltda., 2015)



# **ANEXO D.**

## **ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL PROCESO DE CROMADO**

La estimación de costos del proceso de cromado proporciona información útil para evaluar el proceso de acabado de piezas, mejorando la productividad. Establece el precio estimado a pagar medida en unidades monetarias, por los conocimientos científicos y de ingeniería dados en este proceso.

El análisis que se realiza es para cromar una superficie total mensual de aproximadamente 12  $[[m^2]]$  de metal o plástico, que es el total de la dosificación que vende el fabricante. Todos los valores monetarios de los distintos productos están dados en dólares americanos para la fecha de abril de 2016, y sólo son una referencia para estimar los costos aproximados de la producción del cromado. El análisis de costos del proceso de cromado franquea los siguientes puntos.

## D.1. INVERSIÓN FIJA

La inversión fija necesaria para el proceso de cromado se resume en la *tabla D.1.*

**TABLA D. 1.**  
*Inversión fija del sistema de cromado.*

DETALLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>MAQUINARIA Y EQUIPO</b>	Mesa para pintar	u	1	\$ 495,75	\$ 495,75
	Cámara térmica	u	1	\$ 690,00	\$ 690,00
	Sistema de agua destilada	u	1	\$ 149,77	\$ 149,77
	Sistema neumático	u	1	\$ 855,87	\$ 855,87
	<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>	<b>2.191,39</b>
<b>HERRAMIENTAS MAYORES</b>	Vaso de precipitación de 1 000 $[[mL]]$	u	1	\$ 9,65	\$ 9,65
	Vaso de precipitación de 600 $[[mL]]$	u	1	\$ 5,43	\$ 5,43
	Balanza digital precisión 0,1 $[[g]]$	u	1	\$ 40,50	\$ 40,50
	Medidor de conductividad	u	1	\$ 49,50	\$ 49,50
	Bidón	u	1	\$ 10,00	\$ 10,00
	Balde	u	1	\$ 10,00	\$ 10,00
	<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>	<b>125,08</b>
<b>HERRAMIENTAS MENORES</b>	Destornilladores	u	4	\$ 10,00	\$ 40,00
	Juego de llaves	u	1	\$ 30,00	\$ 30,00
	Atomizador manual	u	2	\$ 1,09	\$ 2,18
	Estilete	u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	Cepillo de alambre	u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	Esponja	u	1	\$ 5,00	\$ 5,00

DETALLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	Guantes de látex	u	1	\$ 2,50	\$ 2,50
	Guantes de plástico	u	1	\$ 2,50	\$ 2,50
	Guantes de caucho	u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	Otros	u	1	\$ 10,00	\$ 10,00
	<b>TOTAL</b>			<b>\$</b>	<b>107,18</b>
<b>TOTAL, INVERSIÓN FIJA</b>				<b>\$</b>	<b>2.423,65</b>

## D.2. COSTOS

Los costos que se producen en el proceso de cromado se resume en la *tabla D.2.*

**TABLA D. 2.**  
**Costos del sistema de cromado.**

DETALLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL		
<b>MATERIA PRIMA DIRECTA</b>	Componente C1	g	42	\$ 534,00	\$ 534,00		
	Componente C2	mL	2 250				
	Componente G1	mL	2 000				
	Componente G2	mL	2 250				
	Componente R	mL	20 250				
	Tinte azul	mL	100				
	Tinte rojo	mL	100	\$ 32,00	\$ 8,00		
	Tinte verde	mL	100				
	Pintura fondo	L	0,25				
	Barniz	L	1			\$ 13,00	\$ 13,00
	Catalizador	L	1			\$ 12,00	\$ 12,00
	Diluyente	L	1			\$ 6,00	\$ 6,00
	Thinner	L	5			\$ 2,00	\$ 10,00
	Detergente	g	1			\$ 3,00	\$ 3,00
	Lavaplatos	u	1			\$ 2,00	\$ 2,00
	<b>TOTAL, MPD</b>					<b>\$</b>	<b>588,00</b>
<b>MATERIA PRIMA INDIRECTA</b>	Energía eléctrica para la máquina	mensual	1	\$ 35,09	\$ 35,09		
	Agua potable para la máquina	mensual	1	\$ 10,00	\$ 10,00		
	Transporte	mensual	1	\$ 46,00	\$ 46,00		

DETALLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	TOTAL, MPI			\$	91,09
	TOTAL, COSTOS			\$	679,09

El costo eléctrico del quemador eléctrico para producir agua destilada representaría, se analiza a partir de que el kilovatio-hora en el Ecuador tiene un costo de: si el consumo es *menor* a **130**  $[[kWh]]$  el costo es de **4**  $[[ctvs/kWh]]$  (por el subsidio de la Tarifa de la dignidad); o si el consumo es *mayor* a **130**  $[[kWh]]$  el costo es de **9**  $[[ctvs/kWh]]$ , para barrios residenciales. (CONELEC, 2014)

Asumiendo que la producción del agua destilada se la realice en un barrio residencial y que el consume del inmueble sea mayor a 130  $[[kWh]]$ , tendremos que,

$$9 \text{ [[ctvs/kWh]]} = \frac{\text{Costo Eléctrico}}{P_E \cdot t}$$

**ECUACIÓN D. 1. Costo del consumo eléctrico para barrios residenciales.**

Siendo:

$P_E$  : Potencia de consumo, en kilovatio  $[[kW]]$ ; y

$t$  : Tiempo, en horas  $[[h]]$ .

$$\text{Costo Eléctrico} = (9) \cdot (1,8) \cdot (100)$$

$$\boxed{\text{Costo Eléctrico} = 1\,620 \text{ [[ctvs]]}}$$

El costo del consumo eléctrico es de alrededor de \$ **16,20 USD** mensualmente. La cámara térmica tiene un consumo eléctrico de,

$$\text{Costo Eléctrico} = (9) \cdot (1,872) \cdot (48)$$

$$\boxed{\text{Costo Eléctrico} = 808,704 \text{ [[ctvs]]}}$$

El costo del consumo eléctrico de la cámara térmica es de alrededor de \$ **8,09 USD** mensualmente. El motocompresor tiene un consumo eléctrico de,

$$\text{Costo Eléctrico} = (9) \cdot (7,5) \cdot (16)$$

$$\boxed{\text{Costo Eléctrico} = 1\,080 \text{ [[ctvs]]}}$$

El costo del consumo eléctrico de la cámara térmica es de alrededor de \$ **10,80 USD** mensualmente. Por tanto, el consumo eléctrico para la máquina es de \$ **35,09 USD**.

### D.3. GASTOS

Debido a que el proceso se realiza en los laboratorios de la carrera de Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte, los gastos implicados son inexistentes. Los costos indirectos de fabricación (CIF), es la suma de la materia prima indirecta, mano de obra indirecta y gastos administrativos, dando un total de \$ 91,09. Mientras que el número de unidades producidas al mes alcanza el número de 50. Con estos datos se procede a calcular la estimación de costos.

### D.4. COSTO PRIMO

El costo primo, o también denominado costo directo, se obtiene de la suma de la materia prima directa más la mano de obra directa.

$$CPr = MPD + MOD$$

**ECUACIÓN D. 2. Costo primo.**

$$\boxed{CPr = \$ 588,00}$$

### D.5. COSTO DE CONVERSIÓN

El costo de conversión se obtiene de la suma de la mano de obra directa más los costos indirectos de fabricación.



$$CC = MOD + CIF$$

**ECUACIÓN D. 3. Costo de conversión.**

$$CC = \$ 91,09$$

## **D.6. COSTO DE PRODUCCIÓN**

El costo de producción se obtiene de la suma de la materia prima directa, la mano de obra directa y costos indirectos de fabricación.

$$CPrd = MPD + MOD + CIF$$

**ECUACIÓN D. 4. Costo de producción.**

$$CPrd = \$ 679,09$$

## **D.7. COSTO TOTAL**

El costo total se obtiene de la suma del costo de producción más el costo de distribución.

$$CT = CPrd + CD$$

**ECUACIÓN D. 5. Costo total.**

$$CT = \$ 679,09$$

## **D.8. PRECIO DE VENTA**

El precio de venta se obtiene de la suma del costo de total más el porcentaje de utilidad. Para obtener el porcentaje de utilidad justo se debe tener en cuenta los parámetros: intereses de crédito, participación trabajadores, impuesto a la renta, reserva legal y ganancia autoimpuesta. El interés de crédito es inexistente por tanto 0,00%. La participación de los trabajadores es inexistente por tanto 0,00%. El impuesto a la renta es de 25,00%. Reserva legal es de 10,00%. La ganancia autoimpuesta es de 9,00%. Sumando un total para la utilidad de 44,00%.

$$PV = CT + \%UTL$$

**ECUACIÓN D. 6. Precio de venta.**

$$PV = \$ 977,89$$

## D.9. COSTO UNITARIO

Para una pieza con una superficie de (20x20) [ $cm^2$ ], el costo unitario se obtiene al dividir los costos totales para el número de unidades producidas.

$$CTu = \frac{CT}{Q}$$

**ECUACIÓN D. 7. Costo unitario.**

$$CTu = \$ 13,58$$

## D.10. COSTO DE DISTRIBUCIÓN

El costo de distribución, también denominado costo de comercialización, se obtiene de la suma de gastos administrativos, gastos de ventas y gastos financieros.

$$CD = GA + GV + GF$$

**ECUACIÓN D. 8. Costo de distribución.**

$$CD = \$ 0,00$$

## D.11. PRECIO DE VENTA UNITARIO

El precio de venta unitario se obtiene al dividir el precio de venta total para el número de unidades producidas.

$$PVu = \frac{PV}{Q}$$

**ECUACIÓN D. 9. Costo unitario.**

$$PVu = \$ 19,56$$



# **ANEXO E.**

## **MANUAL DE OPERACIÓN Y CALIBRACIÓN**

La máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo, es un sistema que permite realizar una imitación del cromado tipo espejo debido a que está compuesta por la conjunción de un sistema neumático, una cámara térmica y un sistema de destilación del agua. Además, ésta máquina es amigable con el medio ambiente al utilizar químicos de fácil eliminación.



# Manual de operación y calibración

MÁQUINA PARA LA APLICACIÓN DE LA  
PINTURA TIPO CROMO EN SUPERFICIES  
METÁLICAS Y PLÁSTICAS

FREDDY DAVID CASTRO GARCÉS  
17-2-2017

## CONTENIDO

E.1.	ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD_____	3
E.2.	COMPONENTES DE LA MÁQUINA_____	4
E.3.	MEZCLA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS Y CONDICIONES PARA LA APLICACIÓN_____	6
E.4.	INSTALACIÓN Y ALINEACIÓN_____	9
E.5.	PUESTA EN MARCHA_____	11
E.6.	APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE PINTURA_____	11
E.7.	LIMPIEZA Y DESMONTAJE_____	14
E.8.	MANTENIMIENTO_____	15

La máquina para la aplicación de la pintura tipo cromo permite a superficies de metal y plástico ser recubiertas, de forma tal, que se logra imitar el cromado tipo espejo.

En este manual se muestra información referente a los componentes de la máquina, su uso y la forma de lograr que funcione correctamente y de corregir los posibles problemas que se presenten antes, durante y después de su uso.

## **E.1. ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD**

- ✓ Antes de usar la cámara térmica, compruebe que el voltaje de la red eléctrica sea de 110  $[[VAC]]$ . Cerciorarse que el caudal de aire y presión mínimas del compresor sean 676,5  $[[L/min]]$  y 4  $[[bar]]$  respectivamente.
- ✓ El sistema de cromado debe trabajar en una zona con buena ventilación libre de polvo y vientos.
- ✓ Éste sistema ha sido fabricado exclusivamente para aplicar un recubrimiento cromado por aspersion, por lo que utilizarlo para otro uso se considera indebido y por consiguiente peligroso.
- ✓ El fabricante no puede considerarse responsable de los daños derivados de un uso indebido, incorrecto o irracional.
- ✓ Bajo ningún concepto debe abrir la cámara térmica o acercarse al sistema neumático mientras no se tenga un conocimiento adecuado de su funcionamiento y sus partes.
- ✓ En caso de avería o de funcionamiento incorrecto de la máquina, apáguela, desenchúfela de la corriente eléctrica y cierre la válvula de entrada del sistema neumático.
- ✓ El sistema neumático está diseñado únicamente para aplicar los químico y aditamentos que se exponen en ésta obra, por ningún motivo utilizar diferentes sustancias.
- ✓ Mientras está funcionando el sistema no tocar los elementos con una superficie caliente, ya que puede provocar quemaduras.
- ✓ Cumplir con las señalizaciones de advertencia y peligro ubicadas en el sistema como prevención de posibles fallas o lesiones por parte del usuario.

## E.2. COMPONENTES DE LA MÁQUINA



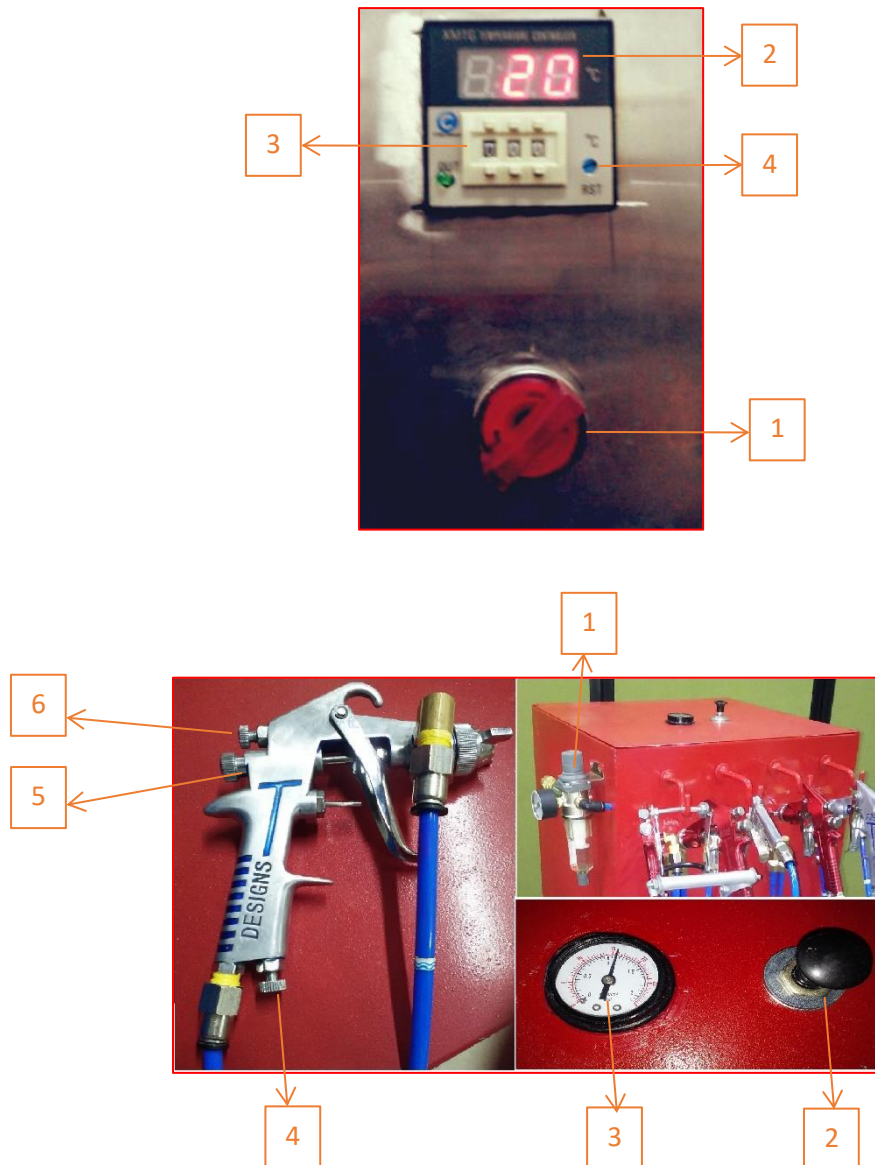
**TABLA E. 1.**  
*Detalle de los componentes del sistema de cromado.*

N.º	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Cámara térmica	Aparato donde se seca las piezas cromadas.
2	Sistema neumático	Aplica el recubrimiento cromado por aspersión.
3	Mesa de cromado	Espacio destinado para la aplicación del recubrimiento cromado.

**TABLA E. 2.**  
*Descripción de los indicadores de la cámara térmica.*

N.º	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Switch de encendido	Inicia el proceso de la cámara térmica.
2	Indicador de temperatura	Indica la temperatura dentro de la cámara térmica.
3	Pulsador de regulación de temperatura	Establece la temperatura deseada.





**TABLA E. 3.**  
**Descripción de los indicadores del sistema neumático.**

N.º	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Válvula unidad de mantenimiento	Regula la presión de aire en la entrada del circuito.
2	Pulsador	Permite el paso de los líquidos a las pistolas de pulverización.
3	Indicador de presión de los tanques	Indica la presión interna de los tanques presurizados.
4	Válvula de aire	Regula el caudal de aire en la pistola pulverizadora.
5	Válvula de líquido	Regula el caudal de líquido en la pistola pulverizadora.

N.º	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
6	Válvula de abanico	Regula el abanico de líquido en la pistola pulverizadora.

TABLA E. 4.  
*Especificaciones técnicas del sistema.*<sup>5</sup>

PARÁMETROS		TÍPICO
Dimensiones	Cámara térmica	(0,535×0,5×0,5) [m]
	Sistema neumático	(0,9×0,4×0,4) [m]
	Mesa de cromado	(1,3×1×1) [m]
Voltaje de entrada		110 [VAC]
Presión de alimentación de aire		De 0 a 6 [bar]
Caudal de aire requerido mínimo recomendado por el compresor		676,5 [L/min]

### E.3. MEZCLA DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS Y CONDICIONES PARA LA APLICACIÓN

Las sustancias químicas que se deben mezclar para el cromado de piezas son pintura de fondo, barniz, compuesto C, compuesto G y compuesto R. Las siguientes mezclas son para una superficie de 10 [cm] × 10 [cm].

#### PINTURA DE FONDO

El fondo es pintura utilizada como una primera capa del recubrimiento cromado y cumple la función de dar un color base homogéneo y brillante al acabado final. Para dar fondo a una pieza son necesarios los siguientes elementos:



TABLA E. 5.  
*Relación de mezcla de la pintura fondo.*

CANTIDAD	ELEMENTOS	CONDICIONES DE APLICACIÓN
8 partes	<b>Pintura.</b> El color para dar fondo a una pieza se puede escoger entre el blanco (experto) y gris (principiante).	- Utilizar pistola de pulverización. - <b>Presión de aire:</b> ajustar entre (2 a 6) [bar].



<sup>5</sup> **NOTA:** Verifique que los parámetros mencionados no excedan el valor indicado.

CANTIDAD	ELEMENTOS	CONDICIONES DE APLICACIÓN
1 partes	<b>Catalizador.</b> Endurecedor comercial de pinturas.	- <b>Distancia para la aplicación:</b> de (15 a 20) [[cm]] de la superficie. - <b>Número de manos:</b> de (2 a 3) [[manos]] con un intervalo de (1 a 5) [[min]].
30%	<b>Diluyente.</b> Adelgazador comercial de pinturas. Para relleno.	- <b>Secado:</b> en horno a 50 [°C] 2 [[h]], al ambiente 24 [[h]].

Una vez tomada la cantidad antes descrita en el vaso de la pistola de pintar, mezclar bien y pintar.

**Observación.** La primera mano de otro producto (barniz) debe de aplicarse <<SEMI-HUMEDO>>

## BARNIZ

El barniz es utilizado para obtener brillo en el en la pieza y el posterior recubrimiento. Para dar brillo a una pieza son necesarios los siguientes elementos:



TABLA E. 6.  
Relación de mezcla del barniz.

CANTIDAD	ELEMENTOS	CONDICIONES DE APLICACIÓN
2 partes	<b>Barniz.</b> Transparente.	- Utilizar pistola de pulverización. - <b>Presión de aire:</b> ajustar entre (2 a 6) [[bar]]. - <b>Distancia para la aplicación:</b> de (15 a 20) [[cm]] de la superficie.
1 parte	<b>Catalizador.</b> También llamado endurecedor.	- <b>Número de manos:</b> de 1 [[mano]] semi-húmeda y 1 [[mano]] húmeda. Intervalo de espera entre capas (5 a 10) [[min]].
5%	<b>Disolvente.</b> De poliuretano	- <b>Secado:</b> en horno a 50 [°C] 30 [[min]], al ambiente 24 [[h]].

La cantidad de barniz depende de la superficie del objeto, por lo que se recomienda que, por cada 2 partes de barniz utilizado, se agregue 1 parte de

catalizador (o endurecedor) y 5% parte de disolvente. Una vez tomada la cantidad antes mencionada en el vaso de la pistola de pintar, mezclar bien y barnizar.

**Observación.** Luego de la última mano espere 10 [min] antes de hornear la pieza.

## COMPUESTO C

Para la fabricación del compuesto C son necesarios los siguientes elementos:



**TABLA E. 7.**  
**Relación de mezcla del compuesto C.**

CANTIDAD	ELEMENTOS
0,7 [g]	<b>Componente químico C1.</b> Es polvo granulado de color blanco
5 [mL]	Componente químico C2
1	Balanza de precisión de 0,1 [g]
1	Vaso de precipitación graduado
1	Cuchara
1	Jeringa graduada
295 [mL]	Agua de grado III

Tomar 0,7 [g] del componente C1 y añadir en un vaso de precipitación con 50 [mL] de agua de grado III, mezclar bien. Con la jeringa tomar 5 [mL] del componente C2 y añadir al vaso de precipitación. Añadir agua de grado III hasta ajustar 250 [mL]. Mezclar por veinte segundos. Colocarla en su respectivo envase para iniciar el proceso de cromado.

## COMPUESTO G

Para la fabricación del compuesto G1 y G2 son necesarios los siguientes elementos:



**TABLA E. 8.**  
**Relación de mezcla del compuesto G.**

CANTIDAD	ELEMENTOS
30 [mL]	Componente químico G1
5 [mL]	Componente químico G2
1	Vaso de precipitación graduado
1	Cuchara
1	Jeringa graduada
215 [mL]	Agua de grado III

Tomar 30 [mL] del componente G1, 5 [mL] de G2 y añadir agua de grado III hasta ajustar 250 [mL]. Mezclar bien con una cuchara por veinte segundos y colocar la mezcla en su respectivo envase para iniciar el proceso de cromado.

### COMPUESTO R

Para la fabricación del compuesto R son necesarios los siguientes elementos:



**TABLA E. 9.**  
**Relación de mezcla del compuesto R.**

CANTIDAD	ELEMENTOS
15 [mL]	Componente químico R
1	Vaso de precipitación graduado
1	Cuchara
1	Jeringa graduada
235 [mL]	Agua de grado III

Tomar 15 [mL] del componente R y añadir agua de grado III hasta ajustar 250 [mL]. Mezclar bien con una cuchara y colocar la mezcla en su respectivo envase para iniciar el proceso de cromado.

## E.4. INSTALACIÓN Y ALINEACIÓN

1. Trabajar con el sistema de cromado, en un ambiente ventilado y fresco.
2. Trabajar bajo techo para evitar reacciones fotoquímicas con los compuestos químicos.
3. Fijar el sistema de cromado sobre una superficie plana de preferencia de concreto.

### CÁMARA TÉRMICA

1. Ubicar la cámara térmica sobre un mueble preferiblemente una mesa, no dejarla en el piso.
2. Verificar que las conexiones eléctricas no estén sueltas o desgastadas.
3. Conectar la cámara térmica a una línea de alimentación de 110 [VAC] con su respectiva tierra.
4. Comprobar que la bandeja interior esté ubicada correctamente sobre sus apoyos.



### SISTEMA NEUMÁTICO

1. Verificar que las conexiones neumáticas no estén sueltas o desgastadas.
2. Conectar el sistema neumático a la línea de alimentación de aire.
3. Verificar que la presión de aire en la unidad de mantenimiento de la dosificación esté en el rango de (2 a 6) [bar].



### **MESA DE CROMADO**

1. Verificar que no exista empozamiento ni fugas de líquido en la mesa.
2. Colocar la pared de metal en el canal de la mesa, opuesto a la dispersión de las pistolas de cromado.
3. Comprobar que la bandeja superior gire con fluidez.
4. Ubicar un recipiente debajo de la mesa y con conexión a la tubería de desagüe, para la acumulación de los desechos químicos.



## **E.5. PUESTA EN MARCHA**

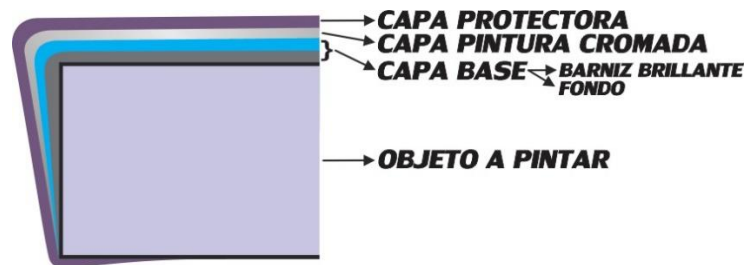
### **CÁMARA TÉRMICA**

1. Girar el interruptor en sentido horario, para energizar y poner en funcionamiento el sistema.
2. Hacer un precalentamiento de 30  $[\text{min}]$ .
3. Ajustar la temperatura deseada de funcionamiento del sistema, mediante los pulsadores (*temperatura recomendada a programar: 50  $[\text{°C}]$* ).

### **SISTEMA NEUMÁTICO**

1. Conectar la salida de aire del compresor a la línea de alimentación de aire del sistema neumático de cromado.
2. Energizar el compresor conectándolo al tomacorriente, según su voltaje de funcionamiento.
3. Encender el compresor (*presión recomendada: 4  $[\text{bar}]$* ).
4. Nunca desconectar la manguera del aire mientras el compresor esté cargado.

## E.6. APLICACIÓN DE LAS CAPAS DE PINTURA



1. Utilizar máscara para partículas y vapores orgánicos, gafas y guantes para la protección personal.



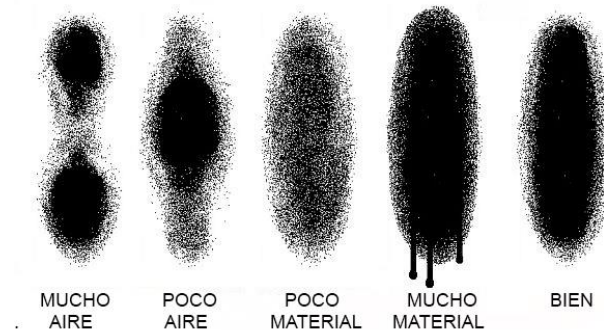
2. Preparar la superficie antes de pintar, puliendo, cepillando o lijando el óxido y la corrosión del metal, removiendo el aceite, el polvo, la suciedad y dejándola secar. Para las superficies plásticas eliminar las superficies irregulares o virutas mediante una lima, lavar con agua y jabón, desengrasar con disolvente, soplar con aire a presión y limpiar con un trapo libre de hiladuras.
3. Preparar el área a pintar mediante cinta para no sobrepasarse.
4. Llenar los recipientes con la cantidad a utilizar, no sobrepasarse, ni dejar para varios días los compuestos, ya que éstos se degradan.

### **PISTOLA ATOMIZADORA**

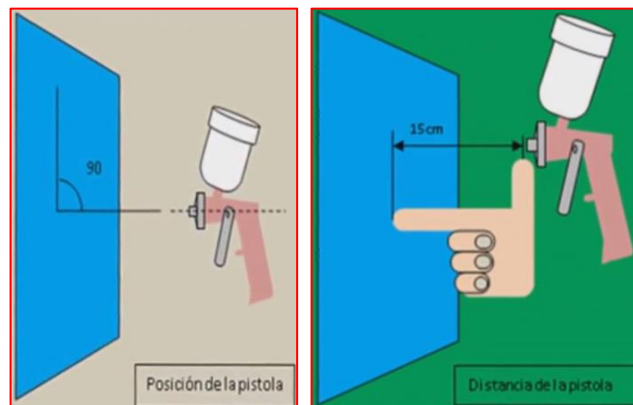
1. Regular la longitud de abanico, mediante la perilla superior, a un patrón de pulverizado en el que no supere el tamaño de la pieza.
2. Ajustar el caudal, mediante la perilla intermedia, a un ritmo en que a más velocidad de aplicación más caudal y viceversa. En general se recomienda que el caudal sea de (1,25 a 5)  $[[mL/s]]$ .



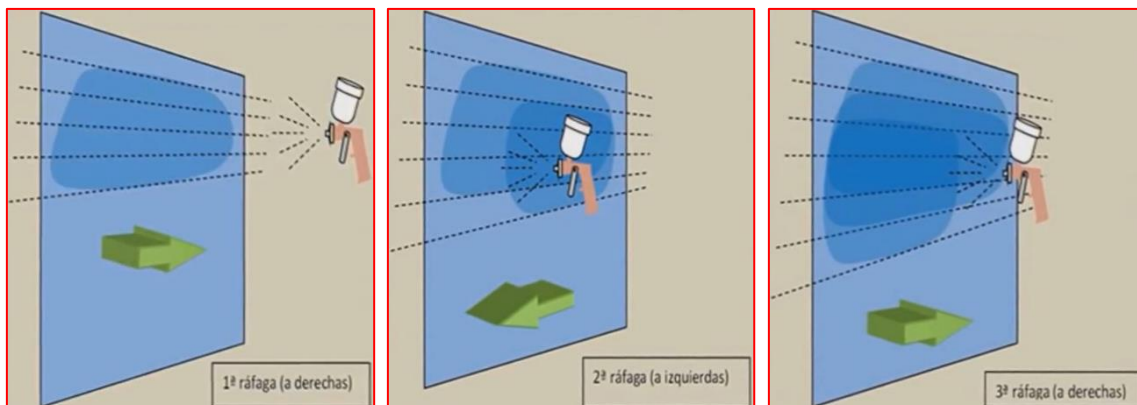
- Regular la presión de entrada de la pistola pulverizadora, mediante la perilla inferior, según las especificaciones técnicas del fabricante recomienda entre (2 a 4) [[bar]].



- Agarrar firmemente la pistola por la empuñadura con la mano hábil, y colocar los dedos medio e índice sobre el gatillo.
- Aplicar la pintura a una distancia de (15 a 20) [[cm]] de la superficie a la pistola atomizadora con un ángulo perpendicular al objeto.



- Mantener la pistola siempre en movimiento mientras está proyectando la pintura, caso contrario provocará sobrecarga de pintura.
- Trazar ráfagas paralelas entre sí con la pistola en ambos sentidos.
- Pintar el objeto de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba; en forma vertical u horizontal, nunca ambas ya que la textura de la superficie tiende a quedar de diferente apariencia al observarla de diferentes ángulos.
- Solapar las ráfagas de pintura, cada pasada de la pistola se debe superponer parcialmente a la anterior; dividir mentalmente el ancho de la ráfaga en cuatro partes, la siguiente pasada en sentido contrario se debe montar en tres de esas cuatro partes de la ráfaga anterior.



### ***PISTOLA DOBLE***

1. El ángulo en el cual deben concurrir los chorros de las pistolas es de aproximadamente 30°.

## **E.7. LIMPIEZA Y DESMONTAJE**

La limpieza y desmontaje del sistema de cromado se lo debe hacer obligatoriamente después de cada sesión de trabajo.

### ***CÁMARA TÉRMICA***

1. Limpiar el interior y la bandeja dejándola libre de residuos químicos, de polvo y humedad.

### ***SISTEMA NEUMÁTICO***

1. Interrumpir el flujo de aire del sistema y eliminar la presión del filtro de aire.
2. Vaciar los recipientes, almacenando las sustancias químicas que no se han degradado, y las que sí lo han hecho arrojárselas al recipiente de acumulación de desechos químicos debajo de la mesa de cromado.
3. Limpiar las pistolas atomizadoras con aire, agua y thinner para evitar la oxidación de las mismas.
4. Ajustar el tornillo hexagonal cada vez que las pistolas hayan sido utilizadas.
5. Purgar el filtro de aire.
6. Purgar el tanque del compresor.

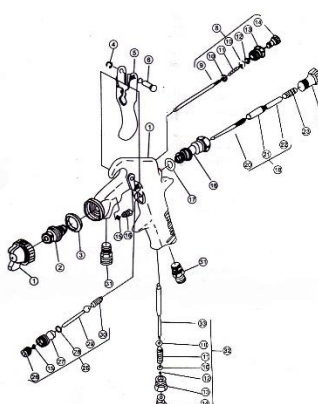
## MESA DE CROMADO

1. Desmontar la pared de la mesa de cromado.
2. Limpiar el canal donde se aloja la pared, dejándolo libre de agua y óxido.
3. Montar la pared de la mesa de cromado.
4. Lavar la mesa con agua común y detergente para evitar la acumulación de los residuos químicos.
5. Secar el rodamiento central de la mesa.
6. Mezclar los residuos químicos acumulados con 50  $[[mL]]$  de ácido nítrico y 950  $[[mL]]$  de agua común, para neutralizar la sustancia, y deshacerse en el sistema de alcantarillado de aguas residuales.

## E.8. MANTENIMIENTO

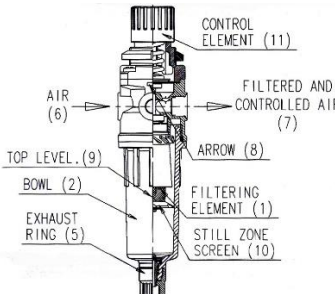
Para un buen funcionamiento del sistema, el usuario deberá seguir el siguiente programa de mantenimiento.

**TABLA E. 10.**  
**Programa de mantenimiento del sistema de cromado. <sup>6</sup>**

PERÍODO	ACTIVIDAD / PRUEBA	PROCEDIMIENTO
Semanal	<p>Pistolas atomizadoras</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpiar la parte externa de la pistola con un pedazo de tela libre de polvo.</li> <li>- Remover la boquilla y tobera, y limpiarlas con solvente utilizando cepillo.</li> <li>- Limpiar las juntas con solvente y con una tela libre de polvo.</li> <li>- Rociar aceite mineral en la boquilla tobera y tornillos.</li> <li>- Rociar una pequeña gota de aceite en la aguja de fluido y en tornillo hexagonal y presionar el gatillo de la pistola sin la presión de aire.</li> <li>- Lubricar con vaselina, grasa o aceite en el tornillo regulador y en los puntos de fricción.</li> </ul>



<sup>6</sup> **NOTA:** Se recomienda seguir este programa de mantenimiento correctamente para evitar que con el uso del sistema se acumule bastantes impurezas o suciedad en el sistema y no tener ningún problema, así garantizar una vida útil y prolongada del sistema y sus componentes.

PERÍODO	ACTIVIDAD / PRUEBA	PROCEDIMIENTO
<b>Mensual</b>	Unidad de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interrumpir el flujo de aire del sistema y eliminar la presión del filtro de aire.</li> <li>- Desenroscar el vaso del filtro.</li> <li>- Limpiar el filtro con abundante agua caliente y detergente.</li> <li>- Enroscar el vaso.</li> <li>- Abrir el flujo de aire del sistema y ponerlo bajo presión.</li> </ul>
	Recipientes de almacenamiento de químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavar los recipientes de almacenamiento de químicos con agua.</li> </ul>
	Mesa de cromado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lubricar con vaselina, grasa o aceite el rodamiento central de la mesa.</li> </ul>



# **ANEXO F.**

## **PLANOS MECÁNICOS**

Los planos de la estructura tipo caja para el sistema neumático y de la cámara térmica se presenta en éste apartado.













# **ANEXO G.**

## **GALERÍA DE IMÁGENES**

Las piezas sometidas al proceso de cromado se presentan en el presente apartado.

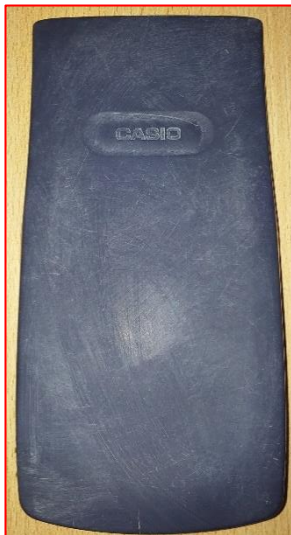


a)



b)

**ILUSTRACIÓN G. 1. El pensador: a) antes; b) después.**



a)



b)

**ILUSTRACIÓN G. 2. Tapa de calculadora, Casio: a) antes; b) después.**



a)



b)

**ILUSTRACIÓN G. 3.** Plato cerámico: a) antes; b) después.



a)



b)

**ILUSTRACIÓN G. 4.** Figura de plástico, Silver Surfer: a) antes; b) después.



a)



b)

**ILUSTRACIÓN G. 5. Candelabro: a) antes; b) después.**



a)

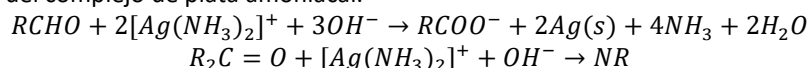


b)

**ILUSTRACIÓN G. 6. Retrovisor: a) antes; b) después.**

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<sup>i</sup> **Reactivo de Tollens.** También conocida como la prueba del *Espejo de Plata*, es un procedimiento de laboratorio para distinguir un aldehído de una cetona. Se mezcla un agente oxidante suave con un aldehído o una cetona desconocida; si el compuesto se oxida, es un aldehído, sino ocurre reacción es una cetona. El complejo de plata amoniacal  $[Ag(NH_3)_2]^+$  en solución básica es el agente oxidante utilizado. Si hay un aldehído presente, éste se oxida a la sal del ácido  $RCOO^-$ . Al mismo tiempo, se produce *Plata Metálica*  $Ag(s)$  por la reducción del complejo de plata amoniacal.



La plata metálica producida en esta reacción recubre la parte interna del recipiente y forma un *Espejo de Plata*. (Wolfe, 1996)

Recibe este nombre en reconocimiento al químico alemán *Bernhard Christian Gottfried Tollens* que alrededor del año 1900 realizó trabajos investigativos en carbohidratos, describiendo la estructura de varios azúcares y desarrollando el reactivo de Tollens. (Tollens, 1888)

<sup>ii</sup> **Aldehído.** Compuesto químico de tipo orgánico que surge cuando determinados alcoholes se oxidan. Es un alcohol que ha perdido átomos de hidrógeno. Disponen de un grupo funcional formilo, que se forma cuando un átomo de hidrógeno es separado del compuesto conocido como formaldehído. Ej: metanal (formaldehído, según la nomenclatura trivial), etanal (acetaldehído), propanal (propaldehído), por nombrar a los más simples de acuerdo al número de carbonos. Los aldehídos pueden actuar como reductores. De este modo, se emplean en distintas industrias para producir pinturas, tinturas, solventes y plásticos, entre otros elementos. También puede utilizarse como conservante y para obtener compuestos como la melanina o la baquelita. Los aldehídos pueden formarse de manera natural, como cuando una persona ingiere una cantidad elevada de bebidas alcohólicas y luego siente el malestar que se conoce como resaca, dicha sensación podría deberse al acetaldehído que se produce en el marco de la metabolización. (Porto, Definición.DE, 2015)

<sup>iii</sup> **Reacción redox (reacción de reducción-oxidación).** Reacción de tipo química que lleva a la transferencia de electrones entre reactivos, alterando el estado de oxidación. De este modo un elemento libera electrones que otro elemento acepta. Aquel elemento que aporta los electrones recibe la denominación *agente reductor*. Se trata del elemento que se *oxida* en el marco de la reacción redox. El elemento que recibe los electrones, por su parte, se denomina *agente oxidante*. Este agente se *reduce* ya que minimiza su estado de oxidación. Ambos procesos se desarrollan en conjunto, siempre que un elemento cede electrones y se oxida, hay otro que los recibe y se reduce. Las reacciones redox se pueden llevar a cabo tanto en medios ácidos como en medios de tipo básico. (Porto & María, Definición.DE, 2013)

<sup>iv</sup> **Barniz.** Disolución de aceites o sustancias resinosas en un disolvente, que se volatiliza o se seca al aire mediante evaporización de disolventes o la acción de un catalizador dejando una capa o película sobre la superficie a la que se ha aplicado. (Diccionario de la lengua española. Espasa-Calpe, 2005). Es un producto sin pigmentar para la decoración y protección de objetos que puede admitir tintes o colorantes que modifican su color y tono. Se diferencia de la laca en que ésta última sólo se puede aplicar a superficies nuevas o pintadas anteriormente con laca, si se aplica a otro tipo de pintura se ablanda o cuartea el material y que sólo se puede utilizar diluyentes específicos para laca. (Aldrich & Leggett, S.f.)

<sup>v</sup> **Imprimación.** Capa de pintura de alta pigmentación que debe proveer de adherencia al soporte y capacidad anticorrosiva al sistema de pintura. (Carbonell, 2010)

<sup>vi</sup> **Envase ámbar.** Es un envase de plástico o vidrio de color entre amarillo y naranja translúcida, son utilizados para guardar sustancias a las cuales la acción fotoquímica de la luz solar las altera. En la reacción fotoquímica, la luz actúa produciendo radicales libres en las moléculas, como  $HO$  o  $CH$ . Determinadas sustancias que tienen la capacidad de absorber luz, produce en sus moléculas un estado de excitación obteniendo más energía que en su estado fundamental. Al contener más energía, la molécula excitada es más reactiva. (Chang & College, 2002)



vii **Ion**. Es un átomo o grupo de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica neta positiva o negativa. (Real Academia Española, 2014)

viii **Conductividad eléctrica (G)**. También denominada conductancia, es la capacidad de un elemento para conducir corriente eléctrica; se mide en siemens  $[[S]]$ . Es el recíproco de la resistencia ( $G = 1/R$ ), o también es igual a  $G = i/v$ , corriente dividido para voltaje. (Alexander & Sadiku, 2006)

ix **Tensioactivo**. También denominado surfactante, son compuestos capaces de disminuir la tensión superficial existente entre dos fases, p. ej.: entre un líquido y un sólido o entre dos líquidos insolubles entre sí. Al disminuir la tensión superficial, los tensioactivos favorecen la mezcla de ambas fases. (Universidad de Alcalá de Henares, 2015)

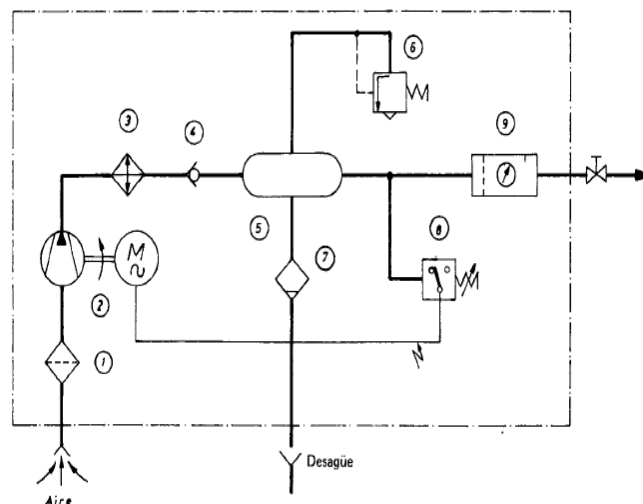
x **Tensioactivo aniónico**. Los surfactantes suelen ser macromoléculas con una estructura básica consistente en una cola hidrófoba y una cabeza hidrófila. La cabeza puede representar grupos con carga o sin carga. Si la carga de la cabeza es negativa, es un tensioactivo aniónico. (Universidad de Alcalá de Henares, 2015)

xi **Efecto Venturi**. Un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta la velocidad al pasar por una zona de sección menor. (Tippens, 2011)

xii **Compresor**. Aparato encargado del proceso de elevación de presión del aire atmosférico en la sección de entrada del sistema neumático. (Heras Jiménez, 2003). El compresor aumenta la presión del aire hasta el nivel de servicio necesario, siendo el componente característico de la sección de entrada de un sistema neumático. El aumento de presión de aire atmosférico en el compresor depende del tipo de compresor y del servicio requerido; en los sistemas neumáticos convencionales este aumento es del orden de (5 a 10)  $[[bar]]$ . A este nivel de presión, el aire a su paso por el compresor, se puede considerar como un gas perfecto. (Roldán Viloria, 1991)

Un compresor típico consta de las siguientes partes:

- (1) Filtro del aire aspirado;
- (2) Grupo motocompresor;
- (3) Refrigerador;
- (4) Válvula antirretorno;
- (5) Acumulador de aire, recipiente;
- (6) Válvula de seguridad. Limitador de presión;
- (7) Purgador manual;
- (8) Presostato (cuando el depósito alcanza la presión máxima, manda una señal de paro al motor); y
- (9) Conjunto de: filtro – indicador de presión – engrasador.



<sup>xiii</sup> **Factor de diseño (N).** Es la medida de seguridad relativa de un componente bajo la acción de la carga. Está definido por códigos establecidos por organizaciones de normalización o se puede establecer el criterio propio para especificar el factor de diseño adecuado, tomando en cuenta asuntos como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente que se va a diseñar, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplean en el proceso de diseño. (Mott, Saldaña Sánchez, Hernández Fernández, & Villanueva Sánchez, Diseño de elementos de máquinas, 2006), emplea los siguientes lineamientos:

**MATERIALES DÚCTILES:**

1. **N = 1, 25 a 2, 0.** El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño;
2. **N = 2, 0 a 2, 5.** Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que suele emplearse comúnmente;
3. **N = 2, 5 a 4, 0.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente;
4. **N = 4, 0 o más.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores;

**MATERIALES FRÁGILES:**

5. **N = 3, 0 a 4, 0.** Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño; y
6. **N = 4, 0 a 8, 0.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

<sup>xiv</sup> **Sumidero.** Abertura, conducto o canal que sirve de desagüe. Pozo negro. (Diccionario de la lengua española, 2005)

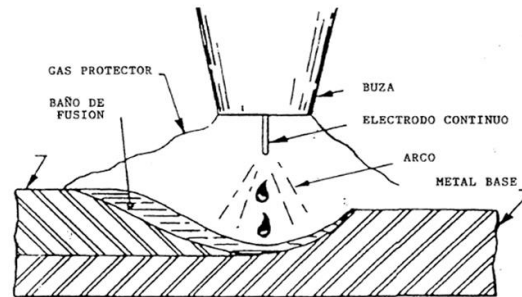
<sup>xv</sup> **Acero.** Es el más versátil de los materiales estructurales, posee alta resistencia, relativo al peso de la estructura; uniformidad, sus propiedades no cambian apreciablemente con el tiempo; elasticidad, soporta esfuerzos altos apegados a los cálculos teóricos de la ley de Hooke (Establece que el alargamiento unitario que experimenta un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada. (Sepúlveda, 2012)); durabilidad, indefinida mediante un mantenimiento adecuado; ductilidad, soporta grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos; tenacidad, posee resistencia, ductilidad y absorbe grandes cantidades de energía sin daño aparente; y gran facilidad para unir diversos miembros, rapidez de montaje, posibilidad de reutilizarse y reciclarse. (McCormac, Csernak, & Díaz, 2012). A diferencia del aluminio posee una mayor resistencia, a altas temperaturas no se mezcla con otros materiales y facilidad de unir piezas del mismo material y con otras de otro material. En contra posición con el titanio tiene mayor rigidez que el acero, es de menor costo y fácil de maquinarlo. A diferencia del bronce es más barato, mayor resistencia al amoníaco, compuestos ferríticos y cianuros. (Mott, Saldaña Sánchez, Hernández Fernández, & Villanueva Sánchez, Diseño de elementos de máquinas, 2006)

<sup>xvi</sup> **Acero Inoxidable.** Es un acero que posee alta resistencia a la corrosión y es utilizado en la fabricación de: tubos de intercambio de calor, equipo de refinación de petróleo, moldaduras automotrices, piezas de hornos y equipos químicos, piezas de motores de turbinas, cuchillería, tijeras, piezas de bombas, piezas de válvulas, instrumentos quirúrgicos y para el sector alimenticio. (Mott, Saldaña Sánchez, Hernández Fernández, & Villanueva Sánchez, Diseño de elementos de máquinas, 2006)

<sup>xvii</sup> **MIG (Metal-Gas Inerte).** Proceso de unión permanente por estado líquido o fusión con arco eléctrico, denominado soldadura por arco metálico y gas (GMAW). En éste proceso el electrodo metálico consumible alimentado por una pistola de soldar está protegido por un gas inerte, generalmente el argón (para aceros al carbono con un porcentaje de  $CO_2$  de 2 a 30%) aunque a veces se prefiere el helio (para aluminio y cobre) debido a su mayor rapidez de generación de calor. No se forma escoria y se puede acumular varias capas con poca o nula limpieza intermedia. Es adecuada para la mayoría de metales.

Para una baja corriente de soldado, ocurre una transferencia por *cortocircuito*: el electrodo toca la pieza de trabajo, la corriente aumenta, la punta del alambre se funde y se transfiere una gotita (el gas protector es

$CO_2$  para el acero y  $Ar - He$  para metales no ferrosos); para mayores intensidades de corriente (con  $CO_2$  casi siempre) prevalece la *transferencia globular*: las partículas más grandes que el electrodo caen por gravedad, la gota se debe separar antes de que llegue al charco de soldadura y sólo es posible la soldadura horizontal; *transferencia por rocío*: para casos en los que se está por encima de densidades críticas de corriente, el metal es transferido en un rocío fino mediante las fuerzas del arco, de ahí se pueden utilizar todas las posiciones de soldadura. (Schey, 2002)



<sup>xviii</sup> **DCEP.** Es una de las dos formas de soldar mediante arco eléctrico, denominado de polaridad invertida o de corriente directa de electrodo positivo, en el que el electrodo conectado al terminal positivo se convierte en ánodo y la pieza de trabajo conectada al terminal negativo se transforma en cátodo. La zona de soldadura es amplia y poco profunda, adecuado para material de calibre delgado. (Schey, 2002)

<sup>xix</sup> **Factor de diseño (N).** Es la medida de seguridad relativa de un componente bajo la acción de la carga. Está definido por códigos establecidos por organizaciones de normalización o se puede establecer el criterio propio para especificar el factor de diseño adecuado, tomando en cuenta asuntos como la naturaleza de la aplicación, el ambiente, la naturaleza de las cargas sobre el componente que se va a diseñar, el análisis de esfuerzos, las propiedades del material y el grado de confianza en los datos que se emplean en el proceso de diseño. (Mott, Saldaña Sánchez, Hernández Fernández, & Villanueva Sánchez, Diseño de elementos de máquinas, 2006), emplea los siguientes lineamientos:

#### **MATERIALES DÚCTILES:**

7.  **$N = 1,25$  a  $2,0$ .** El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño;
8.  **$N = 2,0$  a  $2,5$ .** Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que suele emplearse comúnmente;
9.  **$N = 2,5$  a  $4,0$ .** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente;
10.  **$N = 4,0$  o más.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores;

#### **MATERIALES FRÁGILES:**

11.  **$N = 3,0$  a  $4,0$ .** Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño; y
12.  **$N = 4,0$  a  $8,0$ .** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

<sup>xx</sup> **Abrasión.** Proceso de eliminar material superficial de un sólido mediante fricción de otro sólido o fluido de mayor dureza (abrasivo). (Diccionario Enciclopédico Vox 1., 2009)

<sup>xxi</sup> **Inflamable.** Que se enciende con facilidad y desprende inmediatamente llamas. (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011)

<sup>xxii</sup> **Biodegradable.** Que puede ser degradado por acción biológica. (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011)

<sup>xxiii</sup> **Conductividad térmica ( $\lambda$ ).** Propiedad física de los materiales que mide su capacidad de conducción de calor, es decir, mide cómo de fácil es el paso de calor a través de ellos. Permiten comparar de forma rápida el comportamiento térmico de los materiales y concretamente de los aislantes térmicos. La conductividad térmica es independiente de su espesor. Cuanto menor es su valor, mejor es su comportamiento como aislante debido a que es menos conductor. (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011)

<sup>xxiv</sup> **Resistencia térmica ( $R$ ).** Propiedad física de los materiales que mide su capacidad de oponerse a un flujo de calor. La resistencia térmica total  $R_t$  de un elemento constructivo es la suma de las resistencias térmicas superficiales y la resistencia térmica de las diferentes capas que lo componen. Es útil para poder comparar dos materiales aislantes con diferente espesor y diferente conductividad. Cuanto mayor es el valor, mejor es su comportamiento como aislante térmico, al ofrecer más resistencia al paso del calor.

<sup>xxv</sup> **Poliestireno.** Material plástico que se obtiene por polimerización del estireno, muy utilizada industrialmente para fabricar lentes y aislantes térmicos. (Diccionario de la lengua española, 2005)

<sup>xxvi</sup> **Lana mineral.** Material flexible de fibras inorgánicas constituidas por un entrelazado de filamentos de material pétreo que forman un fieltro que contiene y mantiene el aire en estado inmóvil. (Instituto Valenciano de la Edificación, 2011).

**Fieltro.** Tela hecha de borra, lana o pelo prensados y sin tejer que se usa en la confección de prendas de vestir, en especial de sombreros. (Diccionario Manual de la Lengua Española Vox., 2007)

<sup>xxvii</sup> **Efecto Joule.** Representa la aplicación del principio de conservación de la energía a la transformación de energía eléctrica en calor. Por tanto, la cantidad de calor producida en un conductor en un tiempo  $t$ , por el paso de una corriente constante, es proporcional al cuadrado de la intensidad ( $I$ ) de la corriente por la resistencia ( $R$ ) del conductor. Tiene por expresión:  $Q = R \cdot I^2 \cdot t$ ;

Siendo:

$Q$  : cantidad de calor producida en julios (o joule)  $[[J]]$ ;

$R$  : resistencia del conductor en ohmios  $[[\Omega]]$ ;

$I$  : intensidad que circula en amperios  $[[A]]$ ; y

$t$  : tiempo transcurrido en segundos  $[[s]]$ .

<sup>xxviii</sup> **Transferencia de calor por conducción.** Es un proceso por el que se transfiere energía térmica mediante colisiones de moléculas adyacentes a lo largo de un medio material. El medio en sí no se mueve. La ley de Fourier es una ley empírica que se utiliza para cuantificar la transmisión de calor por conducción: “El flujo de calor por unidad de superficie, que se transmite por conducción desde un punto  $P$  de un material, es directamente proporcional al gradiente de temperatura en dicho punto  $P$ , en la dirección normal,  $n$ ” (Montes Pita, Muñoz Domínguez, & Rovira de Antonio, 2014)

$$\dot{q} \text{ [[W/m}^2\text{]]} \propto \frac{dt}{dn} \rightarrow \dot{q} \text{ [[W/m}^2\text{]]} = -k \cdot \frac{dt}{dn}$$

El signo menos indica que el flujo de calor va de la zona de más temperatura a la zona de menos temperatura.

La constante de proporcionalidad entre el flujo de calor y el gradiente de temperaturas se denomina *conductividad térmica* y depende directamente del tipo de material a través del cual se produce la transmisión de calor. Ésta conductividad térmica es una propiedad física del material que expresa la mayor o menor facilidad que posee un medio para transmitir el calor por conducción.

**Gradiente.** Intensidad de aumento o disminución de una magnitud variable, y curva que lo representa. (Diccionario de la lengua española, 2005)

<sup>xxix</sup> **Transferencia de calor por convección.** Es el proceso por el que se transfiere calor por medio del movimiento real de la masa de un fluido. La ley de enfriamiento de Newton, que es una ley empírica, se refiere a la convección entre la superficie de un sólido y el fluido que lo rodea: “El flujo de calor por unidad de superficie que se transmite por convección entre una superficie y un fluido a distinta temperatura, es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido” (Montes Pita, Muñoz Domínguez, & Rovira de Antonio, 2014)

$$\dot{q} \text{ [[W/m}^2\text{]]} \propto (t_s - t_f) \rightarrow \dot{q} \text{ [[W/m}^2\text{]]} = h \cdot (t_s - t_f)$$

La constante de proporcionalidad entre el flujo de calor y la diferencia de temperatura se denomina coeficiente de transmisión de calor por convección o coeficiente de película.

El coeficiente de transmisión de calor por convección no depende sólo del material de la pared, sino que también depende de: la composición del fluido, geometría de la superficie del sólido y la hidrodinámica del movimiento del fluido a lo largo de la superficie. Por esta razón, los valores del coeficiente de película no están tabulados, sino que se determinan a partir de correlaciones empíricas. La convección puede ser:

- **Forzada.** Cuando el movimiento del fluido es inducido por cualquier medio mecánico (bombas, ventiladores, etc...); y
- **Libre o natural.** Cuando el movimiento del fluido se produce por las diferencias de densidad creadas por las diferencias de temperatura que existen en la masa del fluido.

Ambos tipos de convección pueden ser en régimen laminar o en régimen turbulento.

Los procesos de condensación y ebullición también se consideran procesos convectivos en los que coexiste el movimiento del fluido con un intercambio de calor latente. En la siguiente *tabla* aparecen algunos valores orientativos del coeficiente de película.

SITUACIÓN	$h$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
<b>CONVECCIÓN LIBRE</b>	
Gases	2 a 25
Líquidos	50 a 1 000
<b>CONVECCIÓN FORZADA</b>	
Gases	10 a 500
Líquidos	50 a 20 000
<b>CONVECCIÓN CON CAMBIO DE FASE</b>	
Agua en ebullición	2 500 a 25 000
Vapor en condensación	5 000 a 100 000

Fuente: (Montes Pita, Muñoz Domínguez, & Rovira de Antonio, 2014)

<sup>xxx</sup> **Transferencia de calor por radiación.** Es el proceso por el que el calor se transfiere mediante ondas electromagnéticas. Todos los objetos con una temperatura superior al cero absoluto emiten energía radiante.

La transferencia de calor por radiación se produce por la emisión de energía de la materia que se encuentra a una temperatura finita. Ésta energía es transportada por ondas electromagnéticas (o alternativamente, fotones). Mientras que la transmisión de energía por conducción o convección requiere de un medio material, la radiación no lo precisa, e incluso, se transmite mejor en el vacío.

Existen varias leyes que rigen la transmisión de calor por radiación, entre ellas la más importante es la ley de Stefan – Boltzmann. Se denomina potencia emisiva superficial ( $[W/m^2]$ ) a la energía liberada por unidad de área y de tiempo por una superficie.

La ley Stefan – Boltzmann establece que “La potencia emisiva de una superficie es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta de dicha superficie. El límite superior de potencia emisiva lo establece el cuerpo negro. El flujo de calor emitido por cualquier superficie real es menor que el del cuerpo negro a dicha temperatura”

$$E \text{ [} W/m^2 \text{]} \propto T_s^4 \rightarrow \begin{cases} E_b(\text{cuerpo negro}) = \sigma \cdot T_s^4 \\ E(\text{superficie real}) = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \end{cases}$$

En la expresión anterior:

$E_b$  [ $W/m^2$ ]: es la potencia emisiva del cuerpo negro;

$E$  [ $W/m^2$ ]: es la potencia emisiva de una superficie real;

$T$  [ $K$ ]: es la temperatura absoluta, en Kelvin;

$\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzmann:  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$  [ $W/(m^2 \cdot K^4)$ ];

$\varepsilon$  es una propiedad radiativa de la superficie, denominada emisividad, que proporciona una medida de la eficiencia con que una superficie emite energía en relación a un cuerpo negro:

$$0 \leq \varepsilon \leq 1$$

La ley Stefan – Boltzmann se propuso basándose en pruebas experimentales. Más tarde se demostró que dicha ley podía deducirse de las leyes de la termodinámica y que, por tanto, no es empírica, como las leyes de Fourier y la ley de enfriamiento de Newton.

---

<sup>xxxii</sup> **Termistor.** Sensor resistivo de temperatura (Thermally Sensitive Resistor), funciona variando la su resistividad en respuesta a una determinada temperatura. Son de dos tipos: PTC aumentan su resistencia ante el aumento de temperatura y NTC disminuyen su resistencia ante el aumento de temperatura. Se aplica para medida de temperatura, retardo en el accionamiento de relés, aumento lento de corriente, estabilización de voltajes, entre otros. (Malvino, 2000)

<sup>xxxiii</sup> **Atomización.** Método de aplicación de pintura, en el que el material de revestimiento se forma como una fina niebla que es directamente impulsada sobre la superficie que debe recubrirse. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1981)

<sup>xxxiiii</sup> **Adherencia.** Consistencia de la unión entre un recubrimiento y base. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013)