



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
UNA CABINA PARA PINTADO DE SUELAS DE CALZADO
CON DESCARGA AUTOMÁTICA, PARA LA EMPRESA
CALZADO CASS”**

**AUTORES: WILLIAM EDUARDO MAIZA PÉREZ
DANIEL MAURICIO PASTE LASLUIA**

**DIRECTOR: ING. TERÁN HÉCTOR.
CODIRECTOR: ING.SALAZAR FREDDY.**

LATACUNGA

2015



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA PARA PINTADO DE SUELAS DE CALZADO CON DESCARGA AUTOMÁTICA, PARA LA EMPRESA CALZADO CASS”** realizado por los señores: **WILLIAM EDUARDO MAIZA PÉREZ** y **DANIEL MAURICIO PASTE LASLUIA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **WILLIAM EDUARDO MAIZA PÉREZ** y **DANIEL MAURICIO PASTE LASLUIA** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 26 de Noviembre del 2015



HÉCTOR COCHISE TERÁN HERRERA



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **WILLIAM EDUARDO MAIZA PÉREZ** con cedula de identidad N° 1723247340 y **DANIEL MAURICIO PASTE LASLUISA** con cedula de identidad N° 0503354805 declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA PARA PINTADO DE SUELAS DE CALZADO CON DESCARGA AUTOMÁTICA, PARA LA EMPRESA CALZADO CASS**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en la citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 26 de Noviembre del 2015

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

MAIZA PEREZ WILLIAM

C.C. 1723247340

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

PASTE LASLUISA DANIEL

C.C. 0503354805



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS, **WILLIAM EDUARDO MAIZA PÉREZ** y **DANIEL MAURICIO PASTE LASLUIA**, autorizó a la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA PARA PINTADO DE SUELAS DE CALZADO CON DESCARGA AUTOMÁTICA, PARA LA EMPRESA CALZADO CASS**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 26 de Noviembre del 2015

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

MAIZA PEREZ WILLIAM

C.C. 1723247340

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

PASTE LASLUIA DANIEL

C.C. 0503354805

DEDICATORIA

Dedico mi tesis la cual he llegado a su culminación con esfuerzo y dedicación primeramente A. DIOS quien ha permitido que tome los pasos correctos en toda mi vida y ha permitido que tenga una vida llena de alegría, a niño de Isinche, quien me brindo sus bendiciones siempre, quienes inspiraron mi espíritu para la conclusión de esta tesis de pregrado, en Mecatrónica, a la virgen de la Merced, quien me ha cuidado siempre. A mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria y además de agradecerles todo en cuanto me han ayuda y guiado en toda la carrera.

DEDICATORIA

A **DIOS** por darme la oportunidad de vivir, darme la fuerza para lograr mi meta y por ser una familia bendecida.

A mis **PADRES** Clelia y Héctor por ser un ejemplo para mí, ya que son muy trabajadores y por darme todo lo mejor que existe en la vida, mi educación y su apoyo incondicional para poder cumplir con mis objetivos culminar mi carrera universitaria. Gracias Padre por darme sus consejos sinceros, su experiencia transmitida y por hacerme un hombre de bien. Especialmente a ti mamita por ser el pilar fundamental de mi vida por tu paciencia y amor ¡**Gracias por ser los mejores padres del mundo, los Amo mucho!**

AGRADECIMIENTO

Emito mi agradecimiento por mi tesis la cual he llegado a su culminación con esfuerzo y dedicación primeramente A. DIOS quien ha permitido que tome los pasos correctos en toda mi vida y ha permitido que tenga una vida llena de alegría, a niño de Isinche, quien me brindo sus bendiciones siempre, quienes inspiraron mi espíritu para la conclusión de esta tesis, en Mecatrónica, a la virgen de la Merced, quien me a cuida siempre. A mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago este agradecimiento.

Daniel Mauricio Paste Lasluisa

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis agradecimientos:

Primeramente quiero agradecer a DIOS por darme salud y vida para poder culminar mi carrera y llenarles de felicidad a los seres que siempre han estado a mi lado apoyándome a mis padres y mi familia.

A mis PADRES, Clelia y Héctor seres a quienes respeto, valoro y amo mucho ya que siempre fueron mi apoyo en las buenas y en las malas, siempre supieron darme buenos consejos para poder salir adelante y nunca rendirme, gracias los amo con todo mi ser

A mi FAMILIA, quienes siempre creyeron en mí y me ayudaron para poder ser un ejemplo en esta familia tan maravillosa que siempre estuvieron pendiente de mí.

Mi respeto y gratitud a mis dirigentes de tesis Ing. Héctor Terán e Ing. Freddy Salazar en la cual siempre me dieron buenos consejos, paciencia, conocimiento para poder realizar esta tesis con gran éxito.

Gracias a todos mis amigos que todo el tiempo vivimos momentos de risa, locura, aprendizaje, gracias por ser unos amigos sinceros.

William Eduardo Maiza Pérez

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
RESUMEN.....	xxiii
SUMMARY.....	xxiv

CAPÍTULO I

1.1	Planteamiento del problema	1
1.2	Justificación e importancia	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1.	Objetivo general:	2
1.3.2.	Objetivos específicos:	2
1.4	Metas	2

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	4	
2.1.	Cabinas de pintura	4
2.1.1	Introducción	4
A.	Descripción de la máquina.	4
B.	Tipos cabinas de pintura	5
b.1.	Tipo filtros para aplicación de pintura en polvo	5
b.2.	Tipo ciclónica para aplicación de pintura en polvo	7
b.3.	Tipo seco para aplicación de pintura líquida	8
b.4.	Tipo semi-humedas para aplicación de pintura líquida	9
b.5.	Cabinas-horno para aplicación de pintura líquida automotriz	11
b.6.	Tipo cortina de agua para aplicacion de pintura líquida	13

2.1.2	Clasificación de las pinturas industriales	14
A.	Pinturas de uso general comercial	14
B.	Pinturas de uso en mantenimiento	15
C.	Pinturas industriales	16
c.1.	Pinturas industriales características finales del uso.	16
c.2.	Pintura base o primer.	17
2.1.3	Procesos y metodos de pintura	18
A.	Procesos de pulverizacion de recubrimientos liquidos	19
B.	Recubrimientos orgánicos	19
C.	Métodos de pintado	19
c.1.	Pintura electrostática	19
c.2.	Inmersión	21
2.1.4	Aplicaciones	22
2.1.5	Componentes de la máquina.	23
2.2.	Mecanismos	23
2.2.1	Mecanismos articulados.	23
A.	Mecanismo de manivela-biela y corredera:	24
B.	Mecanismo de yugo escoces:	24
C.	Mecanismo de linea recta:	25
2.2.3	Tipos de roscas	27
A.	Triangular	27
B.	Trapeciales	28
C.	Diente de sierra	28
D.	Redondas	29
E.	Cuadrada	29
2.2.4	Husillos a bolas	29
2.2.5	Cremallera – piñon	30
2.2.6	Bandas y poleas	31
A.	Bandas	31
B.	Poleas	32
b.1.	Poleas simples	32
b.2.	Polea simple fija	32
b.3.	Polea simple móvil	33
b.4.	Poleas para bandas planas	34

C.	Rodamientos lineales	35
c.1.	Casquillos de deslizamiento lineal	35
c.2.	Sistemas de guiado lineal INA	36
2.3	Materiales	37
2.3.1	Aceros	37
A.	Clasificación según la aplicación de los metales.	38
2.3.2	Tratamientos	39
A.	Tratamientos mecánicos	40
B.	Tratamientos en frío	40
C.	Usos:	41
2.4	Dispositivos de maniobra o mando.	42
2.4.1	Generalidades.	42
2.4.2	Disyuntores.	42
2.4.3	Seccionador.	43
2.4.4	Fusibles.	44
2.4.5	Interruptores automáticos magnetotérmicos.	45
2.4.6	Interruptores diferenciales	46
2.4.7	Electroválvulas.	47
A.	Clases y funcionamiento	47
B.	Electroválvulas sencillas	48
C.	Electroválvulas asistidas	48
D.	Electroválvulas de tres vías	48
2.4.8	Dispositivos hidráulicos y neumáticos.	49
A.	El circuito neumático	50
B.	Los compresores	50
b.1	Compresor rotativo de paletas	52
b.2	Compresor rotativo roots	52
b.3	Compresores alternos	53
2.4.9	Bombas hidráulicas	53
A.	Bombas de volumen fijo o bombas de desplazamiento fijo.	54
B.	Bombas de engranes de 1500 lb/plg ² . (tándem)	55
C.	Bomba de engranes de 2000 lb/plg ² .	55
D.	Bomba de engranes de 2000 lb/plg ² – serie 37-x.	56
E.	Bombas de paletas	57

e.1	Bombas de paletas desequilibradas o de eje excéntrico.	57
e.2	Bombas de paletas equilibradas de 1000 lb/plg ² de presión.	57
e.3	Bombas de paletas equilibradas de 2000 lb/plg ² de presión.	58
F.	Bombas de pistón	59
f.1	Bombas de pistón de barril angular. (Vickers)	59
f.2	Bomba diseño Dynex.	59
2.4.10	Válvulas de regulación	60
A.	Válvulas reguladoras	60
a.1	Válvulas limitadoras de presión:	60
a.2	Válvulas de presión:	61
B.	Válvulas de regulación de flujo	61
C.	Válvulas lógicas	62
c.1	Válvula "o".	62
2.4.11	Circuitos hidráulicos	63
A.	Circuito de anillo cerrado	63
B.	Circuito de anillo abierto	64
2.4.13	Ventajas y desventajas de los sistemas hidráulicos	66
2.4.14	Campos de aplicación de la neumática y la hidráulica.	66
2.4.15	Aplicaciones móviles	66
2.4.16	Dispositivos auxiliares	67
2.5	Área eléctrica	68
2.5.1	Accesorios eléctricos	68
A.	Cables eléctricos	68
B.	Canalizaciones electricas	69
2.6	Controladores	70
2.6.1	Introducción	70
2.6.2	Arquitectura del PLC	71
2.6.3	Campos de aplicación de los plc.	72
2.6.4	Lenguaje de programacion	73
A.	Lenguaje ladder	73
B.	Lenguaje booleano (Lista de instrucciones)	75
C.	Diagrama de funciones	75

CAPÍTULO III

DISEÑO MECÁNICO Y NEUMÁTICO DE LA CABINA.	77	
3.1	Introducción	77
3.2	Parámetros de diseño mecánico.	77
3.3.	Esquema del sistema de pintado de suelas.	78
3.4.	Diseño del sistema para sujeción y movimiento longitudinal	78
3.4.1.	Diseño del brazo de sujeción.	79
A.	Determinación de cargas.	79
B.	Análisis de esfuerzos en el brazo de sujeción.	80
b.1.	Informe de solidworks.	80
3.5.	Diseño del sistema de movimiento longitudinal	82
3.5.1.	Determinación de las cargas.	82
3.5.2.	Selección del tornillo de potencia	83
A.	Diseño de cargas	83
B.	Análisis de esfuerzos	88
3.5.3.	Selección del motor en el eje x	90
A.	Cálculo del torque en el eje x	90
B.	Inercia por el peso de la pistola o la carga	91
C.	Inercia del tornillo	91
D.	Inercia del tornillo que acciona el sistema	92
E.	Inercia total	92
F.	Cálculo de la potencia del motor a pasos del eje x	96
3.6.	Diseño del sistema de movimiento rotacional.	97
3.6.1	Determinación de cargas	97
3.6.2	Informe de solidworks	98
3.7.	Diseño del eje de soporte de la suela	100
3.7.1	Análisis de esfuerzos en el eje de la suela.	100
3.7.2	Informe de solidworks.	101
3.7.3	Diseño de la mesa giratoria	102
A.	Análisis de esfuerzos en el brazo de sujeción.	103
B.	Informe de solidworks.	103
3.8.	Diseño de las guías del movimiento longitudinal	105
3.8.1	Determinación de cargas	105
3.8.2	Análisis de esfuerzos en la guía	105

3.8.3	Informe de solidworks	107
3.9.	Selección de la polea y banda	109
3.9.1	Selección de la polea	109
3.9.2	Cálculo de la longitud de la banda	110

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE LA CABINA.

		112
4.1	Condiciones de funcionamiento del sistema eléctrico	112
4.2	Selección de selectores, pulsadores y fusibles.	114
4.2.1	Selección del selector.	115
4.2.2	Pulsador tipo hongo.	115
4.3	Selección de relés auxiliares, driver, finales de carrera	116
4.3.1	Relés auxiliares.	116
4.3.2	Selección de driver.	116
A.	Características:	117
B.	Aplicaciones	117
C.	Seguridad	118
D.	Condiciones de Instalación:	118
E.	Instalación física de motor y driver	119
4.4	Microswitch.	120
4.4.1	Funcionamiento	120
4.4.2	Selección de la fuente de corriente continua.	121
4.5	Selección de instrumentos de montaje.	122
4.5.1	Selección del conductor eléctrico.	122
4.5.2	Selección de conductor de motores y driver.	122
4.5.3	Selección de conductor de PLC.	123
4.6	Dimensionamiento de las protecciones.	123
4.6.1	Selección de la protección principal.	125
4.6.2	Protección de las derivaciones.	125
A.	Motores, drivers, electroválvulas y PLC.	125
B.	Simulación del circuito de potencia.	126
4.7	Selección de PLC.	126

CAPÍTULO V

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	131
5.1 Construcción de la estructura.	131
5.1.1 Definición	131
5.2 Recubrimiento de la estructura de la máquina	132
5.3 Montaje de la base para los tornillos sin fin	133
5.4 Construcción de carros longitudinales	134
5.5 Montaje de rodamientos circulares	134
5.6 Montaje de la barra de sujección de los carros	135
5.7 Montaje de los piñones para el movimiento rotatorio	135
5.8 Montaje de la mesa giratoria	136
5.9 Montaje del tornillo sin fin	137
5.10 Montaje de la pistola automática	138
5.11 Montaje de bomba de diafragma	139
5.12 Montaje de los motores longitudinales	140
5.13 Montaje de los ductos neumáticos	140
5.14 Montaje del sistema hidráulico	142
5.15 Montaje de los microswitch	143
5.15.1 Montaje de los microswitch	143
5.15.2 Cableado eléctrico de los microswitch	144
5.16 Montaje del tablero de control	145
5.17 Montaje de borneras y riel dim	147
5.18 Circuito de potencia	147
5.19 Circuito de control	148
5.20 Montaje de la base para tablero de control	149
5.21 Programación del plc delta DVP16ES200T	150
5.22 Programación del circuito de control	152
5.23 Pruebas y análisis de resultados	158
5.23.1 Pruebas de funcionamiento de sistema neumático	158
A. Pruebas de electrovalvulas	158
B. Pistola automática	158
5.23.2 Prueba de operación del sistema mecánico	159
A. Pruebas en el sistema rotatorio	160
B. Pruebas de movimiento longitudinal	160

5.23.3	Prueba de operación del sistema eléctrico	161
A.	Pruebas de microswitch	161
B.	Pruebas de panel de control	162

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS FINANCIERO	163	
6.1.	Análisis económico	163
6.1.1.	Elementos mecánicos	163
6.1.2.	Elementos neumáticos	164
6.1.3.	Elementos eléctricos y electrónicos	165
6.1.4.	Costos de maquinado	166
6.1.5.	Costo directo total	166
6.1.6.	Costos indirectos	167
6.1.7.	Costo indirecto total	167
6.1.8.	Costos de operación	167
6.1.9.	Gastos de operación antes de construir la máquina	169
6.1.10.	Costos de producción	170
6.1.11.	Gasto total de la máquina	171
6.2.	Estructura de financiamiento	171
6.3.	Inversión de inicial de la máquina	171
6.4.	Proyección de la inversión para un año	172
6.5.	Flujo de caja	172
6.6.	Periodo de recuperación del capital	173
6.6.1.	Valor presente neto (vpn)	173
6.6.2.	Tasa interna de retorno (tir)	175
6.6.3.	Período real de recuperación de la inversión (pri)	175
6.6.4.	Recuperación de la inversión	176
6.6.5.	Relación beneficio - costo (rbc)	176
6.7.	Interpretación del análisis financiero	177

CAPÍTULO VII**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1 Conclusiones	179
7.2 Recomendaciones	181

BIBLIOGRAFÍA	182
---------------------	------------

NETGRAFIA	182
------------------	------------

ANEXOS	183
---------------	------------

ANEXO A: FOTOGRAFÍAS DE LA MÁQUINA

ANEXO B: VIDEOS DE LA MÁQUINA

ANEXO C: CATÁLOGOS DEL PLC DELTA DVP16ES200T

ANEXO D: CATÁLOGO DRIVER

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Comparación de circuitos eléctricos y circuitos neumáticos.	50
Tabla 2	Cuadro de simbología de Lenguaje Ladder.	74
Tabla 3	Lenguaje textual.....	75
Tabla 4	Peso de los componentes de la máquina.	83
Tabla 5	Longitud máxima del husillo.....	87
Tabla 6	Longitudes estándares de correas DIN/ISO.....	111
Tabla 7	Características técnicas de la fuente de corriente continua.....	122
Tabla 8	Variables de entrada.....	156
Tabla 9	Variables de salida.....	156
Tabla 10.	Costo de materiales mecánicos.....	163
Tabla 11.	Costo de elementos neumáticos.....	164
Tabla 12.	Gastos de los elementos eléctricos y electrónicos.....	165
Tabla 13.	Costos de maquinado.....	166
Tabla 14.	Costo directo total.....	166
Tabla 15.	Costos indirectos.....	167
Tabla 16.	Costos indirecto total.....	167
Tabla 17.	Costos de producción.....	170
Tabla18.	Gastos totales de la máquina.....	171
Tabla19.	Inversión inicial de la máquina.....	172
Tabla 20.	Proyección de la inversión para un año.....	172
Tabla 21.	Flujo de caja.....	173
Tabla 22.	Rango de valores límites para que el proyecto.....	177
Tabla 23.	Rango de valores obtenidos en el análisis financiero.....	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Cabinas de pintura tipo filtros	6
Figura 2	Cabinas de pintura tipo ciclónica	8
Figura 3	Cabina tipo seco	9
Figura 4	Cabinas de pintura tipo semi-húmedas.....	11
Figura 5	Cabinas-horno	12
Figura 6	Cabinas tipo cortina de agua	14
Figura 7	Vista de la ejecución de un pintado con pintura electrostática...21	
Figura 8	Vista del sistema de pintura por inmersión.	22
Figura 9	Mecanismo de Manivela-Biela Corredera	24
Figura 10	Mecanismo de Yugo Escocés.....	25
Figura 11	Mecanismo de SCOTT RUSELL.....	26
Figura 12	Vista de dos tipos de elevadores.	27
Figura 13	Rosca triangular.....	28
Figura 14	Rosca trapecial.	28
Figura 15	Rosca diente de sierra.	28
Figura 16	Rosca redonda.....	29
Figura 17	Rosca cuadrada.....	29
Figura 18	Corte transversal del husillo de bolas.	30
Figura 19	Vistas de un piñón y cremallera.	31
Figura 20	Polea simple fija.....	33
Figura 21	Polea simple móvil	33
Figura 22	Partes de una polea.....	34
Figura 23	Poleas para bandas planas.	34
Figura 24	Vista de distintos tipos de sistemas de guiado lineal.	36
Figura 25	Vista del sistema de guiado lineal INA.....	37
Figura 26	Vista de distintitos tipos de materiales	41
Figura 27	Vista física de un disyuntor	43
Figura 28	Seccionador de baja tensión trifásico	43
Figura 29	Vista física de algunas clases de fusibles.....	45
Figura 30	Vista interna de un interruptor automático magneto térmico.....	45
Figura 31	Esquema de un interruptor diferencial	46
Figura 32	Vista esquemática de un circuito hidráulico o neumático.....	49
Figura 33	Vista física de un compresor.....	51
Figura 34	Simbología de un compresor.	51
Figura 35	Vista del sentido de flujo del aire en un Compresor rotativo	52
Figura 36	Vista del sentido de flujo del aire en un Compresor rotativo Roots	52
Figura 37	Bomba de engranes Simple.....	54
Figura 38	Bomba de engranes en Tándem Commercial Serie D.....	55
Figura 39	Bomba Commercial en Tándem de la Serie H.....	56

Figura 40	Bomba Commercial en Tándem de la Serie 37-X.....	56
Figura 41	Bomba de Paletas desequilibradas.....	57
Figura 42	Bomba de Paletas Vickers.....	58
Figura 43	Bomba de Paletas Denison.	58
Figura 44	Bomba Vickers de Pistón de desplazamiento Fijo.	59
Figura 45	Bomba de Pistón axial Dynex.	60
Figura 46	Simbología de una válvula de presión.	61
Figura 47	Válvula de regulación de flujo bidireccional.	62
Figura 48	Válvula de regulación de flujo unidireccional.	62
Figura 49	Representación física y simbólica de una válvula O.	63
Figura 50	Esquema a bloques de un circuito hidráulico.....	63
Figura 51	Vista física de un circuito hidráulico.	65
Figura 52	Vistas del funcionamiento de un circuito hidráulico.....	65
Figura 53	Vista física de un elevador hidráulico.....	65
Figura 54	Vista simbólica de una unidad de mantenimiento hidráulica.....	68
Figura 55	Cables Eléctricos.	69
Figura 56	Canalizaciones Eléctricas.	70
Figura 57	Arquitectura del PLC.....	71
Figura 58	Módulos del PLC.....	72
Figura 59	Lenguaje gráfico.	74
Figura 60	Diagrama de Funciones.....	76
Figura 61	Sistema para sujeción y movimiento longitudinal de la pistola.	79
Figura 62	Cargas sobre el brazo de sujeción de las pistolas.....	79
Figura 63	Modelado 3D del brazo de sujeción de las pistolas.	80
Figura 64	Tensión de Von Mises generado en el brazo de sujeción.....	81
Figura 65	Desplazamiento resultante en el brazo de sujeción.....	81
Figura 66	Factor de diseño para el brazo de sujeción.	82
Figura 67	Cálculo de momento del tornillo en el eje x.	85
Figura 68	Círculo de Morh.....	86
Figura 69	Asignación de fuerzas y sujeciones del eje X.	88
Figura 70	Tensión de Von Mises generado en el eje x.	88
Figura 71	Desplazamiento resultante en el eje x.	89
Figura 72	Factor de diseño para el eje x.....	90
Figura 73	Transmisión de movimiento horizontal.....	90
Figura 74	Cargas sobre el eje de rotación de la mesa.	97
Figura 75	Tensión de Von Mises de la mesa.	99
Figura 76	Desplazamiento resultante en eje de rotación de la mesa.	99
Figura 77	Factor de diseño para el eje de rotación de la mesa.	100
Figura 78	Modelado 3D del EJE DE LA SUELA.	100
Figura 79	Tensión de Von Mises generado en el eje de la suela.....	101
Figura 80	Desplazamiento resultante en el eje de la suela.....	102
Figura 81	Factor de diseño para el brazo de sujeción.	102
Figura 82	Modelado 3D de la mesa giratoria.	103
Figura 83	Tensión de Von Mises generado en la mesa giratoria.	104

Figura 84	Desplazamiento resultante en la mesa giratoria.....	104
Figura 85	Factor de diseño para la mesa giratoria.	105
Figura 86	Cargas que actúan en el eje guía.	106
Figura 87	Tensión de Von Mises generado en la mesa giratoria.....	108
Figura 88	Desplazamiento resultante en la mesa giratoria.....	108
Figura 89	Factor de diseño para la mesa giratoria.	109
Figura 90	Selector de dos posiciones.....	115
Figura 91	Pulsador tipo hongo.....	116
Figura 92	Vista física de un relé auxiliar.	116
Figura 93	Vista física de un driver XINJE DP-508.	117
Figura 94	Diagrama de conexión entre motor a paso y driver.	119
Figura 95	Tipos de microswitch.	121
Figura 96	Fuente de poder.....	121
Figura 97	Vista de perfil DIN y canaleta.....	122
Figura 98	Vista de una sobrecarga en una regleta.	124
Figura 99	Vista de elementos de protección.	125
Figura 100	Vista de fusibles rápido tipo L.	126
Figura 101	Criterios cuantitativos para la selección de un PLC.....	128
Figura 102	PLC DELTA DVPE200T.....	129
Figura 103	Construcción de la estructura de la máquina.....	132
Figura 104	Vista del recubrimiento y formación del cono de succión.	133
Figura 105	Base para colocación de tornillos sin fin.....	133
Figura 106	Vista de carro longitudinal.....	134
Figura 107	Vista de la guía con los rodamientos internos.	134
Figura 108	Barra de acero inoxidable de 1" de espesor.	135
Figura 109	Satélite y planetarios.....	136
Figura 110	Vista de los elementos de montaje de la mesa.....	137
Figura 111	Diferentes vistas de los tornillos sin fin.	138
Figura 112	Vista del montaje de la pistola automática.....	139
Figura 113	Vista de la instalación de bomba de diafragma.	139
Figura 114	Vistas de los motores y montaje de los motores.....	140
Figura 115	Montaje de los ductos de pistola.....	141
Figura 116	Conexión neumática de la bomba de diafragma.....	141
Figura 117	Conexión neumática de electroválvulas.....	142
Figura 118	Vista de la bomba hidráulica.....	142
Figura 119	Vista de los soportes de la mesa.	143
Figura 120	Vista de los microswitch y lugar a colocarlos.....	144
Figura 121	Cable y dispositivos usados para el cableado eléctrico.	144
Figura 122	Distribución de mangueras alrededor de la máquina.....	145
Figura 123	Diferentes vistas del cableado del tablero de control.....	146
Figura 124	Instalación de riel din y borneras.	147
Figura 125	Vista de elementos y circuito de potencia.....	148
Figura 126	Cable y montaje de circuito de control.....	149
Figura 127	Marco de la caja de control.....	149

Figura 128	PLC DELTA DVP16ES200T.	150
Figura 129	Ventana de inicio del programa.	152
Figura 130	Ventana de selección de PLC y configuración.....	152
Figura 131	Ventana para llenar los parámetros de configuración.....	153
Figura 132	Vista de los modos de programación.....	153
Figura 133	Ventana de configuración de comunicación.	154
Figura 134	Ventana de configuración de parámetros de comunicación. .	154
Figura 135	Ventana de programación.....	155
Figura 136	Ventana del programa a ejecutar por la máquina.	155
Figura 137	Ventana de transferencia del programa al PLC.	157
Figura 138	Tablero de control.	157
Figura 139	Electroválvulas.....	158
Figura 140	Sistema de pintado.	159
Figura 141	Mesa giratoria.	160
Figura 142	Vista de instalación de tornillos sin fin.	161
Figura 143	Vista de microswitch.	161
Figura 144	Panel de control.....	162

RESUMEN

El presente en proyecto consistió tener la finalidad el pintado de las suelas de calzado de manera automática y sin que el operario sufra lesiones y no este expuesto a gases tóxicos. En el sistema mecánico, el diseño de los componentes mecánicos se lo realizó de forma analítica y tecnológica utilizando el software SolidWorks 2015, de esta manera se verificó que estos elementos tengan un adecuado factor de seguridad y no fallen en el proceso .En el sistema neumático, el diseño se lo realizó considerando la presión, caudal para poder pintar las suelas. En el sistema eléctrico, el diseño del circuito de control se lo realizará mediante componentes como finales de carrera, motores a pasos, etc. Para la programación del sistema automático se utiliza un PLC-DELTA DVPE200T que se lo hizo mediante programación Ladder. En el funcionamiento consiste en pintar las suelas con un sistema de pintado automático, se llena de pintura en el vaso de la pistola de pintura, para el pintado entra a funcionar un motor a pasos de D.C. que mueve el carro de forma longitudinal y pinta la suela en el sentido que se mueve, después entra a funcionar un segundo un motor de D.C. para mover la mesa giratoria de forma secuencial y pinta la suela, cuando ya está pintado la primera plantilla se casa de forma rápida por medio de un operador y así empezamos con el mismo ciclo hasta que este pintado en su totalidad.

PALABRAS CLAVE:

- **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**
- **CALZADO – INDUSTRIA Y COMERCIO**
- **CALZADO – ECUADOR**
- **CALZADO – CABINA DE PINTURA**

SUMMARY

The present project is intended to have painted the soles of shoes automatically and without operator injuries and not exposed to toxic gases. In the mechanical system, the design of the mechanical components are made of analytical and technological form using the software SolidWorks 2015 thus verified that these elements have adequate safety factor and not fail in the pneumatic system process .In The design was made considering the pressure, flow to paint the soles. In the electrical system, the design of the control circuit is made by components such as limit switches, stepper motors, etc. For programming the automatic PLC-DELTA DVPES200T they did so by using Ladder programming. In the operation it involves painting the soles with an automatic painted, filled the glass paint gun paint for painting comes to running a stepper motor DC that moves the carriage longitudinally and paints the sole in the direction that moves, then enters run one second DC motor to move the turntable sequentially and soles paints, and painted when the first team was home quickly through an operator and so we begin with the same cycle until it is painted in full.

KEYWORDS:

- **INDUSTRIAL AUTOMATION**
- **FOOTWEAR – INDUSTRY AND COMMERCE**
- **FOOTWEAR – ECUADOR**
- **FOOTWEAR – PAINT BOOTH**

CAPÍTULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La empresa “calzado Cass” es una empresa en constante desarrollo la cual va incrementando maquinaria y tecnología día con día para lo cual se ven en la necesidad de implementar en su empresa una maquina la cual les ayude a realizar sus labores con mayor rapidez, debido a que se avisto la necesidad de aumentar su producción en el terminado del calzado se vio en la necesidad de realizar el pintado de las suelas de forma automática, para ello se ve a implementar una máquina que se satisfaga esta necesidad de una manera óptima esto quiere decir que esta máquina posea un grado de automatización alto para incrementar la producción en una cantidad alta y con gran perfección en el terminado.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA:

El presente proyecto es orientado a las industrias del calzado para mejorar la producción, evitar el desperdicio de material de pintado, e incrementar los índices de ingresos para la empresa.

Por esta razón para la empresa calzado Cass es de gran necesidad una cabina de pintado la cual le permita realizar la tarea de pintado de las suelas del calzado de una forma automática , evitando desperdicios de material y además de ejecutar las tareas sin ningún inconveniente, para esto la cabina de pintado debe de poseer en todo su sistema sensores los cuales ayuden a que se realicen las actividades de forma automática y sincronizada, para así tener un acabado final excelente y mejorando la producción total.

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1. OBJETIVO GENERAL:

DISEÑAR, CONSTRUIR E IMPLEMENTAR UNA CABINA PARA PINTADO DE SUELAS DE CALZADO CON DESCARGA AUTOMATICA, PARA LA EMPRESA CALZADO CASS.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Diseñar los planos de distribución de la cabina y mesa giratoria de pintado de suelas de calzado.
- Calcular material para la fabricación de la cabina de pintado de suelas de calzado
- Diseñar cabina, mesa giratoria.
- Seleccionar el motor principal y secundarios
- Seleccionar componentes eléctricos y electrónicos
- Montar la cabina y mesa giratoria.
- Montar el sistema de pintado automático.
- Montar el sistema hidráulico de la máquina.
- Definir la factibilidad de manejo de la maquina por parte de los operadores.
- Realizar pruebas y resultados del funcionamiento correcto de la implementación de la máquina.

1.4 METAS:

- Diseño de la cabina de pintado para mejorar la producción de la empresa en un lapso de un mes.
- Selección de componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos e hidráulicos de la cabina de pintado en un lapso de un mes a partir del diseño del salva escaleras.

- Implementación estructural de la cabina de pintado en un lapso de dos meses a partir de la selección de los distintos componentes.
- Montaje de la estructura en un lapso de un mes a partir de la implementación de la estructura.
- Implementación de los sistemas eléctricos, electrónicos e hidráulicos en un lapso de dos meses a partir del montaje de la estructura.
- Programación de la automatización de cada una de las etapas que va a cumplir la cabina de pintado en las diversas tareas a ejecutar en un lapso de un mes a partir de la implementación de los sistemas eléctricos, electrónicos e hidráulicos.
- Pruebas y resultados realizados del correcto funcionamiento de la cabina de pintado implementado en el séptimo mes a partir de la aprobación del proyecto

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1. Cabinas de pintura

2.1.1 Introducción

Las cabinas de pintura, en nuestra época forman parte de las industrias en su gran mayoría por estas ayudan en agilizar los procesos y a su vez acelerar los ciclos de producción de los diferentes productos a ser fabricados, además que estas cabinas nos brindan diversas formas de ser aplicadas por su gran versatilidad dependiendo de la tarea a la cual va a ser asignada, ya que nos permiten añadirles características especiales de funcionamiento para poder que ejecute las tareas de una manera eficiente, para la aplicación de tareas diversas nos permite asignar accesorios que funcionen como parte de la cabina así llegando que en las industrias sean de gran utilidad para la terminación de procesos secuenciales.

A. Descripción de la máquina.

La cabina de pintado de suelas de calzado es una máquina la cual parte de un principio manual que es pintar las suelas una a una mediante un soplete, para esto la cabina de pintura de suelas de calzado debe tener sistemas los cuales ejecuten esta actividad de forma automática salvo que la carga del material es manual debido a que no se proporciona ningún aumento en la productividad el automatizado en la parte de carga del material a la máquina para que pueda ser pintado.

La cabina de pintado de suelas de calzado va a constar de tres partes muy importantes las cuales son la parte de descarga del material o suela

ya pintados para acelerar la producción y evitar daños en la pintura por realizar la descarga de forma manual, la segunda parte es una mesa giratoria la cual nos permite realizar de una manera sincronizada el pintado y carga y descarga del material y por último la zona de pintado la cual consta de un soplete el cual funcionara de forma autónoma en todo el ciclo de la máquina.

La cabina tendrá un tablero de control para la ejecución de cada una de las tareas, el funcionamiento de la cabina de pintado empezara desde la colocación de suela en el primer soporte el cual girara por estar colocada en la mesa giratoria hasta su punto en la zona de pintado en donde esta tarea se realizará de forma automática, para después volver a girar a la zona de descarga en donde esta se realizara de forma automática y aumenta el índice de producción.

B. Tipos cabinas de pintura

Según su aplicación y utilización se clasifican en:

b.1. Tipo filtros para aplicación de pintura en polvo

Este tipo de cabina usan un principio electrostático el cual ayuda a que se aplique de una manera eficaz la pintura en polvo, la pintura se adhiere en capas por estar libre en el entorno, al realizar el pintado por este método se obtiene una ventaja muy importante la cual es maximizar la recuperación de la pintura esto es que utilizar 2 etapas de filtrado para tener además un plenum el cual nos permite que se asegure la etapa de la limpieza del aire que es emitido al ambiente lo que permite tener un ambiente en la planta limpio de impurezas es decir un aire libre de contaminantes externos, las etapas de procesado de las plantas como también la descontaminación son las cualidades las cuales se reglamentan por autoridades externas como internas en todos los países del mundo, dando esto una ventaja que se la puede determinar por no tener solventes

los cuales afecten a la ecología es decir al medio ambiente y otra ventaja sería la reutilización de la pintura usada.

En esta clase de cabina se usa pintura del tipo epoxica que es una pintura idónea para la cabina. Además de esta también se puede usar pinturas poliéster o una mezcla entre la primera mencionada y la pintura de poliéster estas se las usa dependiendo del proceso a ser ejecutado. Para lo existe varias combinaciones pero las más esenciales son 2: la primera combinación se la puede clasificar por los sistemas los cuales se destacan por ser de alta producción (continuos) esta clase de pintura es aplicada de tal manera que en el proceso se usan un transportador aéreo o también puede usar un sistema de baja producción (tipo batch), el cual permite realizar una configuración de 1 a 4 pintores el cual permite tener un pintado de gran calidad y uniforme de la pintura a los diferentes objetos a ser pintados.

Las características más sobresalientes de este tipo de cabina es que al realizar su trabajo permiten la facilidad de los procesos otra pero no menos importantes es que por su forma permite tener eficiencia al realizar una tarea de pintado.

Otra de las características resaltables es que esta clase de cabinas pueden ser configuradas de tal manera que satisfagan las necesidades de los usuarios o así como las características especiales indicadas por ellos que necesitan que posea la cabina las cuales pueden estar entre producción, los tamaños de piezas que van a ser pintadas en el interior de la cabina y la calidad del producto terminado.

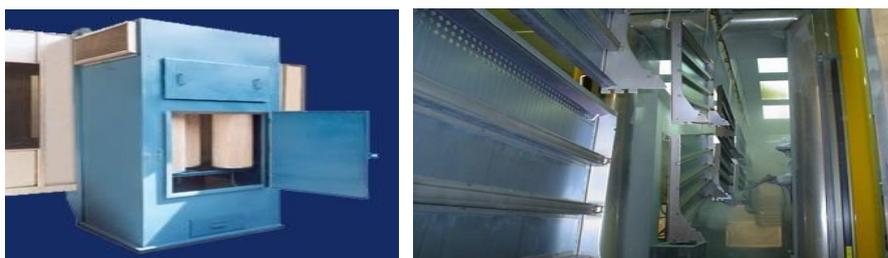


Figura 1 Cabinas de pintura tipo filtros

b.2. Tipo ciclónica para aplicación de pintura en polvo

El tipo de cabina ciclónica está fabricada para usar un principio electrostático para aplicación de pintura en polvo, esto se debe que está cargada la pintura para así poder que se adhiere al metal perfectamente en capas.

Las características esenciales de este tipo de cabina están en que tienen una estructura simple de fabricación la cual además permite que la pintura sea recuperada por un elemento adicional conocido como ciclón colector por lo cual no se invierte mucho material para su fabricación ayudando así que lleguen tener bajos costos. La principal utilidad de estas cabinas es en especial en elementos donde no se requiera de cambio de pintura en el proceso.

Esta tipo de cabinas cuentan con cero contaminantes esto se debe que se están regularizando los estándares de esta cabina esto es por autoridades internas y externas en países de todo el planeta por lo que este tipo de proceso representada una ventaja ecológica al no contener solventes para que estos puedan crear un ambiente limpio y sin contaminantes y también económica por poseer una recuperación de la pintura en polvo la cual podrá ser reutilizada en procesos posteriores.

En esta clase de cabina se usa pintura del tipo epóxica que es una pintura idónea para la cabina. Además de esta también se puede usar pinturas poliéster o una mezcla entre la primera mencionada y la pintura de poliéster estas se las usa dependiendo del proceso a ser ejecutado. Para lo existe varias combinaciones pero las más esenciales son 2: transportador aéreo o tipo batch. Las cabinas de este tipo dependiendo de la utilidad a ser asignada constan con uno o dos pintores los cuales servirán para la aplicación de la pintura y además que serán construidas en un sistema modular para que facilite el traslado o modificaciones requeridas por el usuario y el proceso.

Cuentan con gran versatilidad en configuraciones de este tipo de cabina esto es que satisfagan las necesidades de los usuarios o así como las características especiales indicadas por ellos que necesitan que posea la cabina las cuales pueden estar entre producción, los tamaños de piezas que van a ser pintadas en el interior de la cabina y la calidad del producto terminado.



Figura 2 Cabinas de pintura tipo ciclónica

b.3. Tipo seco para aplicación de pintura líquida

El tipo de cabinas de tipo seco están formadas de tal forma que faciliten la aspersion de pintura líquida o barniz para poder tener la utilidad esencial que es de la captación de pintura, reteniendo el overspray esto se realiza al forzarlo a pasar por las unidades de filtrado que están distribuidas en la máquina, además mediante una presión de aire y prevenir la expulsión del aire contaminante a la atmósfera para evitar contaminaciones ambientales, por estas razones y muchas otras no destacadas aquí es por lo cual son muy usadas en diversidad de industrias como la del mueble, industria metalmeccánica entre otras industrias de similares características a las indicadas anteriormente. La principal utilidad de este tipo de cabinas es de proveer a los usuarios un espacio totalmente el cual está libre de polvo para poder tener acabados de gran calidad según el requerimiento del proceso y necesidades de finalización de trabajos en este tipo de cabina.

Además este tipo de cabinas cuentan con un presurizado de aire limpio filtrado al exterior el cual mantiene un bajo factor de emisiones contaminantes al aire por emisiones de este tipo de cabinas están siendo reglamentadas y regularizadas por autoridades internas y externas de todos los países del planeta para que se encuentren en niveles de contaminación aceptables para el medio ambiente. La gran versatilidad de este tipo de cabinas posee configuraciones las cuales satisfacen cada una de los diversos requerimientos de los usuarios que van en función de producción, el tamaños de piezas a pintar es una de las tareas a satisfacer por la cabina y la calidad de su proceso a ejecutarse además que están constituidas de tal manera que tengan unidades de filtrado las cuales puedan ser reusado o reciclado de tan manera que puedan ser usados en posteriores procesos.



Figura 3 Cabina tipo seco

b.4. Tipo semi-húmedas para aplicación de pintura líquida

La cabina de tipo semi húmeda está fabricada de tal forma que puedan satisfacer la aplicación de pintura líquida la cual la tarea fundamental de la cabina es que puede absorber la pintura de tal forma que se evite la expulsión de la pintura al medio ambiente, lo cual ayuda a que eviten los contaminantes, esta clase de cabinas tienen su principal aplicación en la industria de pintado automotriz para el acabado de la carrocería de los automóviles, camionetas o camiones.

Este tipo de cabina semi húmeda cuenta con una característica esencial que es que facilita a los usuarios el espacio de la cabina el cual está totalmente libre de polvo del exterior esto quiere decir que es totalmente sellado herméticamente para obtener el acabado deseado que es un acado óptimo para mejorar los procesos de acabado, lo cual es lo más importante de los requerimientos de la industria automotriz así que permite realizar pintado de gran calidad con cualquier tipo de clima o inclemencia del tiempo.

Una de las funciones que se destacan en este tipo de cabinas es la extracción que se desarrolla de tal manera que a través del piso de la cabina llega a forzar el punto conocido como overspray esto se lo realiza utilizando una presión de aire el cual al trabajar en la cabina es atrapado en una trampa de agua fabricada para la deposición de las partículas de pintura provenientes del proceso de pintado. Estas cabinas poseen un sistema de lavado por aspersion como segunda etapa de filtración el cual su función es la de no permitir la salida de pintura al exterior esto ocurre por medios como chimeneas de salida lo que ayuda a que las emisiones contaminantes al medio ambiente sea bajo y así evitan daños al clima del mundo las cuales están reglamentadas por autoridades internas y externas de todos los países del mundo dando características ecológicas óptimas.

Las cabinas del tipo semi húmedas constan de gran versatilidad en cada una de las configuraciones permisibles por estas para satisfacer los diversos requerimientos de los usuarios que dependen de función de producción a cumplir, otra de las características es el tamaños de los vehículos que ingresaran a la cabina para poder ser pintados y la calidad de su proceso a ejecutarse además que están constituidas de tal manera que tengan unidades de filtrado las cuales puedan ser reusado o reciclado de tan manera que puedan ser usados en posteriores procesos.



Figura 4 Cabinas de pintura tipo semi-húmedas

b.5. Cabinas-horno para aplicación de pintura líquida automotriz

Las cabinas de tipo horno están fabricadas de tal forma que se pueda realizar la tarea de aplicación de pintura líquida pero para lo cual se debe tener en cuenta que la función principal será la captación de la pintura esto se debe a que se tiene que evitar la expulsión de la pintura al medio ambiente, este tipo de cabinas tienen un gran aceptación en muchas clases de industrias como son la industria de pintado automotriz en la cual permite pintar automóviles, camionetas o camiones obtiene un acabado de calidad. Una de las cualidades esenciales de este tipo de cabinas están en que provee a los usuarios de las cabinas espacios totalmente libres de polvo del exterior esto sería por contaminantes como polvo basura entre otros ayudando esta característica para mantener un buen acabado final lo cual en la industria es de manera significativa para procesos terminales

como es el pintado de los automóviles es por lo que es un importante requerimiento de la industria automotriz que permite realizar trabajos en cualquier clase de ambientes como lluvia, exceso de sol, polvo entre otras inclemencias debidas por cambios climáticos.

Las cabinas tipo horno son construidas de tal manera que permitan realizar el pintado de los automóviles dentro de la cabina esto es que una vez dentro de la cabina los automóviles se procederán a ser horneados esto se debe a la unidad que está constituida la cabina la cual está conformada por un sistema de calefacción además que este tiene un equipo de combustión que realiza la tarea de transmitir el calor a través de ductos de forma constante y uniforme, además que unas rejillas ajustables ayudan a esta tarea sea más fácil.

Esta cabina cuenta con una característica destacable que es que posee una gran cantidad de posibles configuraciones esto para ayudar en la tareas a ejecutar por los usuarios ya que estos tienen requerimientos que son complejos y a su vez una calidad de pintado excelentes que se deben cumplir al realizar los procesos de producción del vehículo, el tamaño del vehículos que pretende ser pintado y además la calidad con la que debe de contar en el proceso de pintado. Este tipo de cabinas también pueden ser desechables dependiendo de su tamaño y vida de uso.



Figura 5 Cabinas-horno

b.6. Tipo cortina de agua para aplicación de pintura líquida

Las cabinas de tipo cortina se las fabrica de tal manera que posean la capacidad de poder aplicar pintura líquida para lo cual debe de cumplir con una tarea principal que es la absorción de la pintura la cual ayuda a no permitir que aires contaminantes sean enviados al medio ambiente y así si llegar a una contaminación grave de manera que se forme una contaminación ambiental, el método que se emplea para realizar el filtrado es mediante una cortina de agua la cual está circulando de una manera constante por las paredes de la cabina recogiendo en ella los restos de pintura no usada en el ciclo de pintado, esta clase de cabinas es utilizadas en gran parte en procesos en donde la formación de overspray es de forma significativa y afectara en el proceso esta situación.

Además este tipo de cabinas poseen un sistema de lavado por aspersión el cual cumple la tarea de no permitir que la pintura sea enviada al exterior por medio de chimeneas las cuales son instaladas como fuga de aire contaminante y esto cumple como una segunda etapa de filtrado, la ejecución de la tarea del sistema de filtrado es que todo overspray captado será arrastrado hasta el tanque en donde se ejecutara la tarea de retención de agua y así poder realizar la acumulación y recolección de una forma manual y así evitan daños al clima del mundo las cuales están reglamentadas por autoridades internas y externas de todos los países del mundo dando características ecológicas óptimas.

La cabina cuenta con gran cantidad de configuraciones las cuales nos ayudan de gran manera a satisfacer los diversos requerimientos de los usuarios que dependerán de que dependen de función de producción a cumplir, otra de las características es el tamaños de los vehículos que ingresaran a la cabina para poder ser pintados y la calidad de su proceso a ejecutarse además que están constituidas de tal manera que tengan unidades de filtrado las cuales puedan ser reusado o reciclado de tan manera que puedan ser usados en posteriores procesos y además de usar a cambio una pintura electrostática o convencional.



Figura 6 Cabinas tipo cortina de agua

2.1.2 Clasificación de las pinturas industriales

Las pinturas industriales dependiendo de cada una de sus características se pueden clasificar en tres diferentes grupos de pintura las cuales se las clasifica de acuerdo o varios parámetros además que las pinturas se las pudiera clasificar en muchos más grupos pero se han agrupado en tres grupos que se describen a continuación: Pinturas de uso general comerciales, pinturas de uso en mantenimiento y pinturas industriales.

A. Pinturas de uso general comercial

Las pinturas de uso general comercial se pueden encontrar con gran facilidad ya que son las que se pueden encontrar en ferreterías comerciales y se las puede comprar de forma simple y sin necesidad de conocimientos científicos y están son usadas para pequeñas tareas domésticas, industriales, etc.

Este tipo de pinturas su aplicación y limpieza es muy fácil, la gran mayoría de los subgrupos de estas pinturas se componen de elementos los cuales contienen una base acuosa, además que también pueden ser pinturas que se componen de base de aceite, las pinturas antes mencionadas están diseñadas de tal forma que puedan ser usadas o aplicadas tanto para pintura interna como para pintura externa.

La calidad de la pintura a ser usada varia de gran manera en su precio a demás que este se ve reflejada su calidad.

Las subcategorías a las cuales se pueden clasificar este grupo son las siguientes:

Pintura de acado para paredes, laca brillante, laca semi mate, laca mate, laca para pisos, pintura para paredes, pintura para cielorrasos, esmaltes sintéticos, pinturas de uso marino, pintura látex etc.

Los utensilios más usados para su aplicación de estas pinturas son los pinceles y rodillos, además que pueden ser aplicados como spray (aerosoles) de uso doméstico para pequeñas aplicaciones en interiores.

B. Pinturas de uso en mantenimiento

Las pinturas las cuales son usadas para realizar un mantenimiento industrial son un gran grupo de pinturas las cuales son usadas en grandes volúmenes en las industrias para el mantenimiento de maquinaria, restablecimiento de talleres entre otras tareas sobresalientes en la industria.

Los principales usos de esta clase de pinturas son de secado al aire, ya que se principal uso son para aplicación de objetos de secado al aire libre, en piezas las cuales se necesite un pintado rápido y además de otros usos como son que maquinas que por el tamaño no pueden ser cambiadas de posición o por formar parte de un proceso y no pueden ser pintadas en un horno de secado.

Podemos colocar como un ejemplo principal de la aplicación de estas pinturas en el retoque de fallas en autos sean estas internas o externas, además que el pintado de edificios industriales, para la señalización de

líneas de tráfico sobre pavimento para mejorar circulación terrestre, dar un nuevo aspecto a maquinaria caminera pesada, etc.

C. Pinturas industriales

Las pinturas industriales como las de uso de mantenimiento y las pinturas de uso general comercial, son usadas en grandes cantidades para la ejecución de diversas tareas. Las principales de las tareas para las que se usan las pinturas primeramente deben de ser almacenadas en tanques de almacenaje los cuales tiene sus parámetros de almacenamiento los cuales van desde 50 litros hasta los 1000 litros esto es para que pueden ser aplicada de la manera más fácil. Además se puede resaltar que existen en el mercado más comúnmente tanques de 200 litros.

Las pinturas industriales pueden ser categorizadas en pequeños sub grupos dependiendo de sus características se las puede clasificar en 3 grupos por:

- Características finales de uso
- Tipos de resinas
- Configuración física

Los tres tipos de subgrupos de pinturas los cuales se dividen por sus características internas se realizaran un estudio más extenso a continuación:

c.1. Pinturas industriales de acuerdo a las características finales del uso

Las pinturas industriales de acuerdo a las características finales de uso se las categoriza de tal manera que puedan mostrar su utilidad esto quiere decir que dando a entender para que van a ser usadas de forma final en el proceso para esto a continuación se señalaran algunas de las pinturas

que se ubican en este grupo en donde se indicara su nombre de la pintura y por lo tanto su uso final.

A continuación se enlistan una serie de ejemplos:

La Pintura base más conocida como (Primers) es aplicada como fondo, la pintura selladora la cual evita que existan poros en las superficies aplicadas, pinturas de superficie, pintura para concreto para señalización, fines marinos distinción de puntos en el mar, para madera como fueron antes mencionadas el sellador, resistente a agentes químicos, recubrimiento base, recubrimiento transparente como son las lacas, recubrimiento superior como barnices para pisos, etc.

c.2 Pintura base o primer

Las pinturas de base ó “primer” vienen a ser una clase de pintura la cual está formada de tal manera que pueda ser aplicada directamente al substrato de manera que no tenga otra pintura como base para el pintado. De manera regular son aplicadas en superficies lisas que no contengan pinturas sobre ellas.

Las propiedades más relevantes de las pinturas conocidas como primers se ven en que son un tipo de pinturas que su adherencia a la superficie aplicada es alta es decir que no es tan susceptible al desgaste. De manera principal las pinturas ó recubrimientos superiores finales dependen que exista una capa principal de pintura la cual sirva como fondo si no existen estas la adhesión de estas pinturas no es la indicada. Al realizar el pintado con una pintura primers en un en una superficie y luego de esta una pintura de acabado, por estas acciones permiten que esta pintura sea adherida a las superficies de una manera óptima puesto que se mejora la calidad del pintado.

Una aplicación más destacable de la pintura del tipo primers o base puede ser estacada que se las usas para que las superficies tengan una

protección ante inclemencias climáticas además que se puede aplicar una pintura final si esta pintura no dispone de una protección al acabado de la superficie.

Esto es más alarmante en substratos ferrosos por presentar colores rojizos ya que las personas relacionan a la corrosión con el óxido y el color blanco el que se puede originar con la corrosión del zinc y este también puede estar relacionado con el aluminio en la mayoría de las circunstancias.

Todo proceso tiene un comienzo y un final esto es de donde se parte que un proceso de corrosión empieza desde una superficie que este pintada con anterioridad para seto esta superficie tiene que estar en contacto permanente con el agua y el oxígeno que penetra mediante el aire, mediante este proceso es lo que llega hacia el metal produciendo que se inicie una mezcla al realizar el proceso de pintado. Para llegar a formar un fenómeno en el cual primeramente el óxido metálico es transformado en el interior unido con elementos alcalinos que se encuentran en los bordes en donde la superficie pintada se ve afectada el fenómeno antes descrito. Por estas razones son que la pintura será rota a causa de la presencia de los elementos alcalinos y la corrosión que aumenta de manera progresiva en el punto que la pintura pueda ser dañada hasta que pueda llegar a una destrucción total de esta y ser puesta en daño grave.

2.1.3 Procesos y métodos de pintura

Los procesos se pueden distinguir mediante las sustancias las cuales se usan para realizar su composición estas son sustancias pulverulentas están pueden ser sustancias tanto sólidas o como líquidas además que en los procesos en los cuales se usa sustancias líquidas el procesos de pintado se lo realiza mediante el proceso de inmersión o por recubrimiento los cuales son los más indicados para este tipo de pintado.

A. Procesos de pulverización de recubrimientos líquidos

El proceso de pulverización de recubrimientos líquidos parte desde un proceso químico que depende de que las partículas puedan ser adheridas de tal manera que se usen los métodos a continuación descritos: con pistolas de pulverización de aire comprimido las cuales esparcen la pintura de forma homogénea, pistolas sin aire las cuales dispersan la pintura en una gran área, pistolas electrostáticas o discos electrostáticos que adhieren la pintura a las superficies mediante principios químicos.

B. Recubrimientos orgánicos

Los recubrimientos orgánicos es uno de los métodos los cuales son o más importantes para la aplicación de pintura en polvo.

Las pistolas y las cámaras de niebla son los instrumentos más usadas para realizar el proceso de recubrimientos orgánicos por poseer características especiales de pintado industrial.

En la vida diaria, existe una infinidad de métodos los cuales utilizan un método electrostático, además que en varias de las ocasiones también se puede usar un método que no es tan usual el cual es de calentar la pieza a realizar él trabaja hasta que llegue a sobrepasar el punto de fusión del polvo a ser aplicado para que puedan ser adheridas las partículas de polvo.

C. Métodos de pintado

La clasificación de los métodos o técnicas de pintado van dependen de la forma como se aplica la pintura sobre los artículos a ser pintados, tomando esto como relevante se puede clasificar en los siguientes métodos:

c.1. Pintura electrostática

El tipo de pintura electrostática, en la mayoría de los países es llamada a su vez como Pintura en Polvo, este tipo de pintura es para recubrimiento la cual se aplica como un fluido, de polvo seco, también este tipo de pintura se la puede utilizar de tal forma que se pueda dar origen un acabado duro el cual conste de características especiales las cuales sobresalen de las pinturas convencionales que se usan de forma cotidiana para realizar procesos de pintado. Para este proceso lo primero que se lleva a cabo en instalaciones es equipar para poder proporcionar una cabina la cual pudiera funcionar como horno de curado para poder realizar el pintado, por lo tanto se puede observar que este tipo de cabinas usan pistolas electrostáticas las cuales permiten la aplicación de la pintura de manera más fácil y rápida, además que también se usan una cadena de transporte aéreo para realizar el pintado de forma rápida esto puede observar como un método esencial cuando las pieza pueden ser colgadas de tal forma que se las pinte de forma libre y sin complicaciones a lo cual el pintado puede ser realizado de forma manual o autónoma, esta clase de pintado se lo aplica en la mayoría de los casos en electrodomésticos, piezas de automóviles que van a ser reparadas o mejoradas y bicicletas que tengan la necesidad de ser cubiertas con una pintura en polvo la cual se la aplica de forma homogénea.

Ya que es método de pintado de altas prestaciones porque se obtienen excelentes resultados esto se debe a varias mejoras como mejoramiento en el acabado y sellado hermético, esto se debe a su gran calidad de aplicación de la pintura en la cabina. Para la industria de la manufactura este tipo de pintura tiene una amplia gama de aplicación por sus altas prestaciones, esto se debe porque posee características químicas las cuales ayuda a que se mejorada en comparación con pinturas que las usa de forma cotidiana, lo que facilita su aplicación, además que es amigable con el ambiente por no dar al ambiente contaminantes que pueda dañarlo de forma rápida o de una manera retardada , lo que también se destaca es que no emite contaminantes que puedan afectar a los operadores.



Figura 7 Vista de la ejecución de un pintado con pintura electrostática.

c.2. Inmersión

Es un método de pintado el cual está destacado porque las piezas de trabajo las cuales van a ser pintadas por este método se recubren con líquidos inflamables o combustibles para mejorar la adherencia de la pintura, sin necesidad de calentamiento previo o carga electrostática.

Para el método de pintado por inmersión se usa primeramente un recubrimiento catódico el cual es un proceso el cual utiliza un principio electroquímico es decir se produce un fenómeno híbrido, además que este método es considerado como es más adecuado para realizar el pinta de estructuras complejas y que conste de un sin número de piezas que las conforman ya que todas estas piezas y maquinas son sumergidas en una solución de pintura la cual va a ser adherida a estas. En esta clase de proceso se deben de destacar dos partes esenciales como son la pintura base agua y corriente directa pintura base agua y corriente directa ya que mediante estos pasos fundamentales la pintura es adherida de tal manera que tenga un acabado óptimo.

El método por inmersión es recomendable desarrollar procesos de pintado de forma automática, a más tiene principalmente beneficios ecológicos ya que en la actualidad esto es un punto a preocuparse por el calentamiento global a más que el uso del agua es indispensable como disolvente. Para esto este método de pintado es el idóneo para realizar un

recubrimiento de gran calidad y además que consigue unos espesores muy uniformes por el método de aplicación, además de que es idónea para la aplicación de la pintura sobre piezas metálicas las cuales tienen huecos en donde es muy difícil la aplicación de la pintura.

Todo tipo de pintura puede ser aplicada en diferentes tipos de superficies con este tipo de recubrimiento para obtener un acabado de excelentes prestaciones.



Figura 8 Vista del sistema de pintura por inmersión.

2.1.4 Aplicaciones

Los principales usos de las cabinas para pintar son:

- a. Procesos industriales de pinta
- b. Procesos de aplicación de adhesivos.
- c. Pintura automotriz.
- d. Industria aeronáutica.
- e. Industria Militar.
- f. Aplicación de esmalte cerámico.
- g. Sand blast.
- h. Hobby o pasatiempos.
- i. Retoques.

2.1.5 Componentes de la máquina

La cabina de pintado con descarga automática consta de tres partes esenciales las cuales son área mecánica la cual esta detallada cada una de las partes mecánicas que irán a entrar en funcionamiento para realizar el pintado movimiento de la mesa y descarga automática de las suelas una vez terminado el pintado, la segunda parte es eléctrica en donde se encontraran todos los dispositivos eléctricos y electrónicos los cuales tendrá la cualidad de ayudar en el control y seguridad de la máquina además de respaldar el funcionamiento de cada una de las etapas al realizar sus tareas respectivas, la tercera parte y la más importante es el área de sistema en donde constara el tipo de software, los métodos de comunicación y etapas de programación.

Una vez que cada una de los componentes de las diferentes áreas se encuentre acoplados tendremos las pruebas respectivas para corregir errores y llegar a conclusiones de reparación de la máquina, además de diseñar manuales de funcionamiento de la máquina.

2.2. Mecanismos

2.2.1 Mecanismos articulados.

Los mecanismos articulados son aquellos los cuales describen a conjuntos de elementos formados de tal manera que forman elementos los cuales brinden un movimiento este tipo de elementos también son conocidos como eslabones y estos pueden ser divididos en: manivelas, bielas y palancas, los cuales se los une con el uso de unos elementos conocidos como pares estos pueden ser giratorios o deslizantes para poder formar sistemas de movimiento completo para que constituya por ejemplo una máquina excavadora .

El mecanismo articulado su principal función es de proveer de movimiento a un sistema completo estos movimientos pueden ser categorizados como giratorio el cual es un movimiento el cual se lo realiza alrededor de un eje, oscilante o deslizante que es un movimiento el cual se lo realiza a lo largo de un eje de rotación de una manivela o viceversa.

A. Mecanismo de manivela-biela y corredera

Un mecanismo de manivela biela y corredera es un tipo de mecanismo el cual es de gran utilidad en los tiempos modernos, las aplicaciones más destacables se las puede encontrar en los motores de gasolina, diesel, vapor, bomba, etc. Además que estos mecanismos son muy parecidos al mecanismo manivela-biela y balancín, pero con una característica destacable que es que un balancín de longitud infinita.

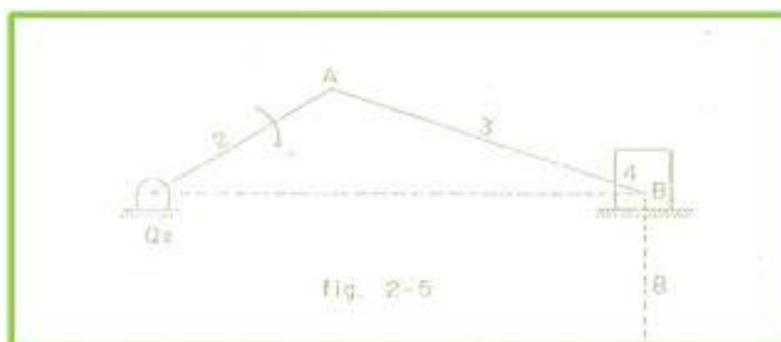


Figura 9 Mecanismo de Manivela-Biela Corredera

B. Mecanismo de yugo escoces

Un mecanismo de yugo escoces es un tipo de mecanismo el cual se puede comprar al mecanismo de manivela, biela y corredera, en el cual la longitud infinita es sustituida por una ranura recta.

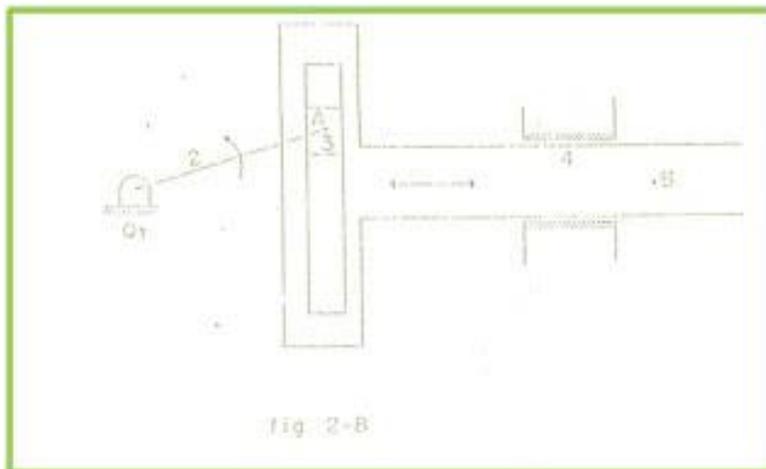


Figura 10 Mecanismo de Yugo Escocés

En la figura 10, se puede observar como en realidad es que el movimiento empieza en la dirección del punto B, y para cuando se termina el movimiento manivela Q2A es girada para cambiar de sentido.

Un mecanismo como el Yugo Escocés, es de vital importancia en pequeños motores los cuales tienen un sistema de estas características para realizar su movimiento y máquinas de vapor las cuales consta de muchos de estos sistemas.

C. Mecanismo de línea recta

Los mecanismos de línea recta pueden ser consideradas como herramientas de barras las cuales se las puede aplicar de tal manera que satisfagan una función esencial que es que los puntos de este mecanismo tenga una trayectoria recta de tal forma que no exista mucho error en su trayectoria.

Tipos:

- **Mecanismo de SCOTT RUSELL**

El mecanismo de Scott Rusell es un mecanismo que está constituido por cuatro eslabones, el cual se lo puede observar en la figura 11.

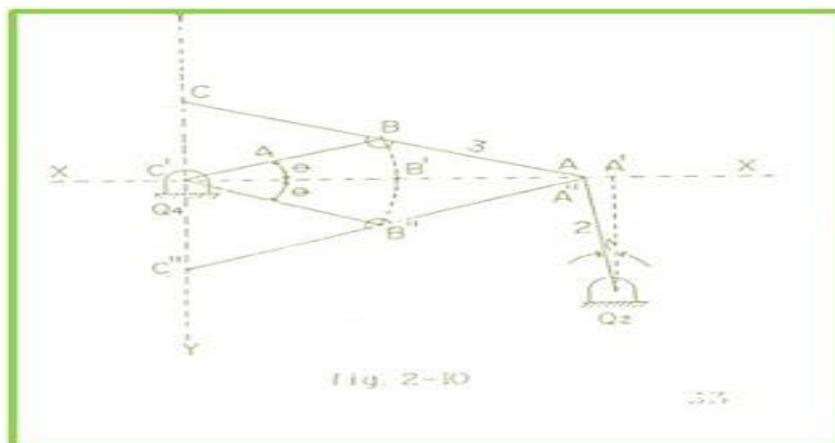


Figura 11 Mecanismo de SCOTT RUSELL

Las partes esenciales de este tipo de mecanismos son:

- Eslabón fijo
- Manivela Conductor
- Biela
- Eslabón conducido (balancín)

2.2.2 Sistemas de transmisión de potencia

Los sistemas de transmisión están formados por tornillos de potencia, los cuales también son conocidos como tornillos de transmisión, este tipo de implementos mecánicos permiten convertir un giro o desplazamiento angular en un desplazamiento rectilíneo, porque transmiten la fuerza generada y potencia mecánica a otros dispositivos.

Los tornillos de potencia son muy usadas a menudo en herramientas que se puede tomar en ejemplo las prensas de mesa las cuales son usadas para realizar el ajuste de una pieza para realizar un trabajo en ella, en gatos mecánicos los cuales son usados para levantar grandes pesos, husillos de tornos los cuales permite realizar las tareas de avance de la máquina, máquinas herramientas como pueden ser taladros y elementos elevadores como los elevadores para levantamiento de automóviles para realizar

reparaciones (figura 12 se observa algunas de las herramientas en donde se usan estos sistemas de transmisión de potencia). Los sistemas de transmisión de tornillo tiene una gran variedad de usos esto depende de la aplicación en donde sea montada, además que también son usados para funcionar como elementos para el aumento de fuerza de una herramienta determinada o un mecanismo fabricado, para esto la relación de movimiento debe de ser dependiendo de la aplicación que sobrepase a la unidad, en donde un elemento conocido como filete debe de recorrer largas distancias a través de la hélice, hasta que el elemento que realizara el movimiento tendrá que avanzar pequeñas cantidades esto es a lo largo del eje del tornillo.

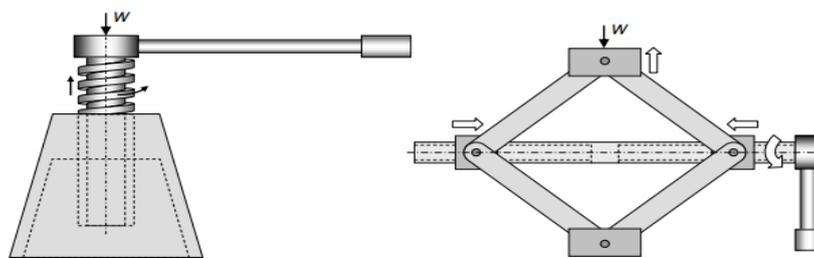


Figura 12 Vista de dos tipos de elevadores.

2.2.3 Tipos de roscas

Este tipo de roscas existen en gran cantidad y variedad en el mercado, además que su forma y características dependen en gran manera de cómo van a ser usadas en los sistemas de movimiento. La diferencia esencial que se puede resaltar en este tipo de roscas es la forma de acabado, por lo que esta característica da que se pueda distinguir cinco tipos de roscas:

A. Triangular

Una rosca del tipo triangular su principal aplicación es debe depender de la sujeción por fricción o el ajuste, además de que se puede usar en instrumentos de precisión, aunque su utilización

actualmente es rara por no ser muy usadas en la fabricación de herramientas.

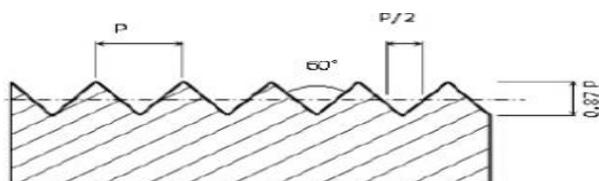


Figura 13 Rosca triangular.

B. Trapeciales

Son aquel tipo de roscas las cuales dirigen en un solo sentido su fuerza. Estas son muy empleadas en gatos y cerrojos de cañones.

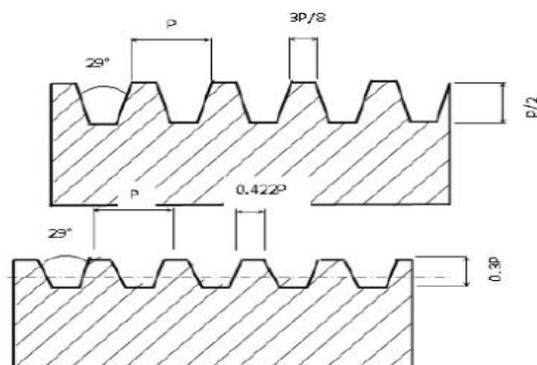


Figura 14 Rosca trapecial.

C. Diente de sierra

Son aquellas las cuales son usadas cuando se presentan grandes presiones en un solo sentido el cual es producido sobre el eje de la rosca. Son conocidas también como “roscas de artillería”.

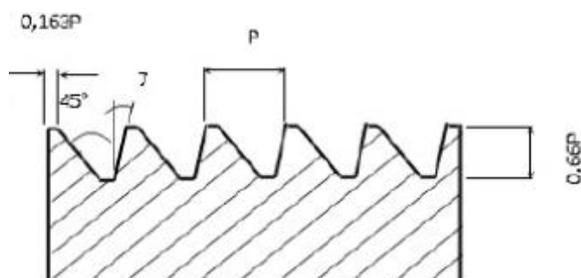


Figura 15 Rosca diente de sierra.

D. Redondas

Las piezas susceptibles de recibir choques son las más indicadas para el uso de este tipo de roscas redondas como en los enganches de tren, esto es que porque debido a que son difíciles de estropear. Para ser mecanizadas presentan grandes dificultades por lo que su uso no está muy extendido en la fabricación de herramientas y en las industrias.

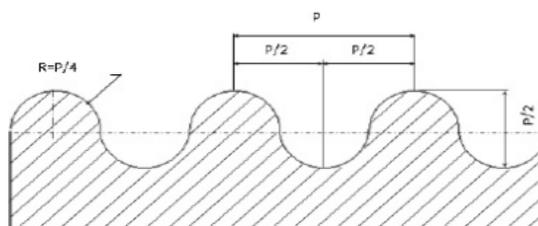


Figura 16 Rosca redonda.

E. Cuadrada

Son roscas las cuales transmiten todas las fuerzas en dirección casi paralela al eje, pero en muchas de las ocasiones a veces se modifica la forma de filete cuadrado dándole una conicidad o inclinación de 5° a los lados para facilidad de aplicación en herramientas.

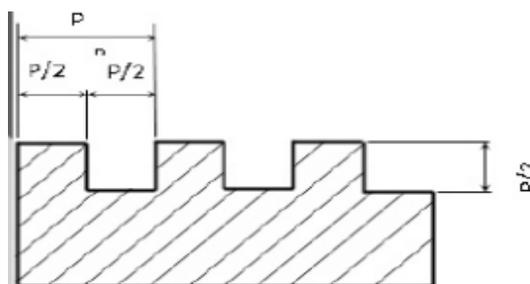


Figura 17 Rosca cuadrada.

2.2.4 Husillos a bolas

Un husillo de bolas consta de un eje roscado el cual es el encargado proporcionar un camino de rodadura helicoidal a los rodamientos de bolas los cuales son los encargados de cumplir con la función de un tornillo

de precisión. Para la ejecución de los movimientos se debe realizar la tarea por medio de rotación, no por deslizamiento, ya que mediante este método el rozamiento es menor, además que por consecuencia de esto la fricción del conjunto es baja. Por lo tanto que el esfuerzo es dividido entre varias bolas, además que es capaz de poder aplicar o resistir altas cargas de empuje. Además pueden ser fabricadas con unas tolerancias estrechas y que son adecuadas para el cumplimiento de tareas de la manera más óptima donde se necesita una alta precisión. Los conjuntos que se forman por las bolas que actúan como una tuerca y el eje roscado es el tornillo. Con diferencia a los husillos convencionales, estos husillos a bolas son bastante voluminosos, esto es porque tienen la necesidad de tener un espacio en el mecanismo para que puedan recircular las bolas en este.



Figura 18 Corte transversal del husillo de bolas.

2.2.5 Cremallera – piñón

El sistema de transmisión formado por la cremallera y el piñón es comparativo al tener una rueda dentada de diámetro primitivo infinito. Para que se pueda realizar un correcto funcionamiento de engrane de la cremallera y el piñón tenga un desplazamiento aceptable sobre la cremallera es preciso que tanto piñón como cremallera posean el mismo módulo.

Este tipo de mecanismo puede funcionar en dos sentidos. Esto quiere decir que el piñón o la cremallera pueden ser los originadores del movimiento es decir la fuente movimiento del sistema.

Las utilidades más destacadas de este tipo de sistemas son la apertura y cierre de puertas sobre guías, y en las direcciones de los automóviles.

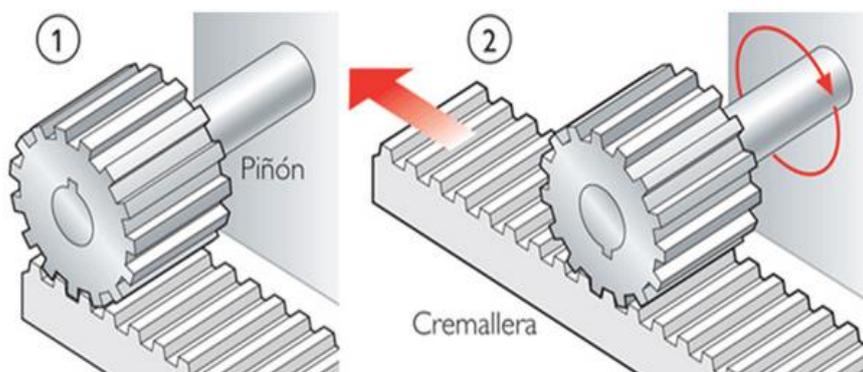


Figura 19 Vistas de un piñón y cremallera.

2.2.6 Bandas y poleas

A. Bandas

Los elementos de máquinas flexibles, como bandas, cables o cadenas, se utilizan para la transmisión de potencia a distancias comparativamente grandes. Cuando se emplean estos elementos, por lo general, sustituyen a grupos de engranajes, ejes y sus cojinetes o a dispositivos de transmisión similares. Por lo tanto, simplifican mucho una máquina o instalación mecánica, y son así, un elemento importante para reducir costos.

Además son elásticos y generalmente de gran longitud, de modo que tienen una función importante en la absorción de cargas de choque y en el amortiguamiento de los efectos de fuerzas vibrantes. Aunque esta ventaja es importante en lo que concierne a la vida de una máquina motriz, el elemento de reducción de costos suele ser el factor principal para seleccionar estos medios de transmisión de potencia, y en el presente trabajo queremos recopilar alguna información un tanto básica sobre un tipo en especial de elementos; bandas y las poleas. Veremos algunos tipos, su funcionamiento algunas ventajas y desventajas, la representación en plano y la Norma Técnica Colombiana (NTC) por la cual se rigen.

B. Poleas

Una polea, es un elemento generalmente fabricado de metal el cual su función esencial es la de realizar la transferencia de fuerza de un elemento a otro. Una polea es un elemento de metal el cual su forma es de una rueda la cual tiene un canal en su borde en donde la función de este canal es que pueda ingresar aquí una banda para que se pueda realizar la transmisión de fuerza, además que puede también para realizar el cambio de dirección de movimiento ya sea en máquinas o mecanismos formados por diversos elementos.

b.1. Poleas simples

La polea simple es aquella la cual está formada por una sola polea y sus aplicaciones más destacables es para el levantamiento de pesos hacia las alturas.

Se puede notar una característica en estas poleas que es que la fuerza aplicada para levantar el peso es igual a ese mismo peso es decir la siguiente igualdad:

$$\mathbf{F=R}$$

Se pueden destacar dos tipos de polea simple que se detallan a continuación:

b.2. Polea simple fija

Una polea simple fija es cuando se cuelga el peso en un extremo de la cuerda y por lo tanto se tiene que aplicar la fuerza en el otro extremo de la cuerda.

Este tipo de configuración de la polea no nos brinda una ventaja mecánica: por lo que sin polea con la polea se llega a aplicar la misma

fuerza. La ventaja que presenta es que las fuerzas van en el mismo sentido.

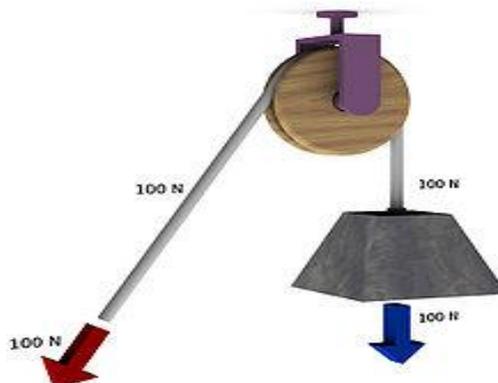


Figura 20 Polea simple fija.

b.3. Polea simple móvil

Otra configuración para la utilización de una polea es unir a la carga de tal forma que sean un solo conjunto, después de haber hecho esto se fija un extremo de la cuerda para que funcione como soporte, por lo tanto el otro extremo quedara para poder jalar desde este.

En este tipo de configuración se origina una ventaja mecánica: que la fuerza la cual se usa para levantar se reduce a la mitad de la requerida sin polea. De otro modo, se presenta un pequeña desventaja es que se aumenta el recorrido de la carga.

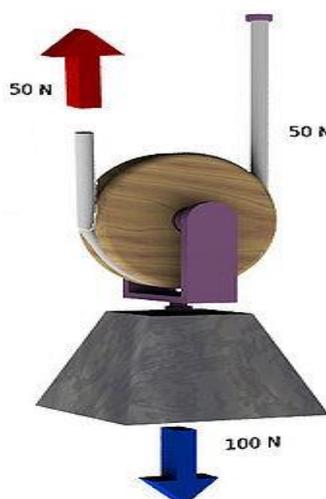


Figura 21 Polea simple móvil

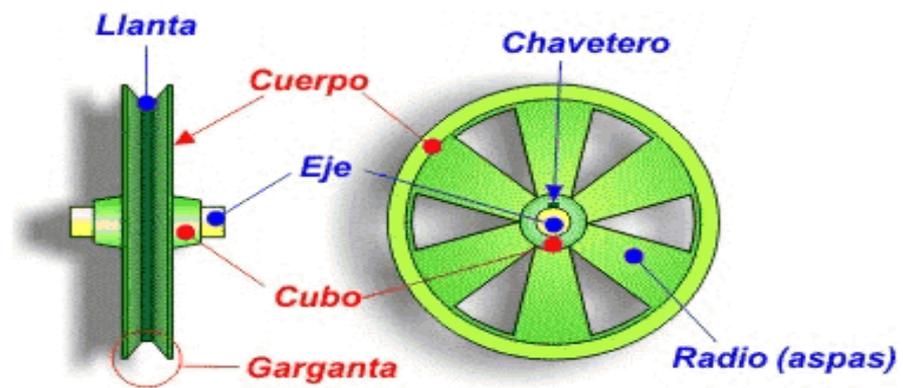


Figura 22 Partes de una polea

b.4. Poleas para bandas planas

Se pueden observar en el mercado una gran variedad de poleas para bandas planas. Muchas de las ocasiones están fabricadas de hierro fundido, acero, y por ultimo de varias composiciones de maza.

Las mazas varias ocasiones son sólidas, de rayos o partidas además que pueden ser de modificaciones de la polea básica es decir modificaciones en una polea ya fabricada.



Figura 23 Poleas para bandas planas.

C. Rodamientos lineales

Los rodamientos lineales pueden ser considerados como guías lineales las cuales constan de carril-guía, esto quiere decir que va ser un conjunto en donde existirán dos elementos, un elemento móvil el cual recorrerá a través de la guía para la ejecución de una función determinada y un elemento fijo el cual funcionara como guía para que le elemento móvil recorra sobre para cumplimiento de una tarea.

En INA que es una fábrica especializada en el diseño y fabricación de rodamientos tiene una línea en donde fabrican los sistemas lineales miniatura los cuales son de gran aplicación para la tareas en donde no se dispone de mucho espacio para su instalación, en la Mecatrónica y en la mecánica de precisión son especialidades las cuales las usan de forma muy cotidiana. Los rodamientos lineales son muy aplicados por sus pequeños requerimientos de espacio y su rápido montaje en diversidad de aplicaciones, estos también tienen una gran disponibilidad por tener varios sistemas incluidos como son con guía lineal, con jaula o como sistema de guiado con recirculación. Reemplazan a sistemas de guiado los cuales requieren de gran tamaño para poder instalado así como su valor es elevado.

c.1. Casquillos de deslizamiento lineal

Los casquillos de deslizamiento lineal funcionan de tal manera que las rodaduras son normales, además que los elementos que van a girar se separan mediante piezas rotativas (los elementos rodantes), para varias de las ocasiones en los que tienen que entrar en funcionamiento los casquillos de fricción estos deben de realizar el desplazamiento a lo largo de un eje o carril. Para los casquillos de desplazamiento lineal están formados por una capa deslizante que se encuentra colocada sobre el eje donde se desplaza las piezas móviles, que depende del tipo de construcción de la guía. Además también la guía debe de ser

lubricada mediante elementos lubricantes que dependen de la composición de la capa deslizante.

La vida útil de una guía lineal de fricción está bajo condiciones específicas que se pueden ser examinadas como son el peso a soportar, la velocidad a que se desliza sobre el eje, la temperatura sea esta una estándar o temperaturas artificiales por el trabajo a ejecutar y el tiempo que tiene en funcionamiento. Por lo que estos no son los únicos factores analizables se toma en cuenta también factores considerados como límites adicionales estos son, las impurezas como por ejemplo el polvo al cual está expuesto, una corrosión provocada por la falta de lubricación o exceso de fricción en el eje y el elemento móvil.

La vida útil puede tomarse como un valor experimental por no ser un valor de vida real ya que no se toman en cuenta todos los riesgos en el funcionamiento.

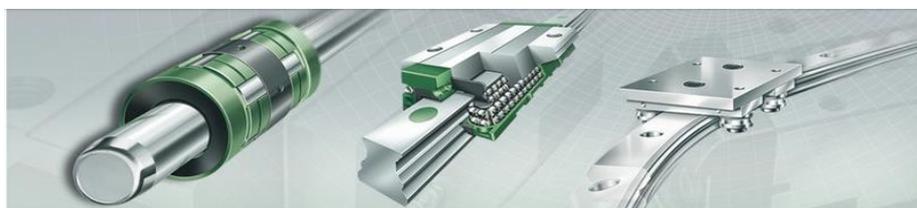


Figura 24 Vista de distintos tipos de sistemas de guiado lineal.

c.2. Sistemas de guiado lineal INA

Alta rigidez y elevada capacidad de carga para movimientos dinámicos de posicionado y de proceso, precisión y repetitividad extremadamente alta, junto con operaciones con un funcionamiento silencioso, son sólo algunos de los requisitos que los fabricantes de maquinaria de precisión exigen a los sistemas de guiado lineal.

Las guías lineales INA, de rodillos o a bolas, con sus numerosas variantes de diseño y una amplia gama de accesorios, son la mejor solución para la mayoría de aplicaciones lineales.



Figura 25 Vista del sistema de guiado lineal INA.

2.3 Materiales

2.3.1 Aceros

Las aleaciones de hierro y carbono son conocidos comercialmente como aceros, estas aleaciones pueden ser capaces de soportar deformaciones en frío y en caliente.

En las aleaciones de acero tiene una composición de 1,76% de carbono.

Al realizar una descarburación de un elemento en especial este es el arrabio que es un elemento que contiene los elementos indicados para luego de esto poder realizar una eliminación de impurezas para así llegar a tener un elemento conocido como acero puro.

De acuerdo a la concentración de carbono, los aceros pueden ser divididos en grupos diferenciados:

- Aceros hipoentectoides, es cuando el porcentaje de carbono es menor al punto S con 0,89%.
- Aceros hiperentectoides, es cuando el porcentaje de carbono es mayor al punto S.

Por su grado de composición, los aceros están divididos en dos grandes grupos representativos como son:

1. Aceros al carbono: compuestos de hierro y carbono.
2. Aceros aleados: está compuesto de otro tipo de aleaciones esto es por la necesidad de mejorar las características como por ejemplo la dureza, los puntos críticos, tamaño del grano con los que están formados, la templabilidad, la resistencia a la corrosión.

De acuerdo como están formados, se puede determinar aleaciones baja composición o de alta composición además que los elementos que conforman estas aleaciones pueden ser deseables o indeseables por su grado de composición de impurezas.

A. Clasificación según la aplicación de los metales

En la mayoría de las industrias que existen en el mundo, estos fabricantes designan a los aceros de forma arbitraria esto es de la forma que mejor a ellos les convenga para su distribución y venta, lo que significa que al momento de realizar una selección entre los aceros es muy complicado por no tener las equivalencias entre aceros de diferentes industrias. Lo que ayuda en una selección de material a usar está establecido en leyes, las cuales están regidas por el instituto del hierro y el acero el cual indica que los aceros se clasifican de acuerdo a las normas UNE españolas. (Para los Estados Unidos existen las normas AISI).

El IHA clasifica los materiales metalúrgicos de tal manera que se los pueda agrupar en 5 grandes grupos de acuerdo a sus características:

- F- Aleaciones férreas
- L- Aleaciones ligeras
- C- Aleaciones de cobre
- V- Aleaciones varias
- S- Productos sintetizados

Estos productos metalúrgicos se clasifican en series, grupos y tipos.

2.3.2 Tratamientos

Los metales y aleaciones pueden ser modificados mediante varios métodos pero uno de los más importantes métodos es mediante tratamiento térmico esto es para poder modificar su estructura lo cual es muy difícil realizarlo con métodos ordinarios, poder cambiar la forma y tamaño de sus granos o también para poder realizar una transformación de sus constituyentes.

La principal utilidad de los tratamientos es para realizar un mejoramiento de las propiedades mecánicas, o adaptarlas a otras, para poder darle unas características especiales a las aplicaciones esto es para el mejoramiento de sus características químicas y físicas como la dureza y resistencia mecánica, lo que ayuda que el grado de plasticidad se aumente o maquinabilidad para que la formación de estas sea de una manera fácil y evitar complicaciones.

Los tratamientos pueden ser clasificados en mecánicos, térmicos o simplemente reacciones químicas en donde en la superficie de una pieza pueda ser adherida otras aleaciones para mejorar sus características físicas y químicas.

Tratamientos térmicos: recocido, temple, revenido, normalizado

Tratamientos termoquímicos: cementación, nitruración, cianurización, etc.

A. Tratamientos mecánicos

Los tratamientos mecánicos son los procesos en los cuales se impide el cambio estructural de los metales a ser tratados esto se lo realiza mediante procesos conocidos como deformaciones sea esto en frío o en caliente para poder realzar las características mecánicas porque al realizar estos tratamientos se permite que nuevas partículas puedan ser adheridas al metal y lo que permite tomar formas determinadas en principio esto se lo realiza mediante una deformación antes mencionada.

Los métodos más usados para realizar una deformación de un metal son el martillado, lamido y otros métodos secundarios los cuales ayudan a realizar un cambio físico del material, al realizar la deformación se obtiene que los granos por los cuales están formados los metales son alargados en sentido de que se realiza la deformación. Lo que indica que las impurezas y defectos, será cambiada las estructuras y las propiedades del metal.

B. Tratamientos en frío

El trabajar a temperaturas por debajo de la re cristalización son conocidos como tratamientos en frío los cuales consisten en que los metales serán sometidos a temperas tan bajas las cuales permitan que sean cambiadas las propiedades de los metales, estos tratamientos pueden ser profundos o superficiales.

Además que los tratamientos también permiten que se aumente la dureza y la resistencia a la tracción. Por lo que disminuye su plasticidad y tenacidad.

El cambio de la estructura en un metal puede ser la causa de que los granos son deformados igual que sus tensiones originales son cambiadas, por esta causa es que se forma un fenómeno conocido como acrietud que

es que mientras mayor sea la deformación del material es mayor la dureza de este.

Pero una causa que puede ser grave por la deformación es que se produce fragilidad en sentido contrario que es originada la deformación lo que significa que este tipo de metales no pueden ser usados en la mayoría de aplicaciones

De acuerdo a la estructura en estado de utilización se los clasifica en:

1. Ferríticos
2. Martensíticos
3. Austeníticos

C. Usos:

Los usos más frecuentes de estos son en la construcción de equipos para la industria química y de la alimentación.

Además se los usa para construir artículos de cocina así también como electrodomésticos los cuales no necesiten de soldaduras en zonas expuestas a fuerte corrosión. Además pueden ser pulidos hasta llegar a un acabado a espejo, por lo que son usados para ornamentación.



Figura 26 Vista de distintitos tipos de materiales

2.4 Dispositivos de maniobra o mando.

2.4.1 Generalidades

Se los dividen en dos grupos generalmente:

- **Maniobra.** Ejecutan trabajos de activación en equipos como por ejemplo contactores, relés térmicos, etc.
- **Maniobra y protección.** Protegen ante un fallo en el sistema eléctrico sea de forma accidental o no, por lo que estos elementos son encargados de proteger a las líneas de alimentación, a las máquinas, y en mayor importancia a personas.

2.4.2 Disyuntores

Son protectores diferenciales, se accionan cuando hay un desbalance de intensidades entre la intensidad que circula por la línea y el neutro, ya que se genera un pequeño campo magnético el cual provoca un fenómeno electromagnético que hace actuar un pequeño bobinado para abrir el circuito.

Las principales características de este tipo de elementos son:

- **Calibre o corriente nominal.** La intensidad de trabajo a la que está diseñado.
- **Tensión de trabajo.** Tensión nominal a la que se diseña el aparato, normalmente para 230 v o 400v.
- **Poder de corte.** Es la intensidad máxima a la que es capaz de abrir el circuito sin que este sufra daños como soldar los contactos.
- **Poder de cierre.** Intensidad que puede soportar los aparatos en el momento de cierre de los contactos.

- **Número de polos.** Número de polos a la que está diseñado el aparato, normalmente 2 polos, 3 polos o 4 polos.



Figura 27 Vista física de un disyuntor

2.4.3 Seccionador

Un seccionador es un elemento el cual se acciona de forma manual el cual es colocado en el mayoría de las veces en la parte inicial del circuito para poder realizar un corte en el circuito en caso de emergencia, no posee ningún tipo de accionamiento magnético, térmico ni diferencial por lo que se emplea para corte de corriente en circuitos y cuando se sitúa en esta posición, los contactos tienen que ser perfectamente visibles para que no haya ninguna duda que el circuito está abierto o cerrado sea el caso evitando que sea mal accionado.



Figura 28 Seccionador de baja tensión trifásico

Podemos destacar que en esta clase de dispositivos deberían e constar con un enclavamiento para que puedan ser accionados por personal autorizado, para de esta manera realizar labores de mantenimiento con tranquilidad de que este dispositivo pueda ser accionado por personal que no está autorizado para esta actividad. Los carteles de advertencia es otro punto a destacar al usar este tipo de dispositivos para evitar accidentes laborables.

2.4.4 Fusibles

Los fusibles son elementos de protección magnética, los cuales cumplen con la función de corte rápido de circuitos. La característica destacable es que deben tener marcada la intensidad y tensión para la que fueron construidos.

Los fusibles de acuerdo a su construcción están agrupados en dos grupos de acuerdo a sus características físicas:

A. Según su tensión

- I. Fusibles de baja tensión. (600V o menos)
- II. Fusibles de alta tensión. (Más de 600V)

B. Según su forma y rapidez

- I. Normales.
 - a. Fusibles gG
 - b. Fusibles aM
 - c. Fusibles cerámicos cilíndricos
 - d. Fusibles cilíndricos gG
- II. Rápidos.
 - a. Cilíndricos aM
 - b. Tipo gl

C. Según su talla

- I. TALLA 00 (8.5x31.5 mm)
- II. TALLA 0 (10.3x38 mm)
- III. TALLA 1 (14x51 mm)
- IV. TALLA 2 (22x58 mm)



Figura 29 Vista física de algunas clases de fusibles.

2.4.5 Interruptores automáticos magnetotérmicos

Los interruptores automáticos magneto térmicos son elementos los cuales nos brindan protección ante fallos como magnéticos (cortocircuitos) y térmicos (sobre intensidades) del circuito.

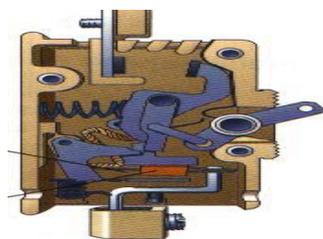


Figura 30 Vista interna de un interruptor automático magneto térmico.

Este tipo de dispositivos está formado por tres tipos de desconexión, manual, térmico o magnética. Las ventajas más destacadas de un interruptor automático magneto térmico son:

- Intensidad.
- Tensión.
- Curva de disparo.

2.4.6 Interruptores diferenciales

Los interruptores diferenciales son elementos los cuáles son muy usados para proteger a las personas, por poseer características que detecta las fugas a tierra superiores a la que están seteados de fábrica.

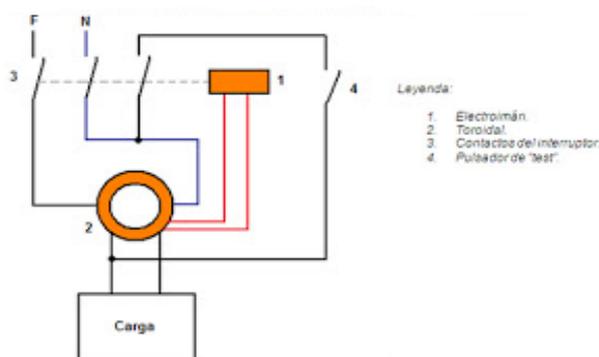


Figura 31 Esquema de un interruptor diferencial

Las características esenciales para un interruptor diferencial son:

1. Tensión e intensidad nominal
2. Sensibilidad

La sensibilidad de un diferencial puede ser

- Muy alta sensibilidad. 10 mA
- Alta sensibilidad. 30 mA.
- Sensibilidad normal. 100mA y 300mA
- Baja sensibilidad. 0,5 y 1 A

2.4.7 Electroválvulas

La electroválvula son dispositivos híbridos es decir una válvula electromecánica lo cual quiere decir que consta de sistemas mecánicos y electrónicos, se las fabrica de tal manera que controlen la circulación de un determinado fluido por un conducto o tubería. El funcionamiento parte desde la instancia que la válvula es movida esto es a través de una bobina solenoide. Las posiciones de estos dispositivos en la gran mayoría de los casos poseen dos funciones de estado como son: abierto y cerrado, o todo y nada. Los usos más frecuentes de las electroválvulas se las ve en gran variedad de aplicaciones industriales para lo cual estas realizan funciones como son de controlar el flujo el cual circula en diferentes máquinas que usan fluidos.

A. Clases y funcionamiento

Las partes esenciales en una electroválvula son dos partes: el solenoide y la válvula. La función del solenoide es convertir la energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para la ejecución de la válvula.

Las electroválvulas tienen varios tipos. Las cuales dependen de la ejecución del solenoide que esto es de acuerdo a la acción sea esta en forma directa a la válvula esto ocasiona que se proporcione la energía que será usada su funcionamiento en si en el movimiento de esta. También encontramos en el mercado electroválvulas biestables que son construidas de tal manera para que consten de principalmente del solenoide el cual tendrá la función de apertura de la válvula, además que uno más ayudara en el cierre o lo significa también un solo solenoide que con un impulso de corriente abre la electroválvula y cierra con el siguiente. Po lo que estas electroválvulas tienen dos contactos eléctricos, esto es que tenga la facilidad de cambiar de posición la válvula, estos es abre uno de ellos y cierra el otro.

B. Electroválvulas sencillas

La ejecución de una electroválvula sencilla es de forma directa pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo que significa que al producirse un deterioro de la alimentación eléctrica reacciona a medida que son cambiadas a la posición de reposos esto quiere decir cerrarlas, o en posición de activadas o lo que significa que están abiertas no hay alimentación. El funcionamiento de esta clase de electroválvula cumple con un ciclo detallado el cual es, gracias a que la válvula posee un muelle y el solenoide estos permiten que sea cerrada y luego de esto se vence la fuerza del muelle para proceder a ser abierta. Por lo cual se consume energía cuando la válvula está abierta. Las normalmente abiertas, funcionan de forma contraria a estas.

Estas electroválvulas se las puede encontrar muy a menudo en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

C. Electroválvulas asistidas

Son un tipo de electroválvula en la cual el solenoide no controla la válvula directamente lo que ocurre dentro de estas es que el solenoide es el encargado de controlar una válvula piloto secundaria y que la energía necesaria para el funcionamiento sea suministrada por la presión del propio fluido.

D. Electroválvulas de tres vías

Las electroválvulas de tres vías tienen la función de conmutar la entrada entre dos salidas al contrario de las electroválvulas normales que abren y cierran. La mayor de las utilidades están en sistemas que estén formados de tal forma que consten con calefacción y preparación de agua caliente para ser utilizada en sanitarios lo que implica un cambio en la

temperatura además que solo usa una bomba hidráulica para la recirculación.

Además en los calentadores de agua circulante, al pasar por los conductos de manera permanente es calentada de tal manera que después se realiza el consumo y por los que es la propia presión del agua la que permite que se abra la válvula del gas; pero en calentadores por acumulación no ocurre esto por lo que al estar almacenada en depósitos esta es calentada en reposo.

2.4.8 Dispositivos hidráulicos y neumáticos.

Los sistemas neumáticos e hidráulicos tienen los mismos elementos que cualquier otro tipo de circuito, como pueden ser los eléctricos.

En los circuitos eléctricos la pila es la encargada de energizarlo, energía la cual es transmitida mediante conductores, y energía la cual es controlada por los instrumentos eléctricos como los interruptores hasta que llega a elementos de acción final como motores, lámparas etc.

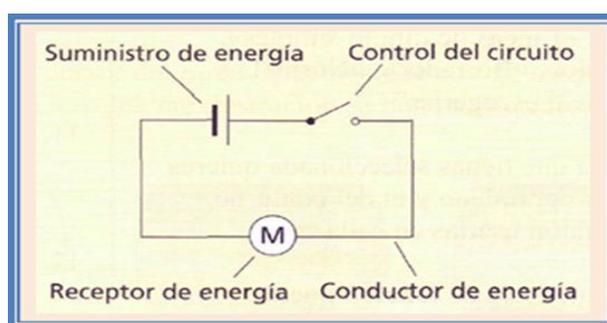


Figura 32 Vista esquemática de un circuito hidráulico o neumático.

La equivalencia entre los elementos de un circuito eléctrico y uno neumático o hidráulico se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla 1.

Comparación de circuitos eléctricos y circuitos neumáticos o hidráulicos.

CIRCUITOS ELÉCTRICOS	CIRCUITOS NEUMÁTICOS O HIDRÁULICOS
Pila	Compresor o bomba que genera el fluido a presión
Cables	Tubos por donde circula el fluido a presión
Interruptores	Válvulas de control
Receptores	Cilindros neumáticos o hidráulicos

A. El circuito neumático

Los circuitos neumáticos son constituidos de tal forma que satisfagan la necesidad para la cual son diseñados por lo cual constan de un gran conjunto de piezas que cumplen una tarea detallada que es de generar el aire comprimido necesario para ejecutar tareas especiales, por lo que la distribución y control para la ejecución de trabajo útil se lo realiza por medio de unos elementos actuadores los cuales son conocidos como «cilindros». Los elementos esenciales es la generación del aire comprimido, que acumula energía en la compresión y la libera para efectuar trabajo. El aire que se genera es tomado de la atmósfera, pero, antes de su uso, es necesario del aumento de la presión por medio de los compresores y acondicionarlo.

B. Los compresores

Los compresores son los encargados de tomar aire de la atmósfera y almacenarlo en esta forma para entregarlo en forma de energía para convertirla luego en energía útil como consecuencia de la expansión de ese aire.



Figura 33 Vista física de un compresor.

Un compresor está compuesto por un motor, el cual se encuentra alimentado de forma frecuente por electricidad, o combustibles líquidos (Nafta o Gasolina), esto depende del tipo de motor que acciona el compresor, y dependiendo del sistema utilizado para comprimir el aire, los compresores pueden ser rotativos y alternos. El uso de un tipo de compresor u otro depende de las necesidades de caudal y presión requeridas por la instalación a más de las características de uso.

Como se puede observar en los circuitos eléctricos, en neumática son usados una serie de símbolos para simplificar su representación y los compresores se identifican como puedes ver en la siguiente ilustración.

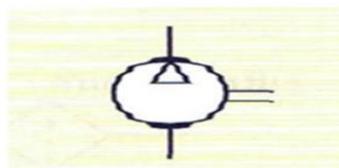


Figura 34 Simbología de un compresor.

El ensamblaje de un compresor está diseñado de tal manera que el eje del motor está acoplado a un elemento giratorio el cual genera la compresión de un determinado volumen de aire de forma intermitente.

Dependiendo el elemento giratorio, pueden ser clasificados en de paletas o de husillo. En el de paletas, la compresión se genera como reacción de la disminución de volumen ocasionada por el giro de una excéntrica provista de paletas radiales extensibles que se ajustan sobre el cuerpo del compresor, según se aprecia en la figura 35.

b.1 Compresor rotativo de paletas

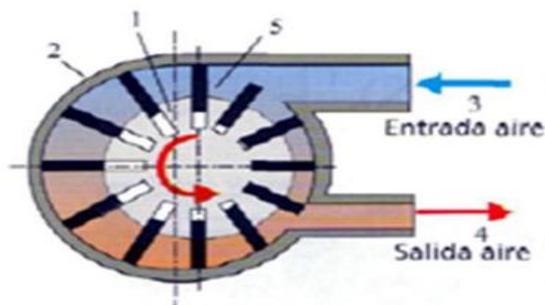


Figura 35 Vista del sentido de flujo del aire en un Compresor rotativo de paletas.

Los compresores de husillo son los que suministran un caudal discontinuo a presiones medias. Los compresores de husillo, también llamados Roots, usan un doble husillo de manera que toman el aire de la zona de aspiración y comprimido al reducirse el volumen de la cámara creada entre ellos y el cuerpo del compresor, según se observa en la figura 36. El suministro de aire es intermitente, como en el compresor de paletas, pero la presión es mucho mayor, su utilización es restringida por el alto costo del sistema del compresor.

b.2 Compresor Rotativo Roots

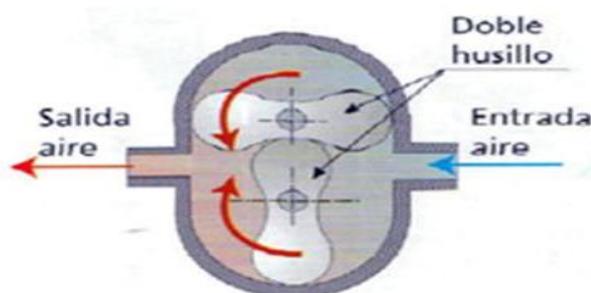


Figura 36 Vista del sentido de flujo del aire en un Compresor rotativo Roots

b.3 Compresores Alternos

Los compresores alternos son compresores los cuales cumplen con la función muy similar al de los motores de explosión interna. Se componen de uno o varios émbolos acoplados a un mecanismo de biela y manivela el cual es accionado por medio de un motor eléctrico o de explosión. En uno de sus componentes conocido como la culata del compresor se disponen de las válvulas de admisión y escape del aire que, al igual que los motores, están sincronizadas por un sistema de levas y seguidor.

El ciclo de funcionamiento de este compresor empieza cuando el aire entra en la cámara de compresión en la carrera de ida en donde se encuentran la válvula de admisión abierta y la de escape cerrada. En la etapa en donde el émbolo inicia la carrera de vuelta, las válvulas de admisión se cierran, mientras que las de escape se abren para permitir la salida del aire comprimido. Estos compresores tienen la característica de que suministra un caudal discontinuo, pero, como contrapartida, las presiones son elevadas, obteniendo ventaja cuando se ubican compresores en serie y procediendo al enfriamiento del aire comprimido entre dos fases de compresión.

2.4.9 Bombas hidráulicas

La hidráulica es una de las ciencias las cuales es hombre la usan desde el inicio casi de humanidad en el mundo. Sin importar que en estas épocas no existían conocimientos de esta clase de ciencia como tal, la hidráulica llegó a formar de una parte esencial de las ramas de la ingeniería civil por lo que es indispensable para el desarrollo de las civilizaciones, ya que mediante esta ciencia se han llegado a realizar muchos inventos y tener una vida con mayores prestaciones, sin dejar que existen temas dentro de esta ciencia no son conocidos.

Se debe tener en cuenta el significado de diversos términos para poder tener una clasificación de las bombas hidráulicas estos términos son:

- Amplitud de presión
- Volumen
- Amplitud de la velocidad
- Eficiencia mecánica
- Eficiencia volumétrica
- Eficiencia total

Las bombas se las puede clasificar de una forma muy detallada como lo detallamos a continuación:

A. Bombas de volumen fijo o bombas de desplazamiento fijo.

Las bombas de volumen fijo entregan un producto fijo a velocidad constante por lo que es una de las características esenciales que presentan este tipo de bombas. Las aplicaciones más destacables de este tipo de bombas están en la realización de circuitos industriales básicos de aplicación mecánica de la hidráulica como pueden ser alimentación de energía de pequeños dispositivos.

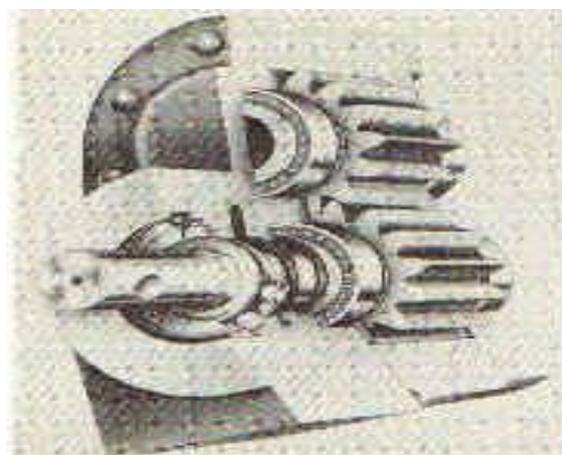


Figura 37 Bomba de engranes Simple.

B. Bombas de engranes de 1500 lb/plg². (Tándem)

Las bombas de engranes de 1500 lb/plg² son conocidos como bombas de la serie "Comercial D". Estas bombas están formados por engranes dentados y rectificadas los cuales además cuentan con acabados lisos y un margen de error muy pequeño. El mejoramiento de la eficiencia y disminución de ruido en la operación de la bomba dependen en gran manera de los engranes los cuales están fabricados con características especiales para que sobresalgan estas necesidades.

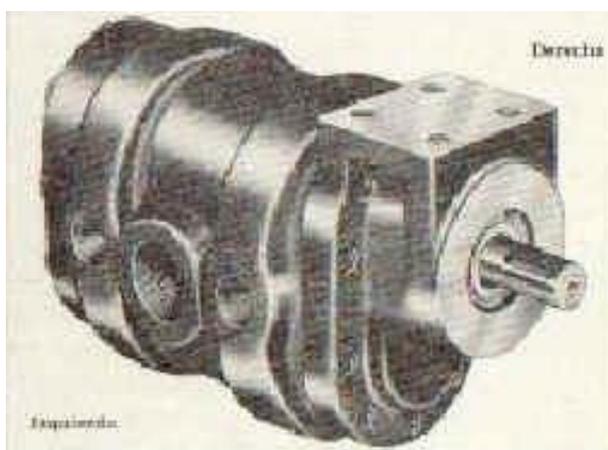


Figura 38 Bomba de engranes en Tándem Commercial Serie D.

C. Bomba de engranes de 2000 lb/plg².

La bomba Commercial es un tipo de bomba la cual pertenece a la serie H la cual es una serie que tiene características estándar como son la de poseer 2000 lb/plg² depresión máxima, se puede destacar que de acuerdo a cada una de sus características se puede establecer que es mejor a todas las bombas que están comprendidas en la serie H pero inferior y más pesada que las bombas de la serie D. se fundamentan en los dos tipos e operación tanto de las series H como la serie D, además que se puede destacar que las partes entre las dos series de Bomba no se pueden intercambiar una de otra por su diferencia en construcción.

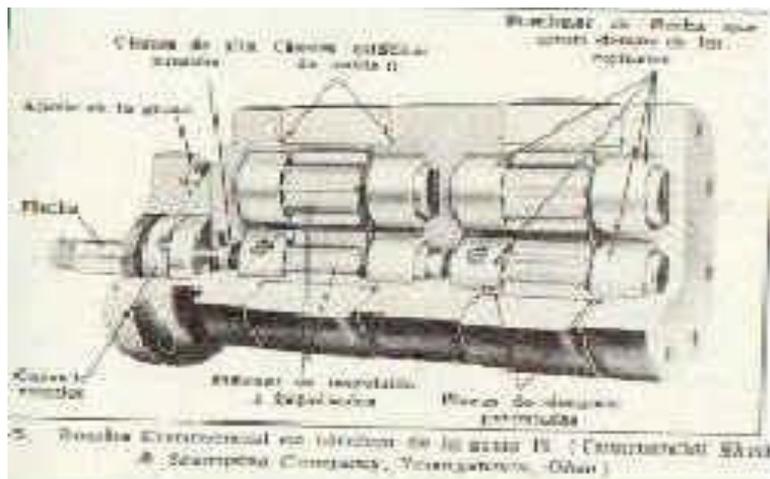


Figura39. Bomba Commercial en Tándem de la Serie H.

D. Bomba de engranes de 2000 lb/plg² – Serie 37-X.

La bomba de engranes de 2000 lb/plg² de la serie 37-X presenta unos cambios bien detallados esto es por su diseño y por lo tanto por su fabricación diferenciada con la series H y D. gracias a su diseño se puede diferenciar en que posee unos cojinetes los cuales tiene un diseño que está centrado en el trabajo pesado, además que por tener un diseño de altas características está constituido por cojinetes de tipo balero de corona los cuales sustituyen a los cojinetes de aguja.

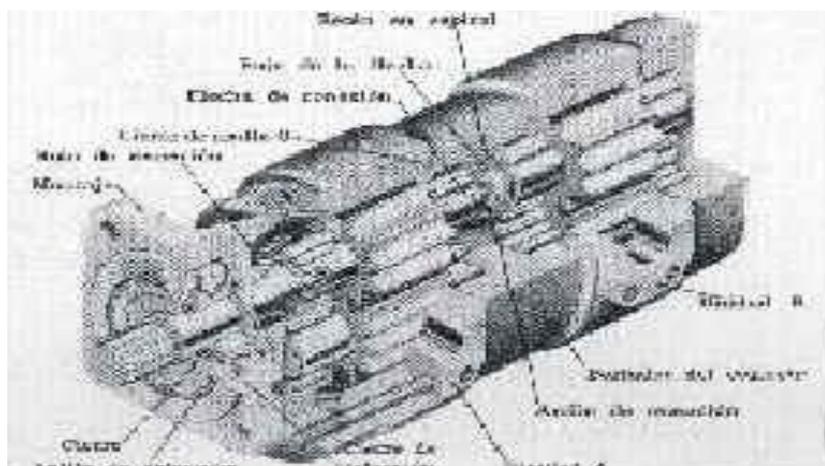


Figura 40 Bomba Commercial en Tándem de la Serie 37-X.

E. Bombas de paletas.

e.1 Bombas de paletas desequilibradas o de eje excéntrico.

Las bombas de paletas desequilibradas o de eje excéntrico están diseñadas de tal manera que posee un rotor ranurado el cual es girado por la flecha impulsora que está constituyendo la bomba. El funcionamiento de este tipo de bomba empiezan desde las paletas que está formada la bomba, estas se mueven de tal forma que tiene dos tareas destacadas estas son que se mueven en un tiempo acercándose a las ranuras del rotor y en otro tiempo alejándose de este, además que estas paletas se guían mediante la carcasa o más conocida como la caja de la bomba. Además que el eje de la caja de la bomba nos sirve para que el rotor este colocado de manera excéntrica con esta.

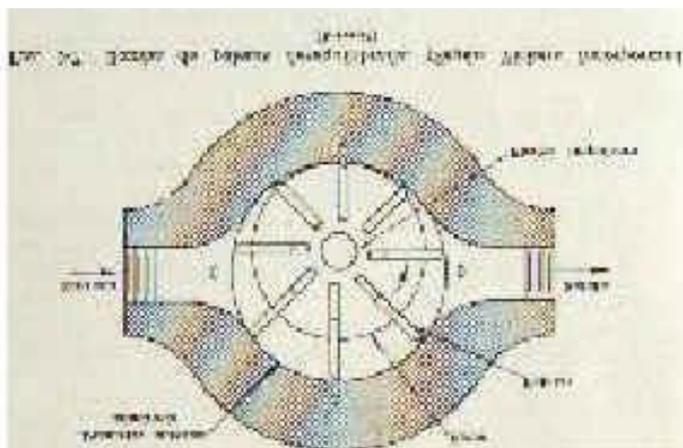


Figura 41 Bomba de Paletas desequilibradas.

e.2 Bombas de paletas equilibradas de 1000 lb/plg² de presión.

Las bombas de paletas equilibradas son diseñadas por la compañía Vickers Incorporated es la empresa acreditada por haber llegado a la fabricación de este tipo de bomba.

F. Bombas de pistón

Las bombas de pistón son las más utilizadas ya que son las bombas más aplicables en aplicaciones mecánicas hidráulicas por tener un alto rendimiento.

f.1 Bombas de Pistón de Barril angular. (Vickers)

Las bombas de pistón de Barril angular incluidas en el grupo de las bombas Vickers están constituida por varillas las cuales se conectan al pistón van mediante una junta socket de bola, los cuales están conectados con un bloque del cilindro o barril para luego que este conjunto se una a la flecha de impulsión mediante una junta combinada universal de velocidad constante de tipo Williams.

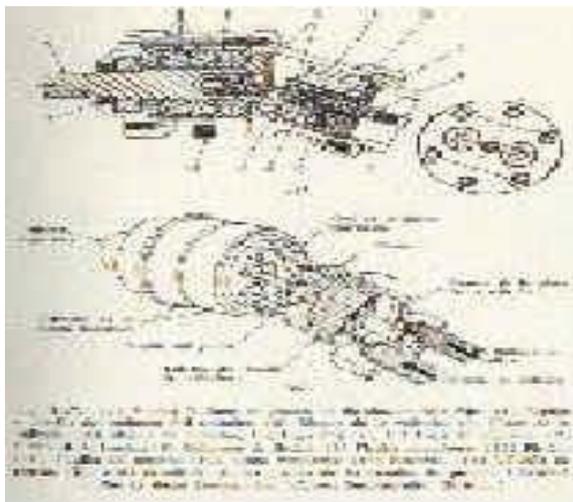


Figura 44 Bomba Vickers de Pistón de desplazamiento Fijo.

f.2 Bomba Diseño Dynex.

La bomba diseño Dynex está formada por una placa de empuje angular que puede ser conocida como placa excéntrica, placa excéntrica está unida a la flecha impulsora y además por cuatro hileras de cojinetes de bolas. Las cargas generadas son principalmente generadas por unas

cargas de empuje las cuales se generan en el bombeo, ya que el bombeo esta generado por los cojinetes colocados a cada lado de la placa excéntrica.

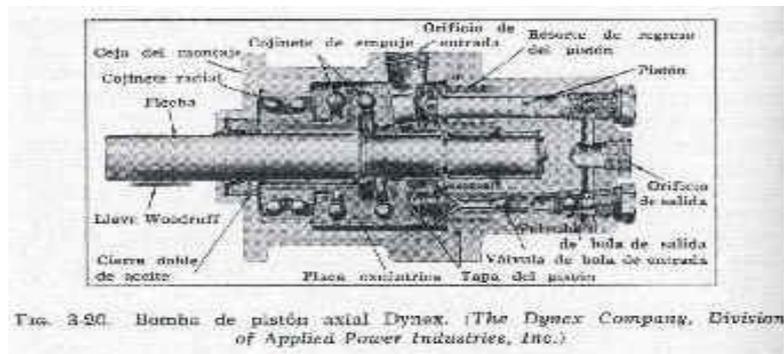


Figura 45 Bomba de Pistón axial Dynex.

2.4.10 Válvulas de regulación

Las válvulas de regulación son aquellas válvulas las que tienen la función de regular el flujo del aire comprimido que tiene un movimiento circundante por todos los dispositivos que conforman el circuito. Las válvulas destacadas en su división tomamos las válvulas reguladoras de presión y flujo.

A. Válvulas reguladoras

a.1 Válvulas limitadoras de presión: las válvulas limitadoras de presión son un tipo de válvula especial usada esencialmente en depósitos de compresores esto es para poder tener un control de presión la cual estará establecida en la construcción del compresor, las válvulas limitadoras serán colocadas en lugares precisos para el mejor desempeño de su trabajo.

Para que la presión pueda ser controlada de la mejor manera es necesario la instalación de un presostato el cual se forma de la válvula limitadora y un interruptor especial el cual tiene la función de no permitir el paso de corriente hacia el motor del compresor.

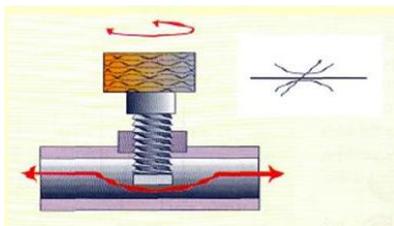


Figura 47 Válvula de regulación de flujo bidireccional.

Las válvulas de regulación de flujo unidireccionales tiene la característica que solo el paso del aire se lo puede realizar en una sola dirección. En la siguiente figura podemos observar el esquema y la simbología de la válvula unidireccional.

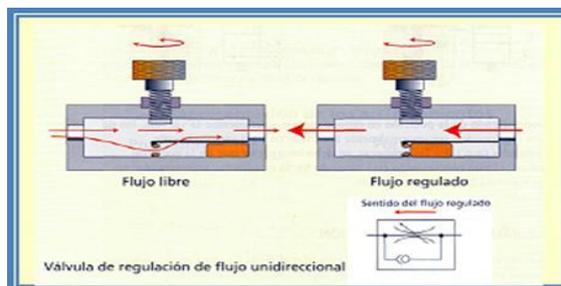


Figura 48 Válvula de regulación de flujo unidireccional.

C. Válvulas lógicas

Las válvulas lógicas tienen las mismas funciones que las puertas lógicas. Además que las más importantes son:

c.1 Válvula "O". La válvula O puede ser llamado de dos formas muy diferentes como es válvula selectora o válvula de doble efecto. Las utilidades más destacables de este tipo de válvulas son para el control de un cilindro desde dos posiciones muy diferentes, esto no depende de donde empiece el control. En la siguiente figura podemos observar el esquema, la simbología y el funcionamiento de una válvula "O".

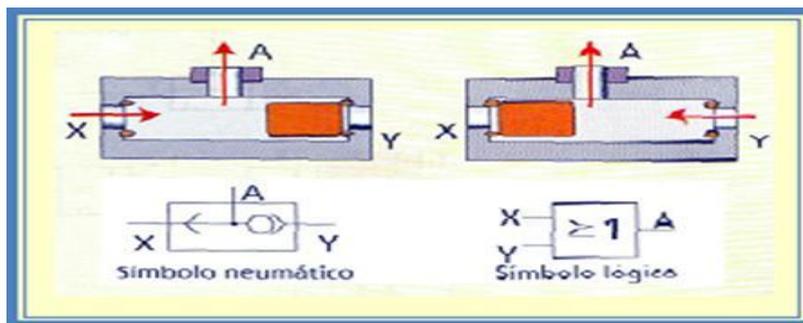


Figura 49 Representación física y simbólica de una válvula O.

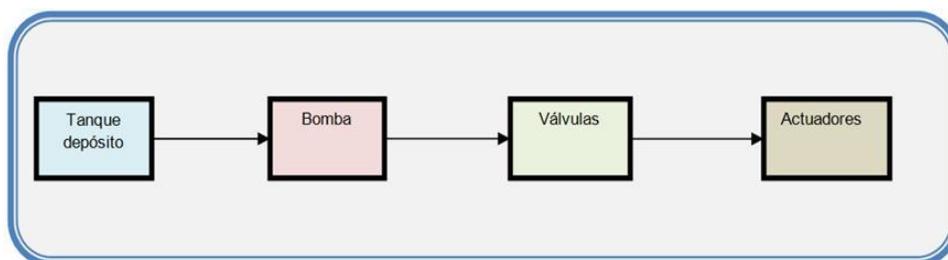


Figura 50 Esquema a bloques de un circuito hidráulico.

Para los circuitos hidráulicos el medio es el fluido líquido, el cual puede transmitir presión a lo largo de un circuito cerrado. El líquido es retroalimentado en los circuitos hidráulicos.

2.4.11 Circuitos Hidráulicos

En los circuitos neumáticos hay dos tipos de circuitos los cuales son:

- A. Circuito de anillo cerrado:** un circuito de anillo cerrado es aquel el cual en donde el ciclo del circuito empieza en punto inicial y el flujo regresa a este mismo punto de esta forma se evita que existan fluctuaciones y que no se generen brincos, y dando así una característica especial que es que la velocidad de recuperación es elevada ante las fugas, ya que tiene dos sentidos de circulación del flujo.

B. Circuito de anillo abierto: un circuito de anillo abierto está formado por una diversidad de ramificaciones las cuales no retornan al punto de origen, tipo de circuito tiene una ventaja que es la económica por ser físicamente fácil de implementar pero una desventaja en la parte de la operación porque se sobrecarga de trabajo a los compresores en las instancias cuando existen fugas en el sistema o mucha demanda.

Los circuitos que se estudiaron antes se subdividen en cuatro tipos de sub-sistemas neumáticos que son enlistados a continuación:

- i. Sistema manual
- ii. Sistemas semiautomáticos
- iii. Sistemas automáticos
- iv. Sistemas lógicos

2.4.12 Sistemas Hidráulicos

En los sistemas hidráulicos los fluidos, ya sean líquidos o gases son importantes medios para transmitir señales y/o potencias, a más que tienen un amplio campo de aplicación en las estructuras productivas.

En donde se usan líquidos se llaman sistemas hidráulicos. El líquido puede ser, agua, aceites, o sustancias no oxidantes y lubricantes, para evitar problemas de oxidación y facilitar el desplazamiento de las piezas en movimiento.

Los sistemas hidráulicos tienen una gran gama de aplicaciones, podemos mencionar, además de la prensa hidráulica, el sistema hidráulico de accionamiento de los frenos, elevadores hidráulicos, el gato hidráulico, los comandos de máquinas herramientas o de los sistemas mecánicos de los aviones, etc., en estos casos el líquido es aceite.

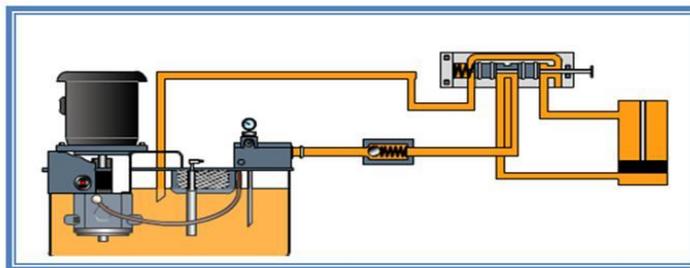


Figura 51 Vista física de un circuito hidráulico.

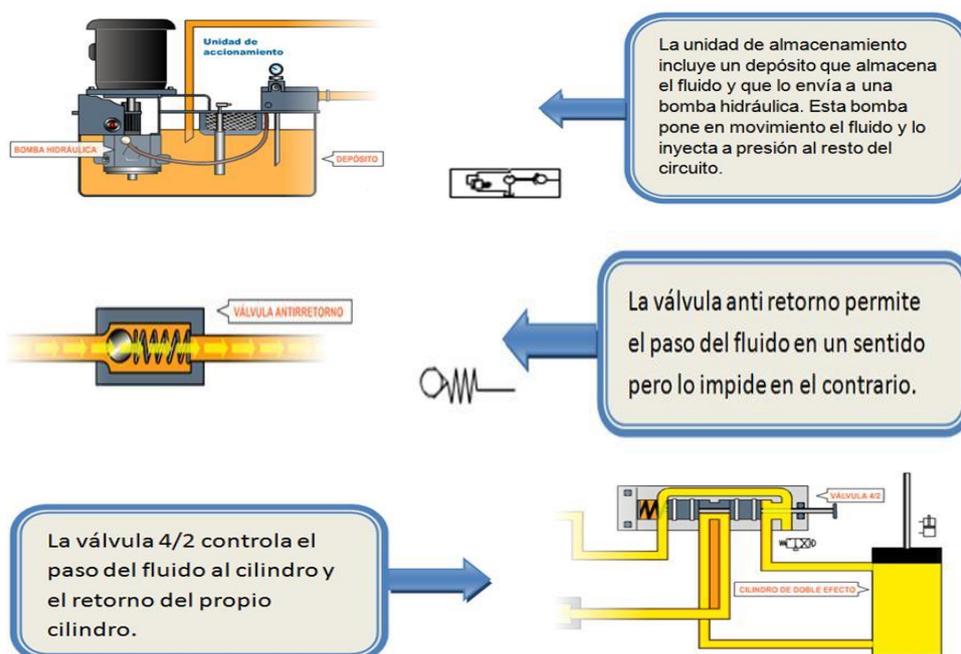


Figura 52 Vistas del funcionamiento de un circuito hidráulico.

Este es un ejemplo de elevador hidráulico:



Figura 53 Vista física de un elevador hidráulico.

2.4.13 Ventajas y desventajas de los sistemas hidráulicos

Ventajas:

- El fluido hidráulico actúa como lubricante y además puede transportar el calor generado hacia un intercambiador.
- Los actuadores, aun pequeños, pueden desarrollar grandes fuerzas o pares.; operar en forma continua sin dañarse; etc.

Desventajas

- La potencia hidráulica no es tan fácilmente disponible, en comparación con la potencia eléctrica.
- El costo de un sistema hidráulico en general es mayor que el de un sistema eléctrico semejante que cumpla la misma función; etc.

2.4.14 Campos de aplicación de la neumática y la hidráulica.

En los tiempos modernos existen una gran cantidad de aplicaciones relacionadas con la hidráulica y neumática además estas están en gran desarrollo por tener grandes versatilidades de aplicación dependiendo de las tareas a ejecutar, la amplia gama de aplicaciones se debe en gran parte a las características de cómo son diseñados, los elementos que contiene para ser fabricado y con materiales de mejor calidad, además de los avances tecnológicos intervienen en gran parte al desarrollo, acabados de las materias y principios que rigen la hidráulica y neumática.

Se estacan dos tipos de aplicaciones, móviles e industriales:

2.4.15 Aplicaciones Móviles.

La maquinaria la cual realiza el uso para que se usada como energía emplean para esto aire y aceite a presión, y para esto las aplicaciones destacables están en excavar, transportar, perforar, manipular materiales, levantar, controlar e impulsar vehículos móviles tales como:

- Camiones recolectores de basura
- Grúas
- Cargadores frontales
- Frenos y suspensiones de camiones
- Vehículos para la construcción y mantenimiento de carreteras
- Tractores
- Retroexcavadoras

2.4.16 Dispositivos auxiliares.

Como dispositivos auxiliares están considerados los compresores o una bomba las cuales brindan a un fluido la presión necesaria para su transporte por conductos u otros dispositivos, estos dispositivos auxiliares están compuestos por circuitos mecánico o hidráulico, además está compuesto por conductos los cuales permiten el fácil movimiento de los fluidos en los distintos circuitos, otro de los elementos esenciales son las válvulas las cuales realizan la tarea de distribuir a lo largo de los ductos el fluido y por ultimo consta de un cilindro el cual mediante la presión que ejerce el fluido al moverse permite mover el cilindro.

Los elementos auxiliares más destacables los enlistamos a continuación con una pequeña descripción:

- a. Silenciador: reduce el ruido emitido la atmosfera.
- b. Secador: reduce la cantidad de vapor de agua que posee el aire.
- c. Filtro: elimina el mayor número de impurezas que presenta el aire.
- d. Lubricador: evita desgastes de las partes móviles de la máquina.
- e. Regulador de Presión: selecciona la presión necesaria.

La unidad de mantenimiento usada para control y protección en las máquinas están compuestos por un filtro, un lubricador y un regulador de presión como se muestra en la siguiente figura:

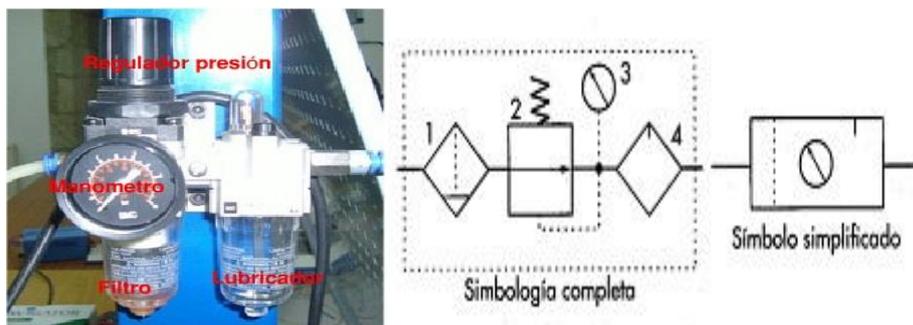


Figura 54 Vista simbólica y física de una unidad de mantenimiento hidráulica.

2.5 Área eléctrica.

2.5.1 ACCESORIOS ELECTRICOS

A. CABLES ELECTRICOS

Un cable es un conductor generalmente de cobre el cual permite la circulación de energía eléctrica por este y que es recubierto por un aislante.

Los cables usados para la circulación de la energía eléctrica están diseñados de tal manera que permiten una circulación de forma fácil y sin complicaciones se lo construye de cobre por sus características de conductividad, también pueden ser contruidos de aluminio pero que posee una ventaja que es más económico pero tiene una desventaja que tiene menor grado de conductividad que el cobre.

Las características para tener un aislamiento óptimo para un cable tiene que estar entre los parámetros de 500 μm hasta los 5 cm; puede ser fabricado de plástico, las características de tipo y grosor van a depender de la tensión usada en el trabajo de los cables, esto quiere decir la corriente nominal a la que soportara en funcionamiento, también dependen de temperatura ambiente y de la temperatura de servicio del conductor.

La composición de un cable eléctrico esta presentada continuación:

- Conductor
- Aislamiento
- Capa de relleno
- Cubierta



Figura 55 Cables Eléctricos.

B. CANALIZACIONES ELECTRICAS

Las canalizaciones eléctricas son conocidas también en el mercado como tubos, y son aquellos elementos los cuáles son los que tienen la función de contener los conductores eléctricos. Las canalizaciones protegen a los conductores, ya sea de daños mecánicos, químicos, altas temperatura y humedad; también, distribuirlo de forma uniforme, acomodando el cableado eléctrico en la instalación.

Las canalizaciones eléctricas se las construye de tal manera que puedan ser adaptables a cualquier ambiente donde se requiera llevar un cableado eléctrico y esto depende de muchas necesidades físicas. Sin importar el tipo de material que están fabricadas, estas se clasifican en: metálicas y no metálicas. Las no metálicas se fabrican de materiales termoplásticos, ya sea PVC o de polietileno; en el caso de las canalizaciones metálicas, se fabrican en acero, hierro o aluminio.



Figura 56 Canalizaciones Eléctricas.

2.6 CONTROLADORES

2.6.1 INTRODUCCIÓN

Un autómata programable industrial (API) es también conocido como Programmable logic controller (PLC), el cual es un equipo electrónico, el cual tiene la cualidad de ser un dispositivo el cual puede ser programable utilizando un lenguaje no informático, este lenguaje tiene que ser tan versátil de forma que permita controlar en tiempo real y en un ambiente de tipo industrial, los procesos secuenciales es decir procesos dependientes uno de otro.

Un PLC tiene la función de trabajar poniéndose como puntos de partida a la reglas e información emitida hacia el programador por parte de los usuarios y otro punto a tener en cuenta es el programa lógico interno de cómo está formado un PLC, además de que puede actuar sobre los accionadores de la instalación.

En el mercado gracias a la existencia de una gran variedad de elementos que necesitan ser programados sean han desarrollado un sin número de lenguajes de programación, la gran mayoría de programadores usan el lenguaje de diagrama de escalera conocido como lenguaje LADDER, los cuales son los más preferidos por los ingenieros eléctricos para la ejecución de planos, este lenguaje usa una lista de instrucciones y programación por estados. En estos momentos se ha desarrollado un lenguaje de programación, que es usado en gran manera por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram)

o más conocido por programación en bloques el cual esencialmente para su programación usa compuertas lógicas y bloques los cuales contienen características de programación diferenciadas estas se las usa de tal manera que puedan ser unidos en un circuito.

2.6.2 ARQUITECTURA DEL PLC

La arquitectura básica de un PLC a la cual se va hacer referencia la tenemos mostrada en la figura 57. De aquí tenemos que notar que los principales componentes son el módulo procesador, la fuente de alimentación y los módulos de entrada y salida. El módulo de procesador consiste de la unidad central de procesamiento (CPU) y la memoria. El microprocesador, la CPU también contiene al menos una interface para un dispositivo de programación y puede contener interfaces para I/O remotas y otras redes de comunicación. La fuente de alimentación es usualmente un módulo separado y los módulos de I/O están separados del procesador. Los tipos de módulos de entrada pueden ser discretos (on / off), analógicos (variables continuas), y módulos especiales tales como Control de movimiento y contadores de alta velocidad. Los dispositivos de campo son conectados a los módulos de I/O.

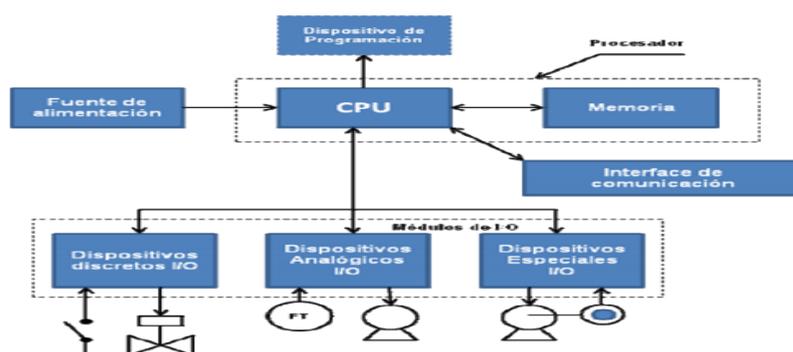


Figura 57 Arquitectura del PLC.

En dependencia de la cantidad de I/O y del procesador del PLC particular, los módulos de I/O pueden estar en el mismo chasis que el procesador y en uno o varios chasis.

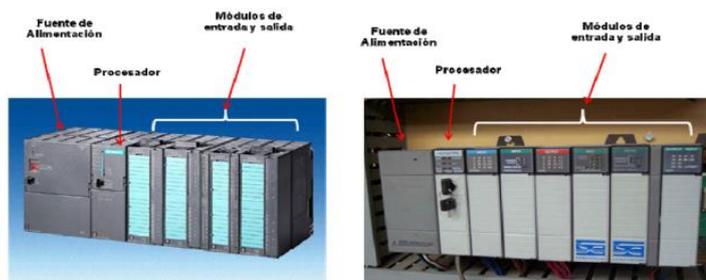


Figura 58 Módulos del PLC.

2.6.3 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC

Los PLCs o conocidos como autómatas programables frecuentemente son usados en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Espacio reducido.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

De todo lo antes mencionado se puede determinar, que lo mencionado es acerca de los autómatas programables (PLC) de uso en las grandes industriales, pero que no sean tomados en cuenta a dispositivos más pequeños que su uso es más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, esencialmente usados en domótica).

2.6.4 LENGUAJE DE PROGRAMACION

En los momentos actuales dependiendo de la cantidad de fabricantes de PLCs cada uno de estos ya posee su software de programación propio, lo que nos indica que en el mercado existen un sin número de software de programación por la gran cantidad de PLCs que existen. Por otra parte existen esencialmente tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como son representados en todo el mundo; los detallamos a continuación:

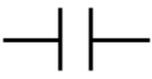
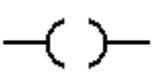
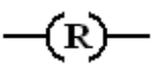
- Lenguaje de contactos o Ladder.
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones).
- Diagrama de funciones.

A. LENGUAJE LADDER

Para realizar la programación en lenguaje LADDER de un PLC, se debe conocer muy bien todas las reglas de los circuitos de conmutación, además también se tiene que tener conocimientos de los elementos de que consta este lenguaje para poder utilizarlos de la mejor manera. En la siguiente tabla se representa los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

Tabla 2.

Cuadro de simbología de Lenguaje Ladder.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa.
	Contacto NC	Se activa cuando hay un cero lógico.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Una vez establecidos los elementos que van a constituir el LADDER lo cual facilita su programación, de esto resulta importante que un programa debe de tener en cuenta estructura de programación y orden de ejecución.

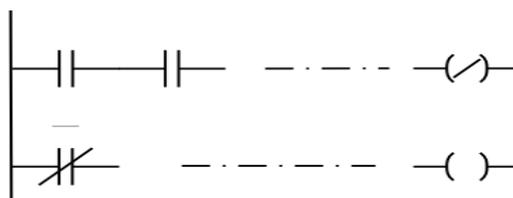


Figura 59 Lenguaje gráfico.

B. LENGUAJE BOOLEANO (Lista de Instrucciones)

El lenguaje Booleano es una clase de lenguaje el cual como parte primordial está compuesto por el Álgebra de Boole la cual nos permitirá para ingresar y explicar la lógica de control. Este tipo de lenguaje está elaborado de tal manera que consta de una lista de instrucciones o nemónicos, lo que permite realizar el uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y además de instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. El lenguaje “Lista de Instrucciones” (IL) de la Norma IEC 1131-3, es una forma de lenguaje Booleano.

Ejemplo de programación Booleana:

Tabla 3.

Lenguaje textual.

A	I	2.3
A	I	4.1
O	I	3.2
=	Q	1.6

C. DIAGRAMA DE FUNCIONES

El diagrama de funciones utiliza un lenguaje gráfico para la realización de tareas establecidas por el usuario que va a programar elementos (bloque de funciones del PLC) lo que nos indica que se realizara un circuito eléctrico el cual nos presentara una estructura establecida de todos los elementos. Para los que utilizan símbolos lógicos los cuales representan al bloque de funciones. Las salidas lógicas además que no requieren que se les adicione una bobina de salida, ya que esta salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque. El diagrama de funciones lógicas, es más cómodo de usar por los ingenieros y técnicos quienes habitualmente trabajan

con circuitos los cuales pueden ser representados con las compuertas lógicas.

Ejemplo de programación mediante diagrama de funciones:

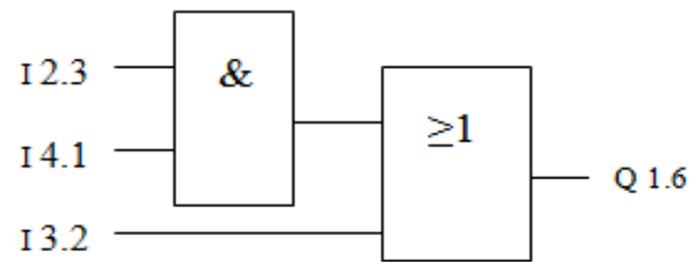


Figura 60 Diagrama de Funciones.

CAPITULO III

DISEÑO MECANICO Y NEUMATICO DE LA CABINA.

3.1 Introducción

En este capítulo se muestra el resultado del diseño más adecuado de la cabina de pintura, acorde a cumplir con todos los requerimientos funcionales y de seguridad, exigidos para este tipo de máquinas. Para lograr este cometido se partió de un diseño preliminar el mismo que se fue modificando y mejorando durante la etapa de diseño, hasta llegar al diseño definitivo.

Con el fin de agilizar el proceso interactivo de diseño, se utilizó el programa SolidWorksSimulation y SolidWorksMotion, para con su ayuda, realizar de forma rápida y precisa el análisis cinético, de esfuerzos y térmico de las diferentes alternativas de diseño hasta llegar a obtener las dimensiones, formas y perfiles más adecuados que garantizan un funcionamiento adecuado y seguro de la cabina de pintura bajo condiciones críticas de operación.

3.2 Parámetros de diseño mecánico

Partiendo de los requerimientos funcionales de la máquina, así como; de las especificaciones técnicas que tienen máquinas semejantes existentes en el mercado y tomando en cuenta los recursos económicos disponibles para su construcción, a continuación se describen los principales parámetros que influyen directamente en el diseño mecánico y neumático de la cabina:

- Velocidad recomendada de avance longitudinal (V_L)= 1,0 m/s
- Peso máximo de la pistola de pintar = 20 N
- Peso máximo de las puertas = 450 N

- Consumo de aire en la pulverización = 400 lt/min
- Angulo de inclinación máximo de las pistolas de pintar = 45°.
- Expectativa de vida útil de la máquina = 10 años.
- Factor de seguridad mínimo requerido = 3.0 (Mott, 2006, pág. 185)

En función de estos parámetros y del fundamento teórico del capítulo anterior, a continuación se procede con el diseño y la selección de los diferentes componentes mecánicos de la cabina de pintura.

3.3. Esquema del sistema de pintado de suelas

En base a los parámetros de diseño y los requerimientos funcionales del sistema de pintado para las suelas, en la figura 61 se presenta el esquema preliminar concebido para la máquina con sus sistemas y componentes principales:

1. Sistema para el movimiento longitudinal de la pistola que realiza el pintado de suelas de calzado con ajuste de altura y ángulo para el pintado.
2. Sistema de carga del material manual en la cabina donde el proceso de pintado es automático.

3.4. Diseño del sistema para sujeción y movimiento longitudinal de la pistola (pintado)

Este sistema es el encargado de sujetar la pistola de pintar a la altura adecuada y proporcionarle el ángulo de inclinación (máximo 45°). Este sistema está compuesto de los siguientes elementos, Ver figura 3.1.

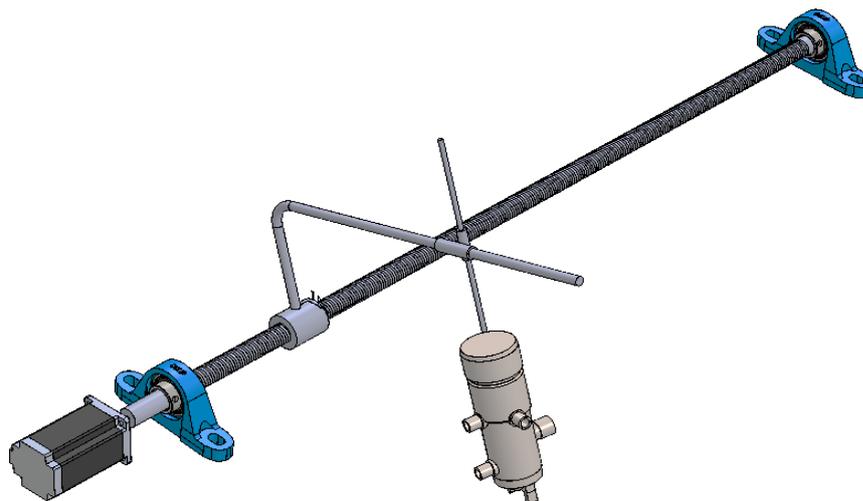


Figura 61 Sistema para sujeción y movimiento longitudinal de la pistola.

3.4.1. Diseño del brazo de sujeción

Por disponibilidad en el mercado, facilidad de maquinado y costos, este elemento se fabricará con platinas de acero estructural ASTM A36.

A. DETERMINACIÓN DE CARGAS.

Como se indica en la figura 62 la inclinación máxima del brazo será 45° con una extensión de 350 mm y deberá soportar el peso de la pistola de pintar.

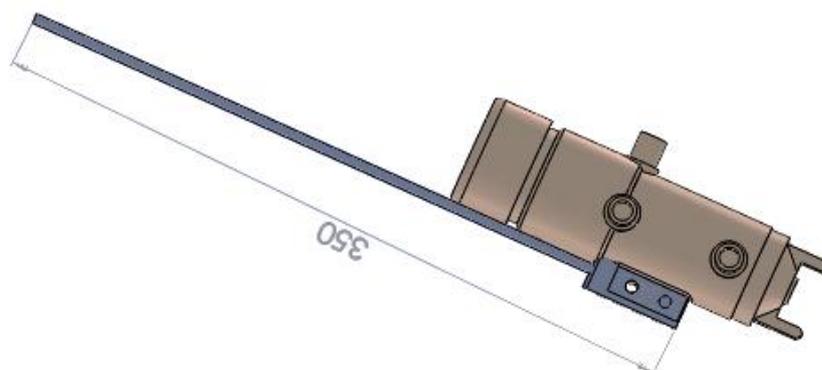


Figura 62 Cargas sobre el brazo de sujeción de las pistolas.

Debido a que el sistema permite trabajar con una sola pistola, la carga máxima que debe soportar el brazo de sujeción es:

$$W_{pis} = 20N$$

B. Análisis de esfuerzos en el brazo de sujeción

Tomando en cuenta que el brazo de sujeción debe permitir regular la altura de la pistola de pintar, se determinó que la geometría más adecuada para el brazo es el mostrado en la figura 63.

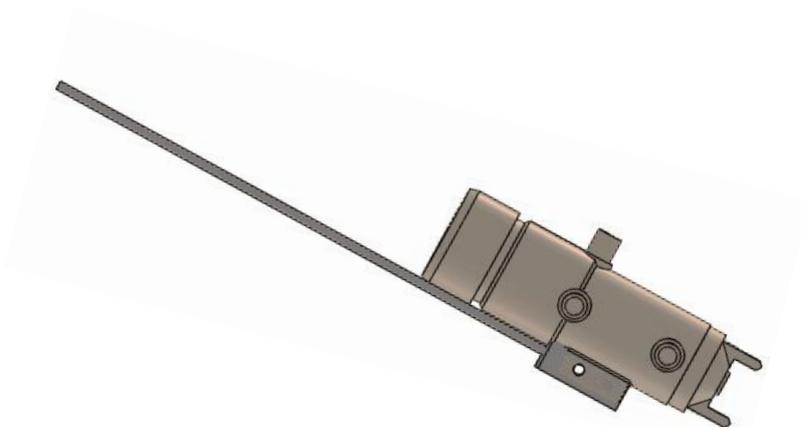


Figura 63 Modelado 3D del brazo de sujeción de las pistolas.

El análisis de esfuerzos del brazo de sujeción se realiza con la ayuda de software de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), específicamente mediante los Solvers de Análisis por Elementos Finitos (FEA) del programa SolidWorksSimulation.

b.1. Informe de SOLIDWORKS

En la figura 64 se tiene una tensión de 44.55MPa, este parámetro está dentro de las tensiones que pueden soportar el material que es de 250MPa, por lo tanto el diseño es seguro para su ejecución.

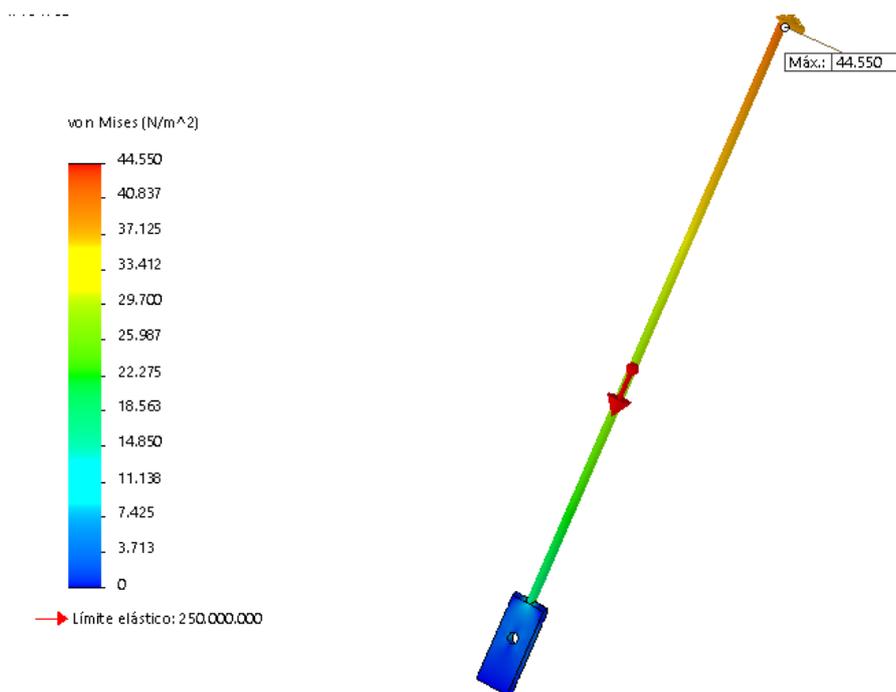


Figura 64 Tensión de Von Mises generado en el brazo de sujeción.

El desplazamiento al que va a estar sometido es de 0.41 mm, por lo que es mínimo y no afecta al sistema (Ver figura 65).

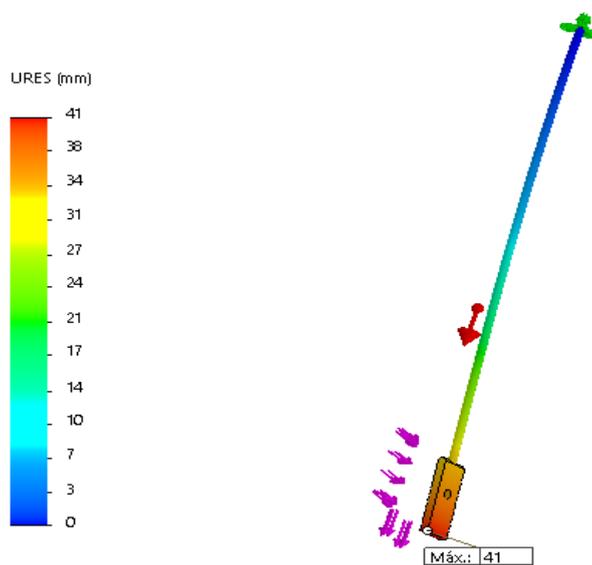


Figura 65 Desplazamiento resultante en el brazo de sujeción.

En la figura 66 se tiene un factor de seguridad de 0.5 por lo que este parámetro está dentro de lo estimado de diseño.

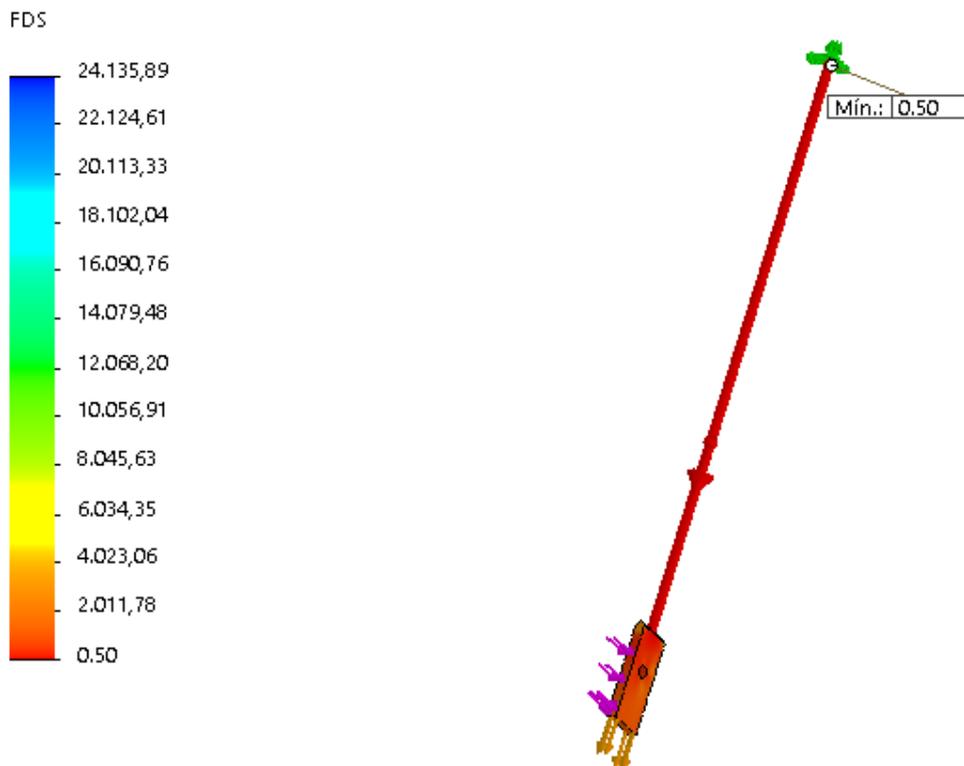


Figura 66 Factor de diseño para el brazo de sujeción.

3.5. Diseño del sistema de movimiento longitudinal

Este sistema va acoplado al carro longitudinal y convierte el movimiento de giro del motor en movimiento lineal del carro longitudinal. Este sistema debe vencer las fuerzas de fricción debidas al peso de los diferentes componentes, por lo que, a fin de reducir la fricción y tener un control preciso del movimiento se utilizará un mecanismo de un tornillo sin fin y tuerca.

3.5.1. Determinación de las cargas

Este sistema debe soportar el peso de cada uno de los componentes mostrados:

Tabla 4.**Peso de los componentes de la máquina.**

Pistola de pintar	20N
Brazo de sujeción de la pistola	5N
Eje del brazo de sujeción	1N
Tornillo sin fin con tuerca	22N
Guías longitudinales	30N
Rodamientos lineales	4N
TOTAL	82N

Por seguridad se trabajará con un factor de carga de 1.2

$$W_T = 1.2 \cdot 82N = F_m$$

$$F_m = 98.4N \approx 100N$$

Donde:

$$W_T = \text{Peso total}$$

$$F_m = \text{Carga media constante}$$

3.5.2. Selección del tornillo de potencia para el movimiento longitudinal eje x

Para el diseño del tornillo de potencia en el eje x es necesario conocer la fuerza que va a ejercer la estructura para mover la pistola de pintado, las dimensiones depende de la longitud de desplazamiento del mismo.

A. Diseño de cargas

El peso total para el cálculo del tornillo se calcula con la siguiente expresión.

$$F = W_1 + W_2$$

Donde:

$$W_1(lb) = 49N(5Kg) \quad \text{Peso de la estructura}$$

$$W_2(lb) = 100N \quad \text{Peso de los accesorios}$$

Entonces:

$$F = 49N + 100N = 149N$$

Considerando que existen otros tipos de pistolas de pintado de mayor capacidad hemos procedido a sobredimensionar la fuerza total para nuestro cálculo utilizando una fuerza de 160N.

Se procede a calcular el momento flector máximo para el soporte de la pistola, mediante la sumatoria de momentos flectores y la sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ (F_1 * l/2) - (R_2 * l) &= 0 \\ (160N * 540mm) - R_2(1080) &= 0 \\ R_2 &= 80N \\ \sum F_y &= 0 \\ R_1 - F_1 + R_2 &= 0 \\ R_1 &= F_1 - R_2 \\ R_1 &= (160 - 80)N \\ R_1 &= 80N \end{aligned}$$

El cálculo de las áreas siguientes servirá para la obtención del momento flector máximo.

$$\begin{aligned} A_1 &= R_1 * l/2 = (80N * 0.54m) = 43.2Nm \\ A_2 &= -(R_2 * l/2) = -(80N * 0.54m) = -43.2Nm \end{aligned}$$

De las dos áreas se escoge la mayor, $A = 43.2Nm$; correspondiente al momento flector máximo de la estructura, como se ve en el diagrama del (Figura 67).

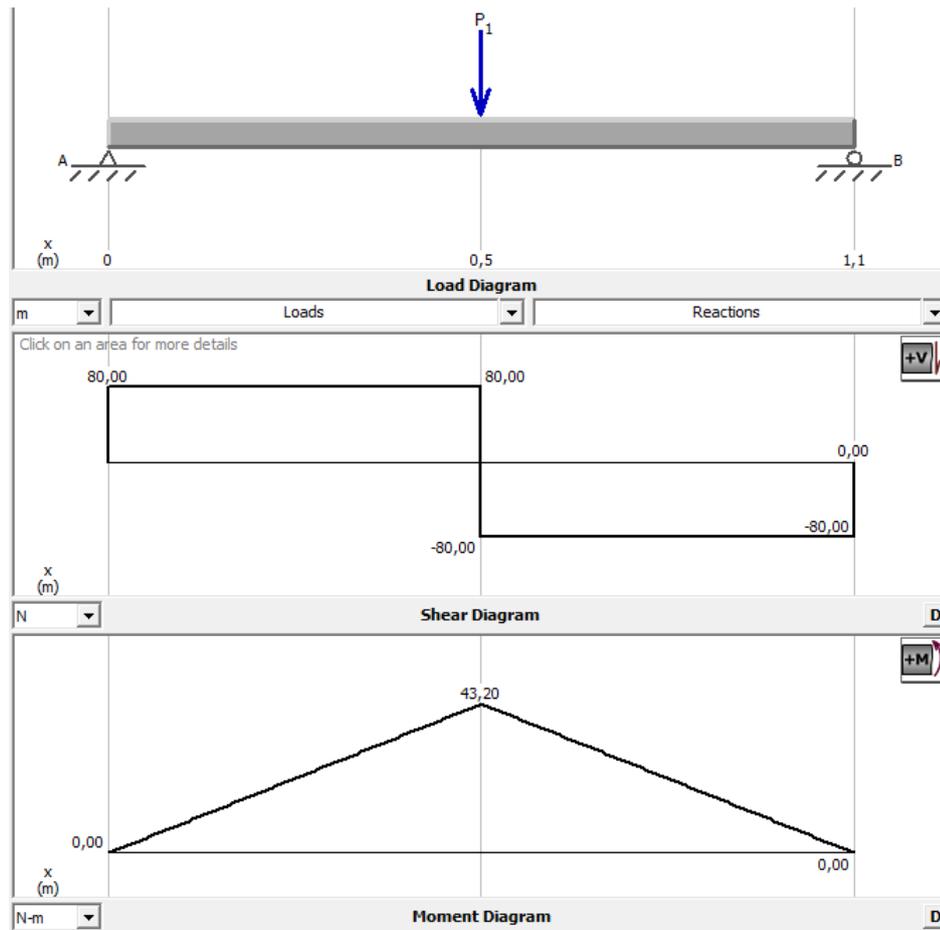


Figura 67 Cálculo de momento del tornillo en el eje x.

El esfuerzo normal máximo que soporta el material se calcula con la siguiente expresión.

$$\sigma_{flex} = \frac{M_{max}}{z}$$

Datos:

S_y (AISI 1045HR) = 310 N/mm^2 Resistencia a la fluencia

FS = 3 Factor de seguridad

$M = 42,37 \text{ Nm}$ (Momento flector máximo)

$T = 3,95 \text{ Nm}$

Entonces:

$$\sigma_{flex} = \frac{M_{max}}{z}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{32(43,20)}{\pi \phi^3} = \frac{440.03}{\phi^3}$$

$$T_{orsion} = \frac{16T}{\pi\phi^3} = \frac{20.12}{\phi^3}$$

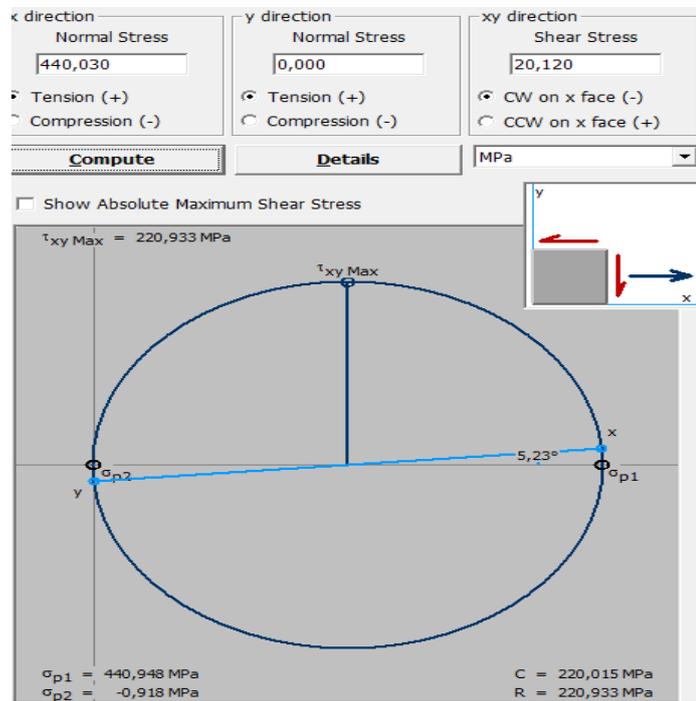


Figura 68 Círculo de Mohr.

Análisis de esfuerzos mediante círculo de Mohr's figura 68.

$$\sigma_1 = \frac{440,95}{\phi^3}$$

$$\sigma_2 = -\frac{0,918}{\phi^3}$$

$$\sigma' = \frac{441,407}{\phi^3}$$

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$3 = \frac{310 * 10^6}{\frac{441,407}{\phi^3}}$$

$$\frac{441,407}{\varnothing^3} = \frac{310 * 10^6}{3}$$

$$310 * 10^6 \times \varnothing^3 = 3 \times 441,407$$

$$\varnothing = 0,01622m = 16mm$$

Calculo de deflexión:

$$\sigma' = \frac{441,407}{\varnothing^3} = \frac{441,407}{(0.016)^3} = 107,76MPa$$

Calculo del factor de seguridad

$$F.S = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{310}{107,76} = 3$$

Dado que se necesita un tornillo de 16mm de longitud, es difícil construir con un diámetro de 16 mm, por lo que para dimensionar la longitud del tornillo de potencia a partir de su diámetro, se recomienda construir con un diámetro mínimo de 25 mm, de esta manera hemos seleccionado el tornillo de potencia con un diámetro de 28.5mm. Tabla 5.

Tabla 5.

Longitud máxima del husillo.

Diámetro exterior del eje de husillo	Longitud total del eje de husillo					
	C0	C1	C2	C3	C5	C7
4	90	110	120	120	120	120
6	150	170	210	210	210	210
8	230	270	340	340	340	340
10	350	400	500	500	500	500
12	440	500	630	680	680	680
13	440	500	630	680	680	680
14	530	620	770	870	890	890
15	570	670	830	950	980	1100
16	620	730	900	1050	1100	1400
18	720	840	1050	1220	1350	1600
20	820	950	1200	1400	1600	1800
25	1100	1400	1600	1800	2000	2400
28	1300	1600	1900	2100	2350	2700
30	1450	1700	2050	2300	2570	2950

B. Análisis de esfuerzos

El estudio estático indicará de una manera más cercana a la realidad si el eje será capaz de soportar la fuerza a la cual se lo va a someter. Por lo tanto, existen tracción cuales está siendo sometido el eje y debe ser analizada en estas cuatro áreas como muestra en la figura 3.7.

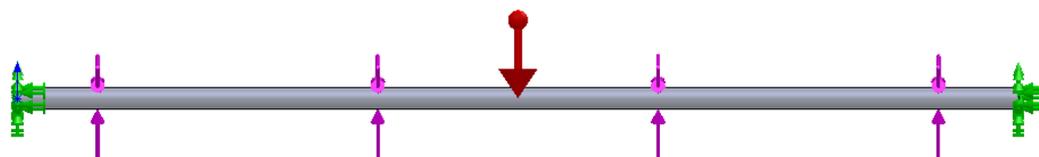


Figura 69 Asignación de fuerzas y sujeciones del eje X.

De acuerdo al estudio estático que se realiza en el software SolidWorks 2015, se encuentra la tensión, el deslizamiento, las deformaciones y el factor de seguridad en diferentes zonas del eje, que muestra en la figura 70.

El gráfico muestra el resultado del esfuerzo máximo desarrollado en algún punto del eje, el cual se muestra en un color rojo e indica que en ese lugar se encuentra el esfuerzo más crítico, por lo que tiende a deformarse. El eje tiene un esfuerzo máximo de 103,36 MPa que está ubicado en la parte superior donde está la sujeción.

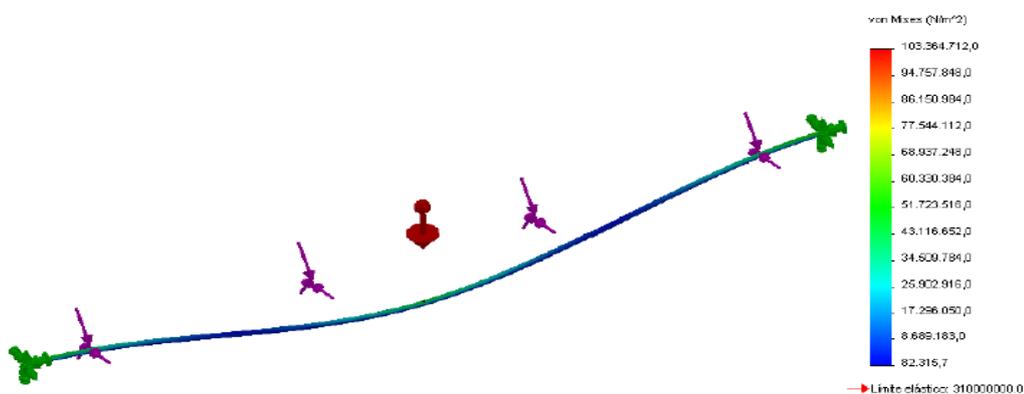


Figura 70 Tensión de Von Mises generado en el eje x.

En la figura 71 se muestra la cantidad de deformación que sufre el eje, se conoce como la deflexión que tiene una viga al aplicarse una carga: la parte roja del elemento muestra donde será mayor la deformación.

La distancia máxima resultante en este elemento es 6.19 mm, debido a que este valor no es alto podrá ser despreciable y no afectara el funcionamiento del eje cuando esté trabajando.

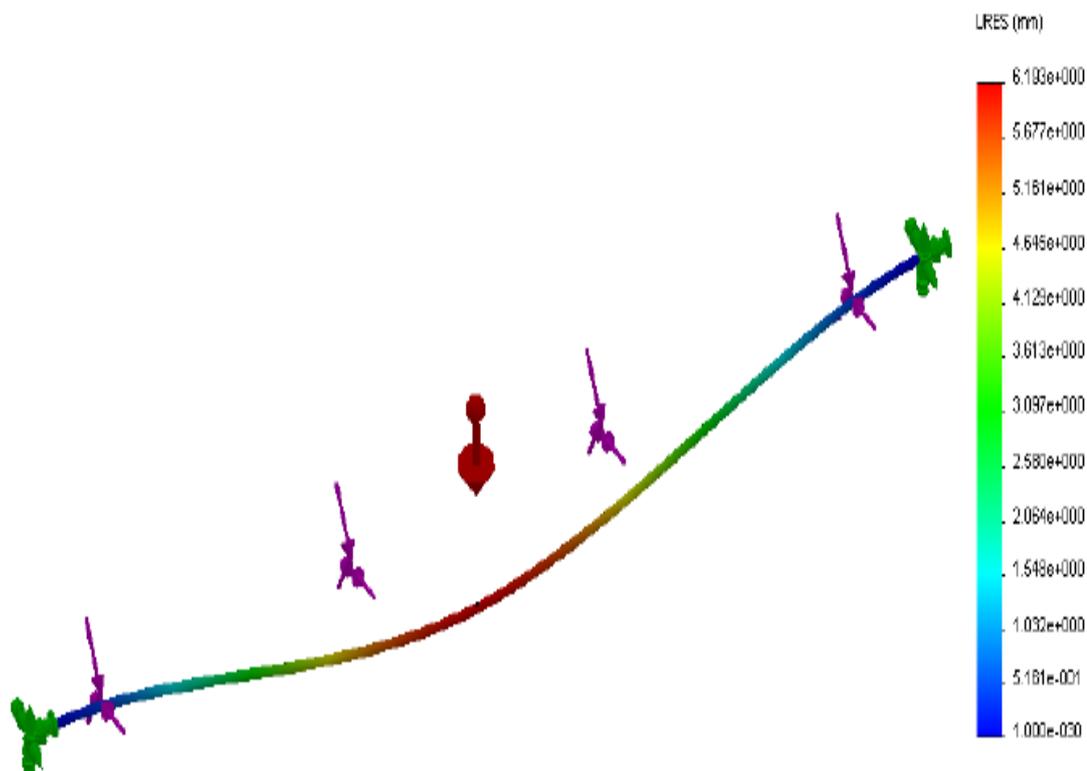


Figura 71 Desplazamiento resultante en el eje x.

Muestra el color rojo los lugares donde el factor de seguridad será más bajo y por ende los más críticos por lo tanto se verán más afectados al momento de aplicarle la fuerza. En el eje existe un factor de seguridad de 3, por lo tanto es confiable y seguro, se puede hacer uso de este con total confiabilidad.

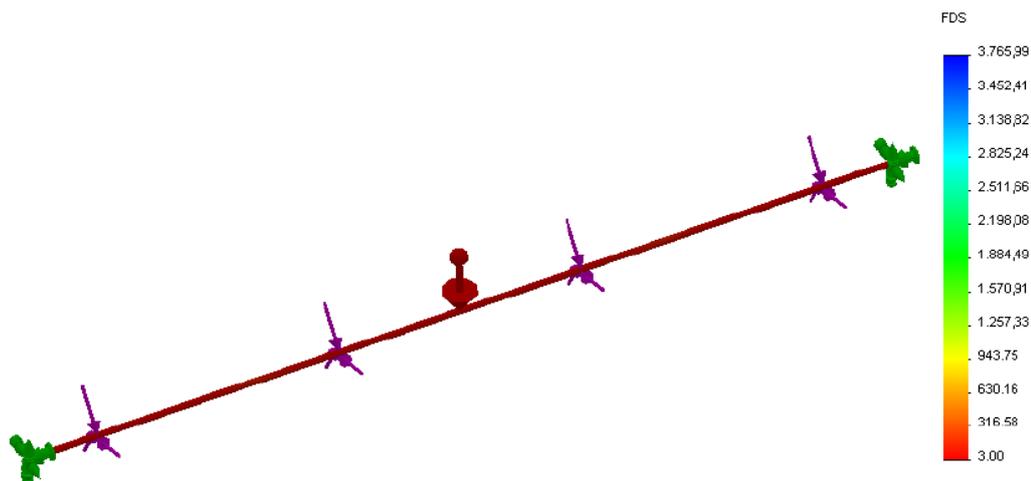


Figura 72 Factor de diseño para el eje x.

3.5.3. Selección del motor en el eje x

A. Cálculo del torque en el eje x

Para el cálculo del torque de la estructura horizontal, se analizará al eje X, ya que ésta soporta la mayor carga de entre la estructura, y con los resultados se podrá seleccionar el actuador adecuado.

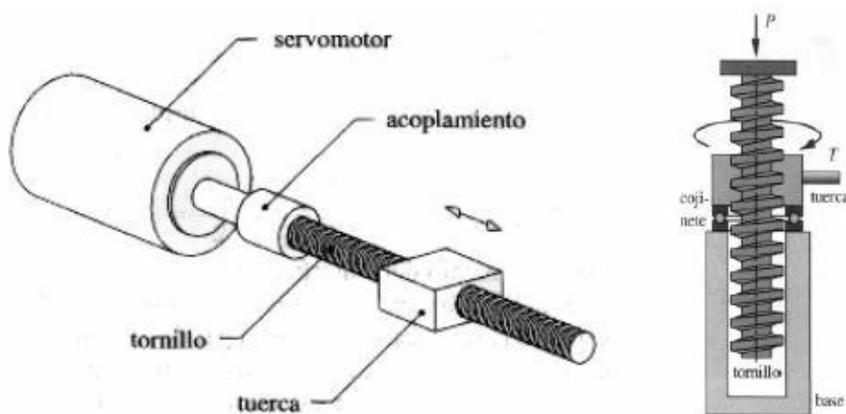


Figura 73 Transmisión de movimiento horizontal.

El torque requerido para la selección del actuador para mover el sistema depende de los siguientes factores:

B. Inercia por el peso de la pistola o la carga (I_p)

$$I_w = \left(\frac{W}{p^2}\right) \left(\frac{1}{2\pi}\right)^2$$

Donde:

W(lb) Peso de la pistola y la estructura en conjunto

P(in) Hilos por pulgada del tornillo de potencia

En una longitud de una pulgada con un paso de 4mm, la cantidad de hilos por pulgada será.

$$p = \frac{25,4mm}{4mm} = 6.35hpp$$

Entonces:

$$I_p = \left(\frac{17.6lb}{(6.35hpp)^2}\right) \left(\frac{1}{2\pi}\right)^2$$

$$I_p = 0.011lb \cdot in^2$$

C. Inercia del tornillo(I_T)

Para el cálculo de la inercia del tornillo (I_T) se utiliza la siguiente expresión:

$$I_T = \frac{D^4 L}{36}$$

Donde:

D (mm)=7/8 Diámetro del tornillo

L (mm)=1050 Longitud roscada del tornillo

$$L = 1050mm \frac{1in}{25.4mm} = 85.03in$$

$$I_T = \frac{(0.875)^4(85.03)}{36}$$

$$I_T = 3.78lb \cdot in^2$$

D. Inercia del tornillo que acciona el sistema(I_M)

La inercia de rotor del motor (I_M) se asume en las bases a las características técnicas de un motor PAP NEMA 34 comúnmente utilizado en Router CNC; entonces $I_M = 3600 \text{ g. cm}^2$.

$$I_M = 3600 \text{ g. cm}^2 \frac{(1. \text{ in})^2 (1. \text{ lb})}{(2.54 \text{ cm})^2 (454 \text{ g})}$$

$$I_M = 1.229 \text{ lb. in}^2$$

E. Inercia total

La inercia total se calcula con la siguiente expresión:

$$I_{eq} = I_w + I_T + I_M$$

Donde:

$I_w(\text{lb. in}^2) = 0.011$ Inercia del peso o la carga

$I_T(\text{lb. in}^2) = 3.78$ Inercia por el tornillo

$I_M(\text{lb. in}^2) = 1.229$ Inercia del motor a pasos

Entonces:

$$I_{eq} = I_w + I_T + I_M$$

$$I_{eq} = 0.011 + 3.78 + 1.229 = 5.020 \text{ lb. in}^2$$

Para la configuración del motor a pasos en el eje x se lo realiza con el Microstep Drives el cual permite seleccionar la velocidad en función del torque o viceversa de acuerdo a las necesidades de trabajo que se requiere de esta manera se determinó los siguientes parámetros:

1 Rev 10000 pulsos configuración del driver

1 pulso 100µsegundos configuración del Plc

Entonces:

$$\frac{1 \text{ Rev}}{10000 \text{ pulsos}} \times \frac{1 \text{ pulso}}{100 \mu \text{seg}} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 60 \text{ RPM}$$

La velocidad del tornillo de potencia en el eje X es de 60 RPM por lo que la velocidad es directamente al tornillo en donde va a realizar el movimiento longitudinal repetidamente para el pintado de las suelas del calzado.

La velocidad lineal máxima (V_{Lmax}) se calcula de la siguiente expresión:

$$V_{Lmax} = 2\pi\omega r$$

Donde:

$\omega = 60RPM$ RPM del motor a pasos
 $r = 0.4375in$ Radio del tornillo de potencia

$$V_{Lmax} = 2\pi(60)(0.5625)$$

$$V_{Lmax} = 212.056 \text{ in}/\text{min}$$

La velocidad angular de la pistola en pasos por segundo (sps) se calcula la siguiente expresión.

$$\omega = \frac{V_{Lmax} \cdot spr \cdot p}{60}$$

Donde:

$V_{Lmax} = 212.056(\text{in}/\text{min})$ Velocidad lineal máxima en la que se mueve la pistola.

$spr = 200$ Pasos por revolución o ciclos por revolución

$p(hpp) = 6.35$ Paso del husillo en hilos por pulgada

Entonces:

$$\omega = \frac{V_{Lmax} \cdot spr \cdot p}{60}$$

$$\omega = \frac{(212.056)(200)(6.35)}{60}$$

$$\omega = 4488.52sps$$

Los pasos incrementales θ en grados, se calcula con la siguiente expresión:

$$\theta = \frac{360/rev}{200pasos}$$

$$\theta = \frac{1.8^\circ}{paso}$$

El torque requerido por la inercia total (T_A) se calcula con la siguiente expresión.

$$T_A = \frac{2 \cdot I_{EQ} \cdot \omega \cdot \pi \cdot \theta}{(24)(180)t}$$

Donde:

$$I_{EQ}(lb \cdot in^2) = 5.020$$

Inercia Total

$$\omega(sps) = 4488.52$$

La velocidad angular de la pistola

$$\theta(^{\circ}/paso) = 1.8$$

Pasos incrementales

$$t(segundos) = 0.12$$

Tiempo de aceleración para un motor NEMA 34

Entonces:

$$T_A = \frac{2 \cdot I_{eq} \cdot \omega \cdot \pi \cdot \theta}{(24)(180)t}$$

$$T_A = \frac{(2)(5.020)(4488.52)(\pi)(1.8)}{(24)(180)(0.12)}$$

$$T_A = 491.58 \text{ onz. in}$$

El torque requerido para vencer la fuerza de fricción se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_B = \frac{16F_f}{2\pi \cdot p \cdot eff}$$

Donde:

F_f : Fuerza de rozamiento viene dada por la siguiente expresión

$$F_f = \mu \cdot N$$

$\mu=0.04$ coeficiente de rozamiento materiales en contacto

$$N = W = 17.6lb$$

$$F_f = \mu N = (0.04)(17.6) = 0.704lb$$

$p(hpp) = 6.35$ Paso del husillo en hilos por pulgada

$eff(\%) = 60$ Eficiencia del tornillo

Entonces:

$$T_B = \frac{16 \cdot F_f}{2\pi \cdot p \cdot eff}$$

$$T_B = \frac{16(0.704)}{2\pi(6.35)(0.6)}$$

$$T_B = 0.47 \text{ onz. in}$$

Finalmente el torque requerido para mover la estructura y el tornillo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T = T_A + T_B$$

Donde:

$T_A(\text{onz. in}) = 491.58$ El torque requerido por la inercia total

$T_B(\text{onz. in}) = 0.47$ El torque requerido para vencer la fuerza de fricción

Entonces:

$$T = T_A + T_B$$

$$T = 491.58 + 0.47$$

$$T = 492.05 \text{ onz. in}$$

T expresado en (N.m)=3.47

Por lo tanto se requiere un motor de pasos con un torque mínimo de 492.05 onz.in y con un ángulo de avance de $1,8^\circ$ por pulso, pero para su selección a continuación detallamos dos aspectos que se debe considerar: La cabina de pintado automática debe es flexible lo que está sujeta a ser modificada el cabezal de la pistola de su posicionamiento, su ángulo, su altura y la mesa giratoria según el tipo de suela en el proceso existen diferentes tipos de pintado y de mayor capacidad teniendo como consecuencia una mayor carga al motor.

En cada ciclo de pintado el motor de la mesa giratoria debe realizar tres paradas, cuando entra en la sección de pintado y luego a la de descarga y continuar su trayectoria por estos motivos se toma la decisión de escoger un motor NEMA 34 de 16 00onz.in (11.30Nm) para evitar un mal funcionamiento del mismo.

F. Cálculo de la potencia del motor a pasos del eje x

La frecuencia de trabajo máxima del motor es (cantidad de pulsos máxima a la que va a trabajar el motor) se calcula con la siguiente expresión:

$$f = \frac{V \cdot i \cdot Z}{h}$$

DATOS:

$$V_{Lmax} = 212.056 \text{ in}/\text{min}$$

Transformación a (mm/seg)

$$V_{Lmax} = 212.056 \frac{\text{in}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ in}} * \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 89.773 \frac{\text{mm}}{\text{seg}}$$

h = Paso del tornillo = 6.35hpp

i = Relación de sistema = 1

Z = pasos por revolución o ciclos por revolución = 200

$$f = \frac{(89.773)(6)(200)}{6.35}$$

$$f = 16.96 \text{ KHz}$$

La velocidad a la que gira el motor (n) sin carga se calcula con la siguiente expresión.

$$n = \frac{60 * f}{z}$$

$$n = \frac{60 * 19.96KHz}{200}$$

$$n = 5088 \text{ rpm}$$

Donde n se calculó en su máxima velocidad de trabajo sin carga, la potencia del motor (P_m) se calcula con la siguiente expresión:

$$P_m = \frac{2 * \pi * M_{mf} * n}{60}$$

$$P_m = \frac{(2) * (\pi) * (0.28)(5088)}{60}$$

$$P_m = 149.18 \text{ Watts} * \frac{1Hp}{745.7 \text{ Watts}} = 0.2HP$$

3.6. Diseño del sistema de movimiento rotacional

Este sistema rotacional es el encargado de girar la mesa con las suelas, y este gira automáticamente y secuencialmente para que en la otra fase pinte las suelas y por ultimo realice la descarga a la altura adecuada ya que es regulable. Este sistema está compuesto de los siguientes elementos.

3.6.1 Determinación de cargas

El eje debe soportar tanto el torque máximo (T_b) requerido para generar el movimiento rotacional de la mesa, así como la fuerza resultante que se transmite desde los dientes del piñón (F_1) que se calculó anteriormente.

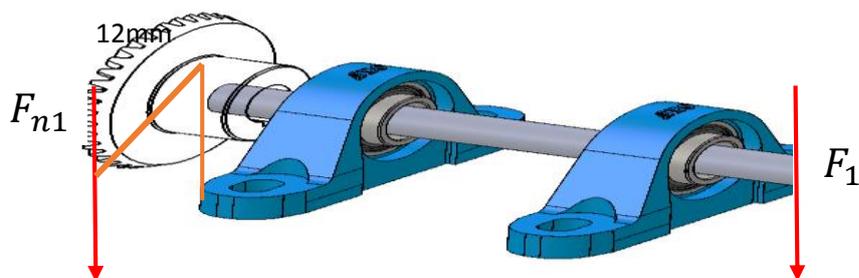


Figura 74 Cargas sobre el eje de rotación de la mesa.

$$M_{max} = F_{n1} \cdot x$$

$$M_{max} = 535.1N \cdot 0.012m$$

$$M_{max} = 6.42Nm$$

Para un factor de diseño $FS = 3$, el diámetro del eje se determina utilizando la ecuación para el diseño de flechas sujetas a cargas de flexión y torsión mediante la teoría de la energía de distorsión.

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot FS}{\pi S_y} \left(M_{max}^2 + \frac{3}{4} T_b^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = \left[\frac{32 \cdot 3}{\pi \cdot 250 \times 10^6} \left(6.42^2 + \frac{3}{4} 9.05^2 \right)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$\phi_{eje} = 0.01018m = 10.8mm$$

Por lo tanto se toma un diámetro estándar de 12mm.

Para comprobar los resultados obtenidos se realiza el análisis de esfuerzos del eje en el programa SolidWorksSimulation.

3.6.2 Informe de SOLIDWORKS

En la figura 65 se tiene una tensión de 3.22 MPa, este parámetro está dentro de las tensiones que pueden soportar el material que es de 250MPa, por lo tanto el diseño es seguro para su ejecución.

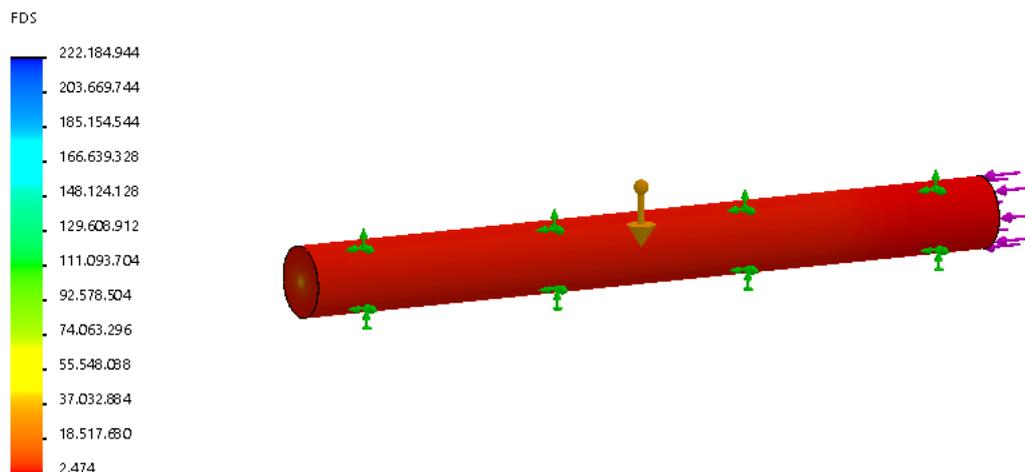


Figura 77 Factor de diseño para el eje de rotación de la mesa.

3.7. Diseño del eje de soporte de la suela

Como se indica en la figura 77 el eje con una longitud de 180 mm y deberá soportar el peso de 5N equivalentes ya que existen plantillas de diferentes tamaños.

3.7.1 Análisis de esfuerzos en el eje de la suela

Tomando en cuenta que el brazo de sujeción debe permitir regular la altura de la pistola de pintar, se determinó que la geometría más adecuada para el brazo es el mostrado en la figura 77.



Figura 78 Modelado 3D del EJE DE LA SUELA.

El análisis de esfuerzos del brazo de sujeción se realiza con la ayuda de software de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), específicamente mediante los Solvers de Análisis por Elementos Finitos (FEA) del programa SolidWorksSimulation.

3.7.2 Informe de SOLIDWORKS.

En la figura 79 se tiene una tensión de 4.18 MPa, este parámetro está dentro de las tensiones que pueden soportar el material que es de 250MPa, por lo tanto el diseño es seguro para su ejecución.

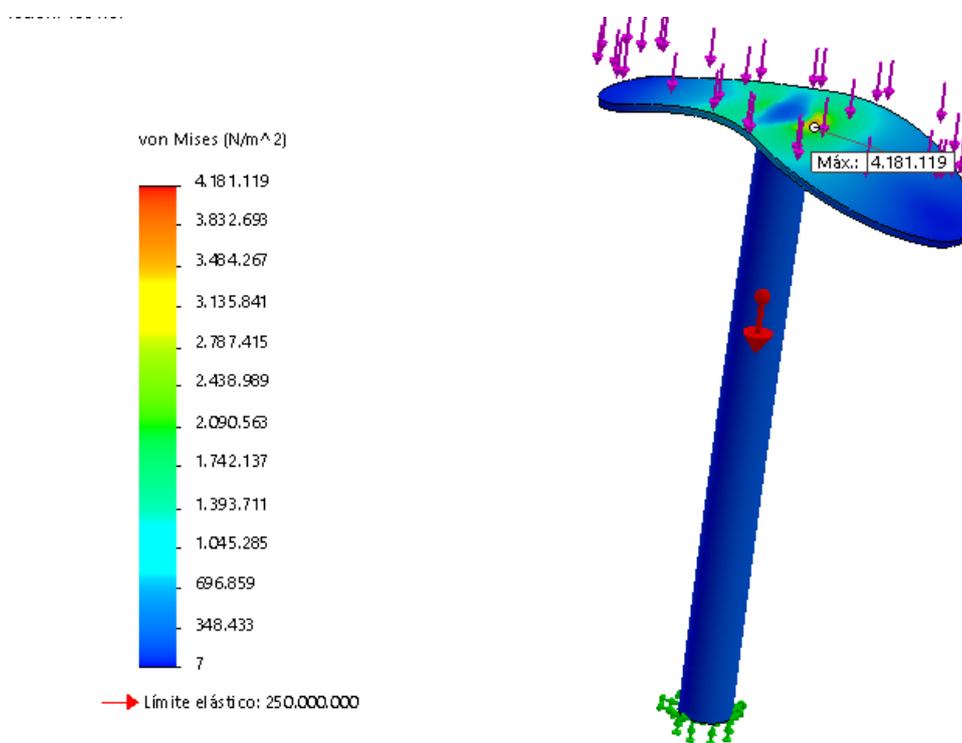


Figura 79 Tensión de Von Mises generado en el eje de la suela.

El desplazamiento al que va a estar sometido es de 0.11mm, por lo que es mínimo y no afecta al sistema (Ver figura 80).

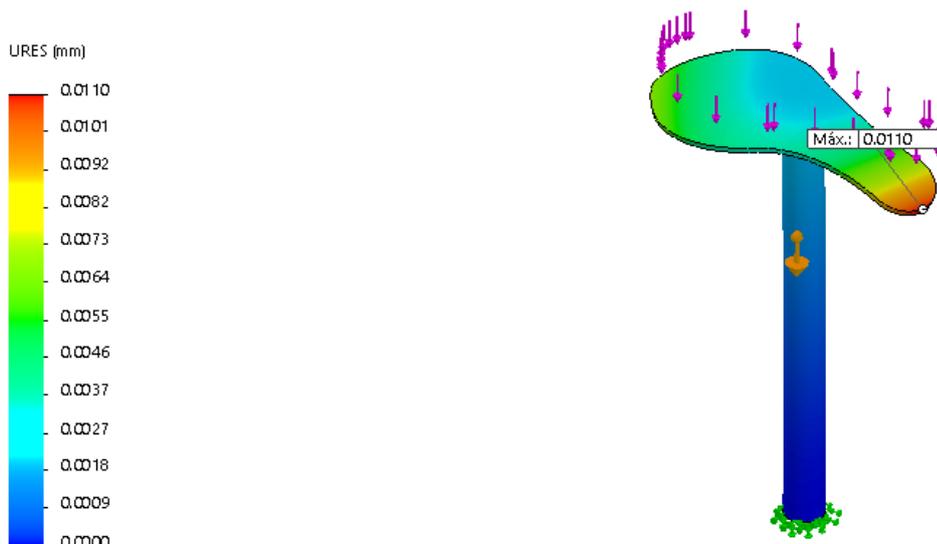


Figura 80 Desplazamiento resultante en el eje de la suela.

En la figura 81 se tiene un factor de seguridad de 0.5 por lo que este parámetro está dentro de lo estimado de diseño.

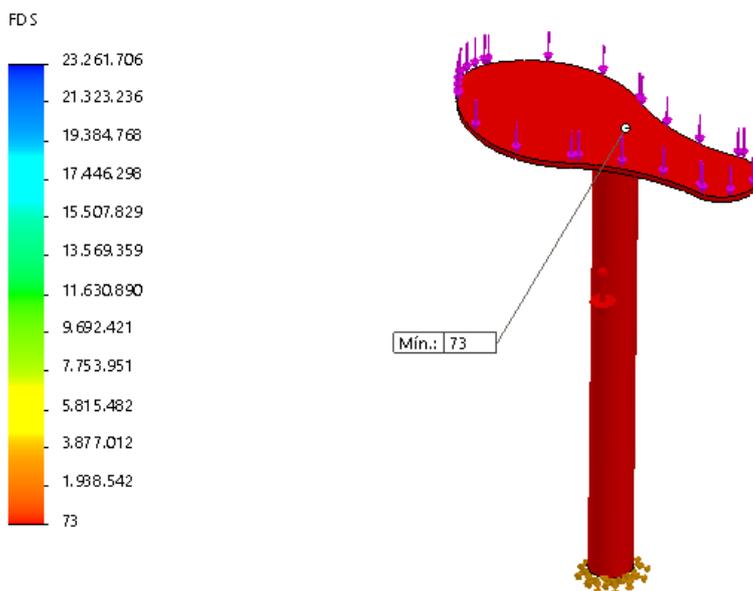


Figura 81 Factor de diseño para el brazo de sujeción.

3.7.3 Diseño de la mesa giratoria

Como se indica en la figura 82 la mesa giratoria tiene 700mm y deberá soportar el peso de 15N equivalentes ya que existen dos plantillas a diferentes distancias.

A. Análisis de esfuerzos en el brazo de sujeción

Tomando en cuenta que el brazo de sujeción debe permitir regular la altura de la pistola de pintar, se determinó que la geometría más adecuada para el brazo es el mostrado en la figura 82.

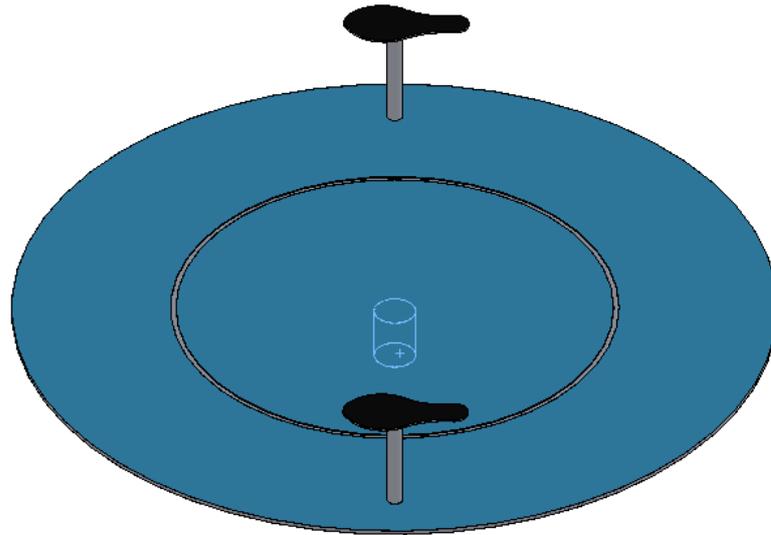


Figura 82 Modelado 3D de la mesa giratoria.

El análisis de esfuerzos del brazo de sujeción se realiza con la ayuda de software de Ingeniería Asistida por Computador (CAE), específicamente mediante los Solvers de Análisis por Elementos Finitos (FEA) del programa SolidWorksSimulation.

B. Informe de SOLIDWORKS.

En la figura 83 se tiene una tensión de 4.95MPa, este parámetro está dentro de las tensiones que pueden soportar el material, por lo tanto el diseño es seguro para su ejecución.

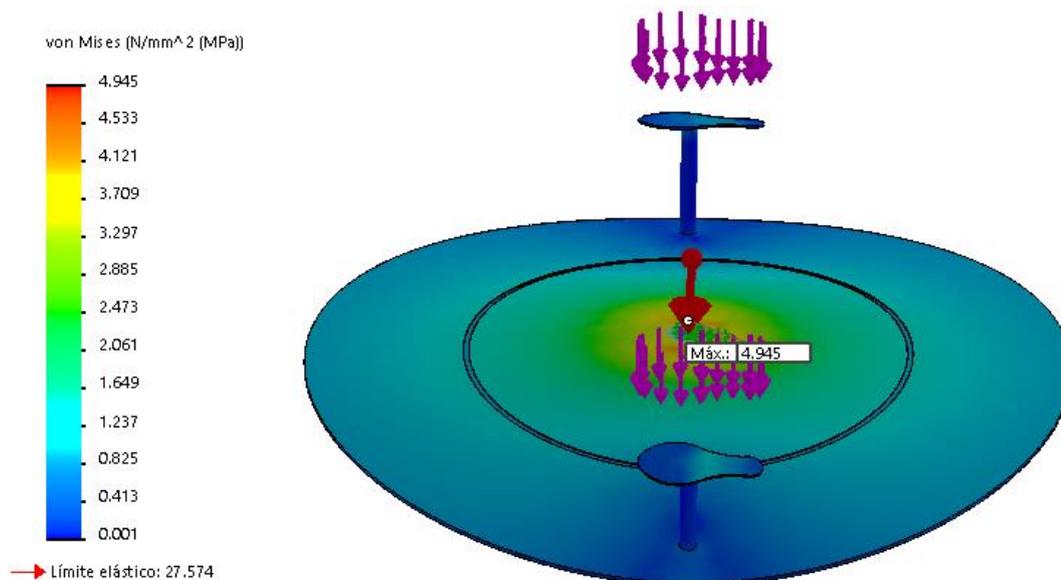


Figura 83 Tensión de Von Mises generado en la mesa giratoria.

El desplazamiento al que va a estar sometido la mesa es de 0.6 mm, por lo que es mínimo y no afecta al sistema (Ver figura 84).

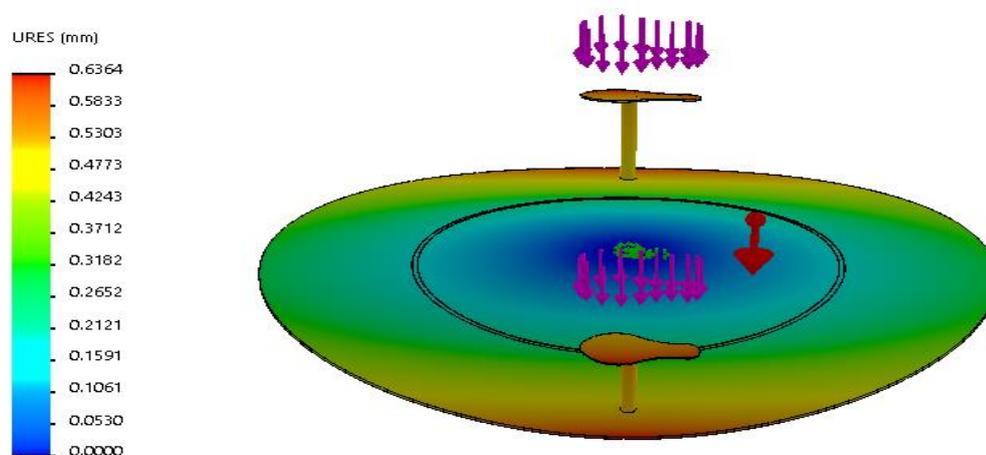


Figura 84 Desplazamiento resultante en la mesa giratoria.

En la figura 85 se tiene un factor de seguridad de la mesa es de 5.58 por lo que este parámetro está dentro de lo estimado de diseño.

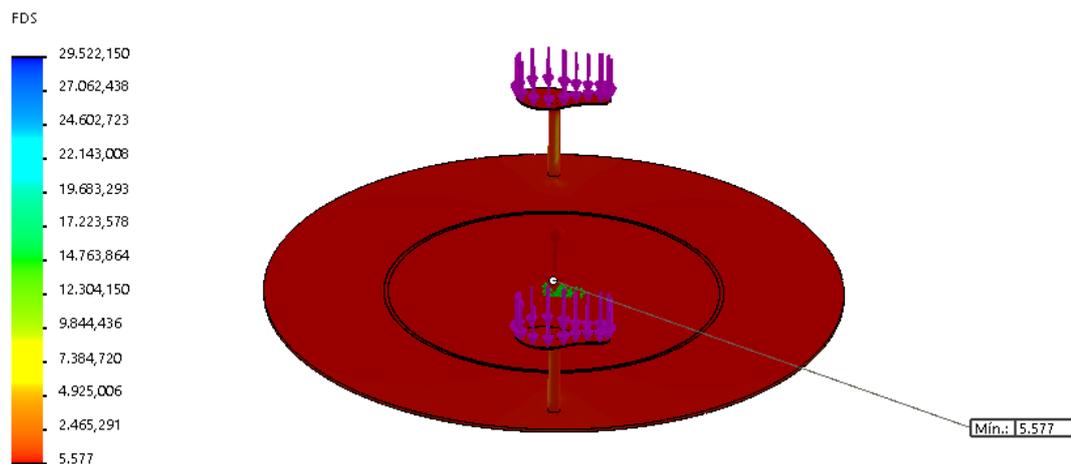


Figura 85 Factor de diseño para la mesa giratoria.

3.8. Diseño de las guías del movimiento longitudinal

El eje guía tiene una longitud que el husillo, es decir, 1.35m y se adquirirá de acero laminado ASTM 36.

3.8.1 Determinación de cargas

La guía debe soportar el peso de todos los componentes del sistema para sujeción y movimiento transversal de la pistola, es decir 200N, ya que solo existe una sola guía.

$$F_G = W_t = 100N$$

Donde:

F_G = Fuerza de la guía

3.8.2 Análisis de esfuerzos en la guía

A partir de la figura 86 el momento máximo (M_{max}) que se produce en el eje en el caso crítico cuando el carro transversal se encuentra en el punto medio, viene dado por

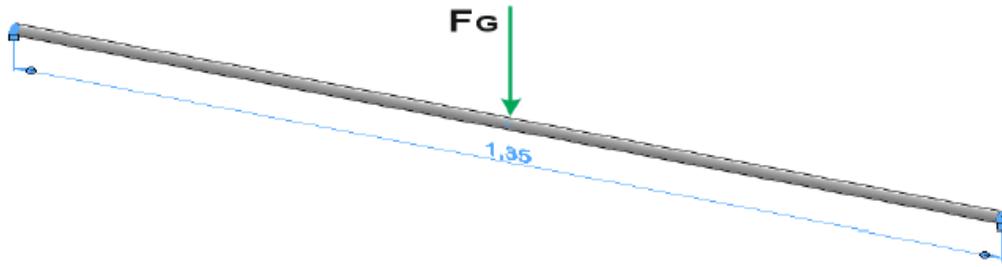


Figura 86 Cargas que actúan en el eje guía.

$$M_{max} = \frac{F_g \times l}{4}$$

$$M_{max} = \frac{200N \times 1.35}{4}$$

$$M_{max} = 33.75Nm$$

El esfuerzo normal generado por el momento máximo (M_{max}) de ver ser menor que el límite de fluencia del acero A36 dividido para el factor de seguridad FS, por lo tanto el diámetro de la guía (ϕ_G) se calcula a partir de:

$$\sigma_{flex} = \frac{S_y}{FS}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{M_{max}}{\frac{\pi \phi_g^3}{32}}$$

Reemplazando y despejando se tiene:

$$\phi_g = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot FS \cdot M_{max}}{\pi \cdot S_y}}$$

$$\phi_g = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 3 \cdot 33,75Nm}{\pi \cdot 250 \cdot 10^6 N/m^2}}$$

$$\phi_g = 0.0161m = 16.1mm$$

Por lo tanto, se toma un eje con un diámetro estandarizado de 20mm. El esfuerzo de flexión para la guía de 20mm de diámetro viene dado por:

$$\sigma_{flex} = \frac{32 \cdot M_{max}}{\pi \cdot \phi_g^3}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{32 \cdot 33.75}{\pi \cdot 0.020^3}$$

$$\sigma_{flex} = 42.9 \cdot 10^6 Pa = 42.9MPa$$

Entonces el factor de seguridad es:

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{flex}}$$

$$FS = \frac{250MPa}{42.9MPa}$$

$$FS = 5.82$$

Para comprobar el diseño se realiza el análisis de esfuerzos del eje guía en el software SolidWorksSimulation.

3.8.3 Informe de SOLIDWORKS

En la figura 87 se tiene una tensión de 4.3 MPa, este parámetro está dentro de las tensiones que pueden soportar el material que es de 250MPa, por lo tanto el diseño es seguro para su ejecución.

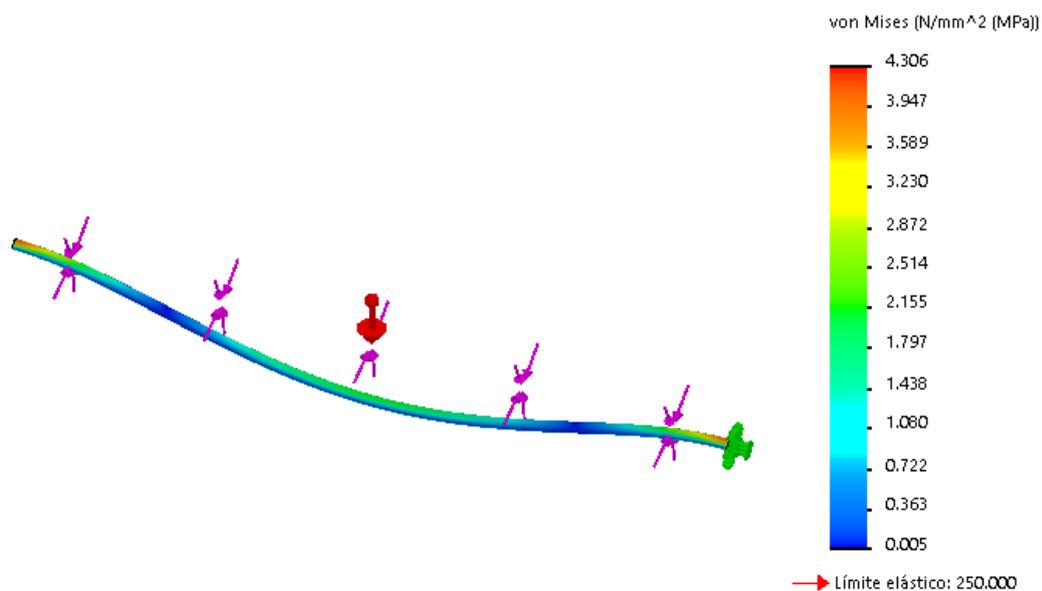


Figura 87 Tensión de Von Mises generado en la mesa giratoria.

El desplazamiento al que va a estar sometido es de 0.814mm por lo que es mínimo y no afecta al sistema no está en la figura 84.

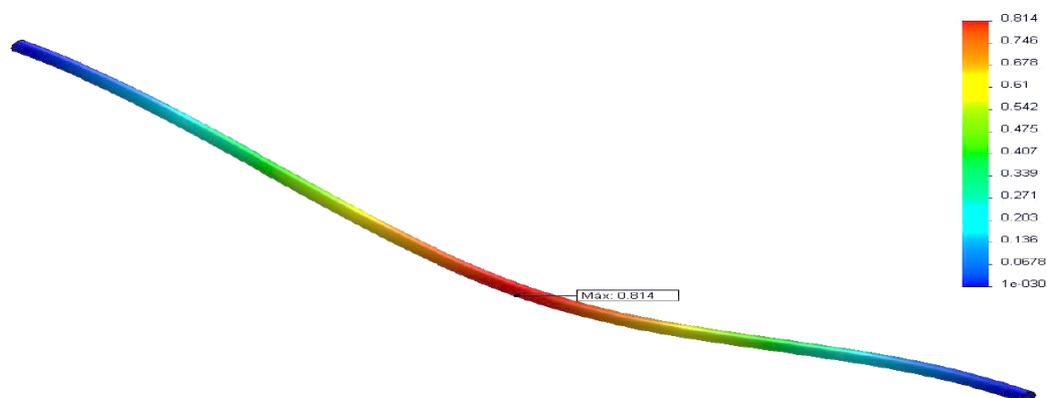


Figura 88 Desplazamiento resultante en la mesa giratoria.

En la figura 89 se tiene un factor de seguridad de 5.7 por lo que este parámetro está dentro de lo estimado en el diseño

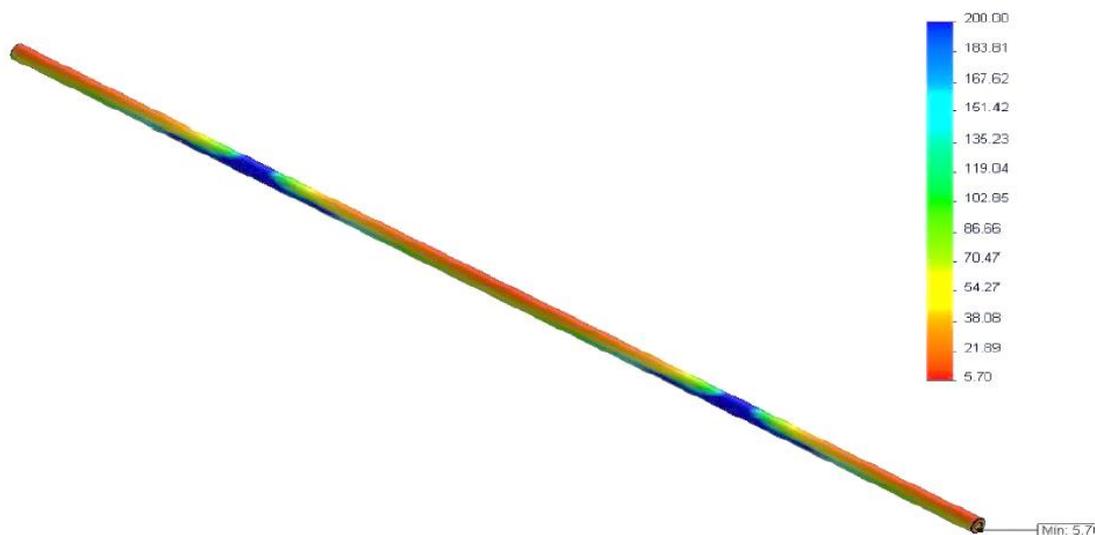


Figura 89 Factor de diseño para la mesa giratoria.

3.9. Selección de la polea y banda

3.9.1 Selección de la polea

Para la selección de poleas se calcula la potencia de diseño o la total de la potencia transmitida sobre la que se diseñara la correa. La potencia del motor (P_m) es el punto de partida, pero el valor real es modificado por un factor de servicio en función a los diversos factores de trabajo de la máquina.

$$P_c = P_m * K$$

Donde:

P_c = Potencia corregida (Hp)

P_m = Potencia transmitida (0.2Hp)

K = Factor de servicio (1.2)

$$P_c = 0.2 \times 1.2$$

$$P_c = 0.24Hp$$

Se dispone de graficas según el fabricante, en donde se indica el tipo de correa para trabajar en función de la potencia a transmitir y de las revoluciones

de giro de la polea menor. Para la selección del tipo de correa de transmisión se anexa una gráfica.

Se determina cual es la sección correcta para el valor de rpm de la polea de menor diámetro y de la potencia corregida. Donde se intersecan las líneas se indica la sección de correa a utilizar.

Para este caso tenemos 0.24Hp y 360rpm.

El diámetro mínimo utilizado en la sección A es de 50mm.

Con los siguientes datos:

$$P_c = 0.24Hp$$

$$n_1 = 36rpm$$

$$n_2 = 60rpm$$

$D = \text{Diámetro de la polea mayor}$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D}{d}$$

$$\frac{360}{60} = \frac{D}{50mm}$$

$$D = \frac{360 * 50}{60}$$

$$D = 300mm * \frac{1cm}{10mm} = 30cm$$

3.9.2 Cálculo de la longitud de la banda

Para determinar la longitud de la banda se calcula con la siguiente expresión:

$$L_p = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

Donde:

- Longitud de paso de la banda(Lp)
- Distancia entre centros: C = 280mm
- Diámetro polea mayor: D = 300mm

Para lo cual se ha seleccionado una correa 47A de una longitud de 1200mm como se indica en la tabla

Tabla 6.

Longitudes estándares de correas DIN/ISO.



Perfil	A/HA	B/HB	C/HC	D/HD
b _o = (mm)	13,0	17,0	22,0	32,0
h = (mm)	9,9	13,0	16,2	22,4

Perfil A/HA		Perfil B/HB				Perfil C/HC		Perfil D/HD						
(Perfil A) Desarrollo interior No. L _i (mm)	(Perfil HA) Desarr. exterior L _e (mm)	(Perfil B) Desarrollo interior No. L _i (mm)	(Perfil HB) Desarr. exterior L _e (mm)	(Perfil B) Desarrollo interior No. L _i (mm)	(Perfil HB) Desarr. exterior L _e (mm)	(Perfil C) Desarrollo interior No. L _i (mm)	(Perfil HC) Desarr. exterior L _e (mm)	(Perfil D) Desarrollo interior No. L _i (mm)	(Perfil HD) Desarr. exterior L _e (mm)					
47	1200	1236	47	1200	1262	146	3700	3762	90	2286	2361	98	2500	2611
51	1300	1336	51	1300	1362	148	3750	3812	98	2500	2575	110	2800	2911
56	1422	1458	55	1400	1462	158	4000	4062	108	2750	2825	120	3048	3159
57	1450	1486	59	1500	1562	167	4250	4312	120	3048	3123	128	3250	3361
59	1500	1536	61	1550	1612	177	4500	4562	128	3250	3325	144	3658	3769
64	1625	1661	63	1600	1662	187	4750	4812	140	3550	3625	158	4000	4111
67	1700	1736	64	1625	1687	197	5000	5062	146	3700	3775	162	4115	4226
71	1800	1836	67	1700	1762	208	5300	5362	151	3850	3925	173	4394	4505
75	1900	1936	71	1800	1862	220	5600	5662	167	4250	4325	180	4572	4683
79	2000	2036	73	1850	1912				177	4500	4575	195	4953	5064
88	2240	2276	75	1900	1962				187	4750	4825	210	5334	5445
98	2500	2536	79	2000	2062				197	5000	5075	225	5715	5826
100	2540	2570	83	2100	2162				208	5300	5375	240	6096	6207
104	2650	2686	88	2240	2302				220	5600	5675	255	6477	6588
112	2845	2881	91	2300	2362				236	6000	6075	270	6858	6969
120	3048	3084	94½	2400	2462				248	6300	6375	285	7239	7350
128	3250	3286	98	2500	2562							300	7620	7731
144	3658	3694	102	2600	2662							315	8000	8111
158	4000	4036	106	2700	2762							330	8382	8493
167	4250	4286	112	2845	2907							345	8763	8874
187	4750	4786	118	3000	3062							360	9144	9255
			120	3048	3110							390	9906	10017
			128	3250	3312							420	10668	10779
			132	3350	3412							450	11430	11541
			140	3550	3612							480	12200	12311
												540	13716	13827
												600	15240	15351
												660	16764	16875
												700	17780	17891

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE LA CABINA.

Para el diseño del sistema eléctrico como el electrónico pusimos la prioridad de la ejecución de tareas a cumplir para satisfacer las necesidades empresariales y en la ayuda al obrero en esta empresa.

En la operación del sistema el obrero debe tener un sistema muy amigable para poder realizar su trabajo sin complicaciones y con la rapidez necesaria, además que el sistema debe tener señalización para la mejor operación.

4.1 Condiciones de funcionamiento del sistema eléctrico de la cabina.

Para el diseño electrónico de la cabina debemos tomar en cuenta las necesidades de los diversos elementos eléctricos y electrónicos intervinientes en la cabina:

- La tensión general de máquina será 110 VAC.
- La tensión de los diversos dispositivos eléctricos estarán en para el PLC DELTA 110 VAC, dos motores de 24 VDC, microswitch 12 VDC, electroválvulas de 24 VDC.
- El sistema será confiable porque será en gran parte automático.
- El control de la pistola de pintura será realizado de manera neumática.
- El control de movimiento de la pistola será controlado mediante un motor longitudinal (Motor Paso a paso) controlados mediante su respectivo driver.
- Para los cambios de dirección de giro de los motores se usaran microswitch.

- El suministro de la pintura se realizara por medio de bomba de diafragma por ser la manera más eficaz y que suministrara la cantidad necesaria evitando así desperdicios de pintura en el proceso de pintado.
- Para el control de habilitación y des habilitación de la aguja de pistola se usara electroválvulas las cuales serán controladas por el PLC mediante su respectiva programación en cada uno de los ciclos de ejecución.
- Se aplicara un encendido general para todas las operaciones de la máquina, además que poseerá un paro de emergencia el cual será de gran ayuda cuando presente algún inconveniente en la máquina.
- La puesta en marcha de maquina se realizara mediante un pulsador el cual podre ser accionado siempre y cuando las luces indicadoras lo permitan es decir que la luz roja este apagada y la verde prendida indicando que la maquina esta energizada.
- El apagado de máquina se podrá hacer de un mando general, por partes o vía software esto quiere decir que se puede apagar el PLC así parando la ejecución de las tareas impartidas por el PLC.
- Los motores serán controlados por medio de un driver, protegido con un relé térmico y un fusible para brindar una protección contra cortocircuitos, sobre voltaje y mal manejo de la máquina.
- Se tendrá además un control continuo de la presión de aire de 6.9 Bar del sistema para obtener un correcto pintado y funcionamiento óptimo, además que esto nos permitirá controlar de una manera eficiente el agua de la pistola así como la suministración de aire necesario para el pintado.

Para el correcto cumplimiento de cada una de las necesidades especificadas anteriormente se especificara las tareas requeridas así como las acciones que se detallaran a continuación en un listado específico:

- La máquina será instalada con un suministro de voltaje de 110 VAC los cuales serán utilizados para luminarias, ventilación, suministro de aire entre otras aplicaciones pequeñas necesarias 110 VAC.
- Los motores de VDC serán motores paso a paso controlados con su respectivo driver para tener un control en las revoluciones necesarias para el mejor funcionamiento de la máquina por la gran exactitud en sus desplazamientos de esta clase de motores, además que ellos serán los en cargados de transportar el sistema de descarga automático y la pistola respectivamente.
- El motor VDC será un motor paso a paso de 8Nm el cual será usado, es para un desplazamiento circular el cual se necesita de desplazamientos pequeños pero con una parada controla en dos diferentes puntos para poder realizar la respectiva carga y descarga de las suelas para ejecutar el pintado.
- La bomba de 0.5 HP será utilizada para realizar una realimentación de agua para la limpieza continua de la pintura que pueda adherirse en las paredes de la cabina.
- Mediante un selector de dos posiciones podremos realizar las tareas de apagado y en encendido de la máquina, para lo cual solo se encenderá la maquina pero no empezara el ciclo de pintado sin que este sea iniciado por el operador.
- El tablero de control poseerá un pulsador tipo hongo el cual cumplirá con la función de paro de emergencia el cual será usado cuando la máquina pueda caer en condición de error en el sistema de control.
- En el tablero de control también será necesario tener un sistema de protección contra cualquier inconveniente que puede ocasionar en la parte eléctrica y electrónica para esto usaremos protectores térmicos y fusibles de corte rápido.

4.2 Selección de selectores, pulsadores y fusibles.

Para la selección de los diferentes actuadores e indicadores utilizados para la realización de las diferentes maniobras de activado y desactivado

en el proceso de pintado y de descarga automática debemos tener en cuenta el fabricante y características que detallaremos a continuación:

4.2.1 Selección del selector.

La selección del selector se lo realizo teniendo en cuenta el uso diario que se va a realizar a la máquina para lo cual se seleccionó un selector de características mecánicas medias es decir que pueda soportar el uso diario sin dañarse de manera inmediata, para esto elegimos el siguiente selector que se puede observar en la figura 90.



Figura 90 Selector de dos posiciones.

4.2.2 Pulsador tipo hongo.

Para la selección del pulsador tipo hongo las características primordiales que tuvimos en la selección fueron que tuviera cualidades tales que ayuden al operador en caso de que la maquina caiga en un estado de error, para esto escogimos un pulsador de tipo hongo el cual tenga la característica de tener un seguro el cual no sea fácil de ser abierto y que tenga la capacidad de quedarse enclavado en un estado de error de la maquina al ser presionado el pulsador elegido lo podemos observar en la siguiente figura 91.



Figura 91 Pulsador tipo hongo.

4.3 Selección de relés auxiliares, driver, finales de carrera y fuentes de DC.

4.3.1 Relés auxiliares.

Se utilizará relés auxiliares para proteger las entradas y salidas del PLC, debido a que los contactos del autómata únicamente soportan una cierta cantidad de corriente y si esa corriente es elevada producirá el deterioro y daño en los contactos, por lo tanto se utilizará relés auxiliares como los que podemos observar en las siguiente figura 92.



Figura 92 Vista física de un relé auxiliar.

4.3.2 Selección de driver.

El driver escogido para el correcto funcionamiento de los motores y en si para el correcto funcionamiento de toda la maquina por sus características fue entre muchos que existen el driver XINJE DP-508 el cual posee características necesarias para los motores que poseíamos estas características del driver las presentamos a continuación:

A. Características:

- Bajo nivel de ruido en el motor en marcha.
- Fuente de alimentación llega a 40VDC / 80VDC.
- Valor eficaz de la corriente de salida puede hasta 5.0A.
- Selección dinámica en la subdivisión con valor máximo de 200.
- Igualados todo el 4/6/8 lleva motor cuya corriente es inferior a 5,0 A.
- Señal de entrada del aislador de fotos.
- Fácil operación en configuración actual y la selección por el usuario.
- El exceso de tensión y protección sobre corriente.



Figura 93 Vista física de un driver XINJE DP-508.

B. Aplicaciones:

Este producto de la serie también se puede cumplir con el requisito de la pequeña y mediana aparatos e instrumentos de automatización, tales como máquina de marcado aerodinámica, etiquetado máquina, máquina de corte, máquina de marcado láser, plotter, pequeña máquina de talla, maquinas CNC, etc., sobre todo teniendo un rendimiento perfecto en los dispositivos que requieren de poco ruido y vibración, alta precisión y velocidad.

C. Seguridad:

- El conductor está autorizado para ser instalado y operado por los profesionales y técnicos.
- No conecte la alimentación antes de conectar el motor.
- Asegúrese de que la entrada de conductor cumple con los requisitos técnicos.
- No hacer el ajuste o medir las operaciones sobre el motor y el conductor durante encendido.
- Por favor hacer el cableado, instalación y configuración de parámetros tras el encendido está apagado durante más de 3 minutos.
- Asegúrese de que la operación de conexión es absolutamente correcto y puede arreglar antes de encender en el poder, incluyendo el cable de alimentación, cable de motor y el cable de señal.
- Evite las interferencias electromagnéticas.

D. Condiciones de Instalación:

- No instale el controlador al lado del aparato que produce calor.
- No exposición al conductor a un ambiente polvoriento, gas corrosivo, humedades elevadas y aconseja utilizar con pequeña vibración.

- Para conexión perfecta, por favor asegúrese de la fijación entre el cable de tierra de acogida equipo, conductor, motor y tierra.

E. Instalación física de motor y driver:

Instale el controlador en el cubículo bien ventilado bajo una protección buena y verificación de los ventiladores de enfriamiento periódicamente. Por favor, deje al menos 10 cm alrededor del conductor para el propósito de refrigeración. Evite el polvo y la humedad.

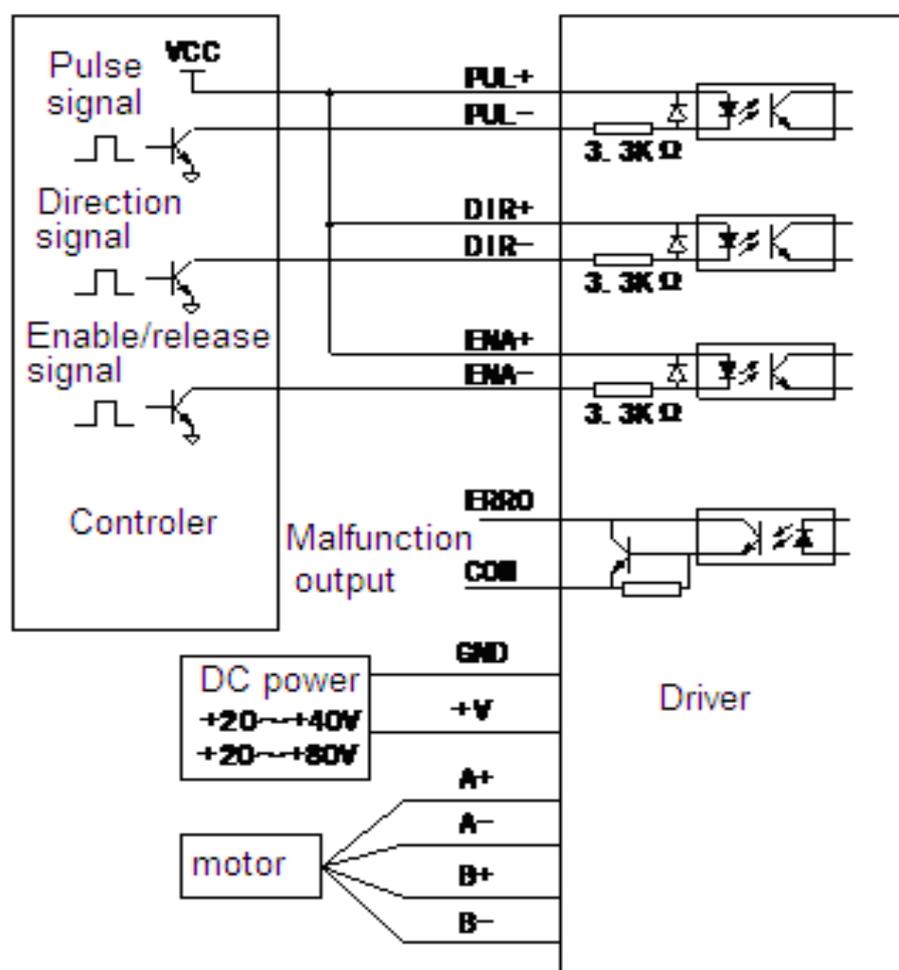


Figura 94 Diagrama de conexión entre motor a paso y driver.

4.4 Microswitch.

Los microswitch también son conocidos en el mercado como un conmutador el cual está dispuesto de dos posiciones las cuales pueden poseer la condición de vuelta a la posición de inicio y a lo cual este dispositivo contiene en su estructura un botón o simplemente que posee una palanca de accionamiento, en la cual además de tener en la punta de la palanca de accionamiento una rueda la cual nos permite que el testigo pase de un manera rápida y sin complicaciones permitiendo hacia que la máquina ejecute cada una de sus tareas de manera óptima además que ayuda a evitar daños en el elemento.

4.4.1 Funcionamiento

El funcionamiento de un microswitch se puede entender como un dispositivo el cual consta de tres patas estándar las cuales son una pata común (COM), una de contacto normalmente cerrado (NC), y una de contacto normalmente abierto (NO), para este el funcionamiento del microswitch parte de un estado en reposo lo cual es que las patas de (COM) y la pata (NC) está en contacto siempre hasta que realice el paso del testigo lo cual forzara al cambio de estado lo que significa que cambiara a que las patas en contacto serán la pata (COM) y la pata (NO) esto permitiendo la ejecución de una función en la máquina.

Para la selección de los microswitch se tomó en cuenta la posición de donde van a ser colocados y como va a pasar el testigo sobre ellos o solo a presionarlos para ello se escogió dos tipos de microswitch como se puede observar en la figura 95.



Figura 95 Tipos de microswitch.

4.4.2 Selección de la fuente de corriente continua.

La selección de la fuente es muy importante ya que esta alimentará al controlador y a los dispositivos eléctricos y electrónicos que necesitan de un voltaje de 24VDC para lo cual el PLC seleccionada posee una fuente interna la cual abastece de manera eficiente al PLC para su correcto funcionamiento pero tuvimos que seleccionar una fuente con la cual podamos realizar el funcionamiento correcto de los tres motores intervinientes en el proceso, por esta razón realizando las respectivas pruebas de funcionamiento de cada uno de los motores llegamos a la conclusión que cada motor nos consumirá una corriente de 3A por ende la fuente necesaria para el correcto funcionamiento debería ser una fuente de 24VDC con una corriente entre 10 y 12 amperios y la seleccionada se la puede observar en la figura 96.



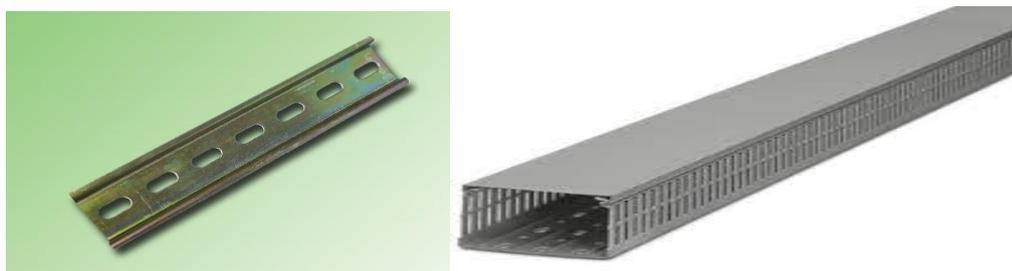
Figura 96 Fuente de poder.

Tabla 7.**Características técnicas de la fuente de corriente continua.**

Características técnicas de la fuente	
Voltaje	Corriente
110Vac – 24 Vdc	12.5A

4.5 Selección de instrumentos de montaje.

Los instrumentos de montaje interviene en la maquina serán riel DIN la cual nos permitirá una colocación fácil y correcta de los instrumentos en la caja de control además de permitir que puedan ser manipulados de la manera más eficiente posible, y el otro instrumento de montaje será la canaleta la cual nos servirá para colocar de la mejor manera el cableado en toda la máquina, estos se pueden observar en la siguiente figura 97.

**Figura 97 Vista de perfil DIN y canaleta.****4.5.1 Selección del conductor eléctrico.**

Se utiliza diferentes tipos de conductores dependiendo para el sistema de control y para el sistema de potencia.

4.5.2 Selección de conductor de motores y driver.

Estos motores van a ser controlados y movidos mediante un driver DP-508 cada uno de los motores el cual es el más indicado para el control de un motor paso a paso y que tienen que funcionar a un 50%

de su potencia mínima dependiendo de la rapidez del trabajo a realizar, para la selección del conductor se tomara en cuenta las características técnicas del Driver DP-508 indicas anteriormente, por esta razón el conductor seleccionado será # 18 por el voltaje de 24VDC y corriente máxima de consumo de 5A.

4.5.3 Selección de conductor de PLC.

Para la selección del conductor de PLC tuvimos en cuenta el consumo de corriente según catálogo es de 500 máx. Debido a que las corrientes en este sistema son demasiadas pequeñas y por razones de resistencia mecánica se escogerá un # 18, debido a que las corrientes son muy pequeñas no es necesaria la intensidad de sobrecarga, la diferencia no sería mucha para la selección del conductor.

4.6 Dimensionamiento de las protecciones.

Para el dimensionamiento correcto de cada una de las protecciones de los diferentes dispositivos que se encuentran en la maquina se debe tomar en cuenta tres fallas eléctricas más comunes que existen en sistemas eléctricos están son por sobrecarga estas se producen se sobrepasan el límite permitido de carga de corriente en un sistema eléctrico esto quiere decir que por ejemplo si el sistema eléctrico está diseñado para funcionar de manera óptima con 100 Amperios de corriente en el sistema y si a este añadimos un dispositivo el consume unos 30 Amperios se producirá sin ninguna duda esta falla. Entonces con esto se producirá una sobrecarga ocasionando graves daños en el sistema eléctrico por sobrepasar los límites establecidos. Para evitar daños en el sistema eléctrico ocasionado por sobrepasar los límites permitidos tenemos dispositivos de protección del sistema como (fusibles o disyuntores) los cuales ayudan a cuidar que los conductores de tal manera que no se sobrecalienten por excesos de corriente.



Figura 98 Vista de una sobrecarga en una regleta.

La segunda falla es por cortocircuito es un fenómeno el cual se produce al presentarse una línea en donde haya niveles bajos de resistencia en donde se transmite la corriente. Cuando llega la resistencia a un nivel no aceptable es decir un nivel bajo, se presenta por este fenómeno el incremento abrupto de corriente eléctrica. La ley de OHM es una de las leyes mediante las cuales se puede comprobar la relación que antes fue descrita mediante los diferentes estipulados.

Y la tercera pero no menos importante es el desgaste del aislante de los conductores esto quiere decir que la parte interna del conductor queda expuesta al medio en donde se encuentre pero esto no significa que se producirá como consecuencia de la pérdida de aislamiento un cortocircuito. La mayoría de las veces, esta falla provoca que los alambres por estar expuestos que dependiendo donde se produzca esta falla no ocasione daños o si produzca graves daños al ponerse en contacto con las carcasas de los dispositivos. Entonces ya que las carcasas estarán electrizadas por la falta de aislamiento entonces esto provocara que las personas quienes estén en contacto con estos dispositivos corran gran peligro de electrocución. Una manera de aminorar los efectos que puede ocurrir por esta falla es cablear un cable de puesta a tierra, lo cual permitirá que la corriente se desvíe mediante esta vía, para así evitar de gran manera que estas corrientes lleguen a las personas para causar graves daños. Además de la puesta a tierra también se pueden usar interruptores

diferenciales para minorar los daños provenientes por causa de la pérdida de aislamiento.

4.6.1 Selección de la protección principal.

La cabina de pintado de suelas para calzado dispone de elementos de seguridad como son los fusibles ultrarrápidos que sirven para disminuir el riesgo de accidentes ocasionados por sobrecargas o cortocircuitos estos ayudaran para la desconexión rápida de todo el circuito en general por ser la parte esencial del sistema eléctrico en la figura 99 se puede apreciar estas protecciones.



Figura 99 Vista de elementos de protección.

4.6.2 Protección de las derivaciones.

A. Motores, drivers, electroválvulas y PLC.

Las protecciones tanto para los motores, drivers, electroválvulas y PLC se usaran fusibles de acción rápida para que estos realicen una tarea rápida de desconexión y así evitar daños en estos elementos de la cabina de pintado, se usaran estos fusibles por las corrientes bajas que usan estos dispositivos para su trabajo y además de estar trabajando con voltajes en DC estos fusibles los podemos observar la figura 100.



Figura 100 Vista de fusibles rápido tipo L.

B. SIMULACIÓN DEL CIRCUITO DE POTENCIA.

Para el diseño del sistema de potencia de la cabina de pintado se usó el software CAdE - SIMU y sus librerías, se puede utilizar y colocar los diferentes tipos de protecciones que necesita para motor de DC y demás accesorios necesarios para realizar el arranque de los mismos que se encuentran simulados en los anexos.

4.7 Selección de PLC.

Para realizar la correcta selección del PLC el cual va a ser instalado para el sistema de control tiene que cumplir con muchas de las necesidades las cuáles son analizadas de la forma más pertinente antes de realizar el montaje del sistema de una máquina a ser optimizada. Para esto lo primero que haremos es tomar en cuenta características esenciales para funcionamiento de la máquina algunas de ellas se las puede agrupar de forma muy general como lo especificamos a continuación:

Espacio reducido.- esta es una característica que se puede considerar como esencial cuando se va a utilizar un PLC en proceso ya que cuando los cuartos de control son muy pequeños como para poder tener un sistema de control que pueda ocupar un gran espacio. Esto es porque cuando un PLC es instalado en cuarto de control además de que el PLC ya instalado con todos sus dispositivos para su óptimo funcionamiento no ocupa demasiado espacio sin que esto no significa que

no aumente la productividad, seguridad para el personal y control total del sistema.

Procesos de producción periódicamente cambiantes.- una característica más relevante pero más que característica una ventaja es que con un PLC al ser reprogramable los procesos pueden ser cambiados de tal manera que faciliten la producción de una industria ya que los procesos que estén ejecutándose pueden ser cambiados sin tener que cambiar en su totalidad el sistema de control al contrario que sea muy fácil su modificación y así generando ganancias adicionales a la industria.

Procesos secuenciales.- los procesos secuenciales son aquellos los cuales se repiten en un pequeño rango de tiempo una gran variedad de los mismos, para lo cual al ser ejecutados por personas se presenta debilidad por varias razones algunas de las más importantes es debilidad muscular, fatiga visual entre otras las cuales ocasionaran que los productos o procesos lleguen en un punto a no tener la calidad necesaria. Para esto la utilización de un PLC es la mejor opción por ser un sistema el cual permite que estos procesos secuenciales sean ejecutados de la mejor manera y sin que estos sean degradados con el tiempo de trabajo.

Actuadores distintos en un mismo proceso industrial.- dependiendo de la cantidad de entradas y salidas, así como de las características que pueda poseer un PLC este puede realizar varias funciones a la vez o controlar varios procesos en una planta, esto quiere decir que podrá controlar varios actuadores, dispositivos, etc. Por lo que un PLC es un dispositivo el cual es esencial para automatizar una industria en general.

Verificación de las distintas partes del proceso de forma centralizada.- un PLC también puede funcionar como un sistema de comunicación el cual permite realizar un control inalámbrico desde varios puntos de una planta sin importar el lugar del cuarto de control y los procesos a ser controlados. Como por ejemplo podemos tomar una línea

de producción de autos la cual sus plantas de ensamble, soldado, pintado y entre otras pertenecientes al proceso no esté en el mismo lugar del cuarto de control el PLC nos permite entrelazar cada una de estas áreas de tal manera que funcionan en un solo conjunto ayudando a la producción y a su vez dando ganancias a la empresa por no tener pérdidas de tiempo por que el personal tenga que moverse a las diferentes áreas.

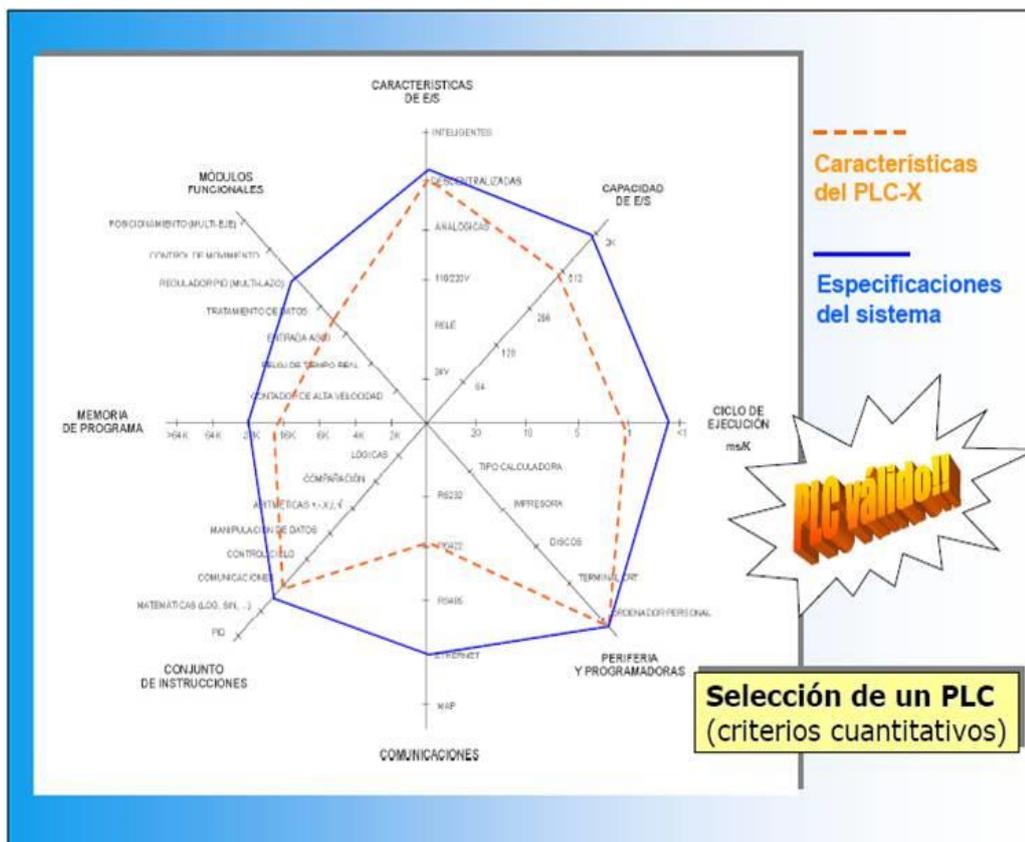


Figura 101 Criterios cuantitativos para la selección de un PLC.

Por las siguientes causas se optó por la selección del PLC DELTA DVPES200T que es un PLC especial de salida a transistor para el manejo de motores paso a paso.



Figura 102 PLC DELTA DVPES200T.

Especificaciones técnicas:

Puntos MPU: 16/20/24/32/40/60.

La capacidad del programa: paso de 16k.

Incorporado con 3 puertos COM: 1 puerto RS-232 y 2 puertos RS-485, todos son capaces de funcionar de manera independiente (maestro / esclavo).

Max. E / S de puntos: 256 puntos de entrada + 16 puntos de salida, o 256 puntos de salida de + 16 puntos de entrada.

DVP-EX2 MPU se construye con 12 bits 4AD / 2DA y ofrece módulos analógico / temperatura de la resolución de 14 bits.

Built-in con 8 puntos de entrada de alta velocidad (2 puntos por 100kHz, 6 puntos por 10kHz) y soporta U D, T / D Dir, modos de conteo / A / B.

Las nuevas instrucciones de control de movimiento: Primer control de lazo, marca de alineación, escudo, de velocidad variable inmediata, S-Curve aceleración / deceleración.

Aplicación en la industria emergente: instrucciones exclusivas y función bloques diseñados para PV seguidor solar.

Instrucciones a mano para convertidor de frecuencia: Para el control de la marcha adelante, marcha atrás corriendo, RUN y STOP unidades de motor de CA Delta@@s.

La protección por contraseña: Contraseña para subrutina, ID de usuario, la restricción sobre los tiempos de prueba.

Instrucción altamente eficiente ejecución de la instrucción eficiente.

Las aplicaciones pueden ser HVAC, máquina de moldeo por inyección, la administración de almacenamiento grande, máquina de envasado, precisa máquina textil, sistema logístico.

CAPITULO V

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizado cada uno de los diseños de las diferentes partes que constituirá la máquina y la debida selección de los componentes eléctricos y neumáticos se procedió a realizar la construcción de la máquina en sus diferentes partes que son la parte mecánica, eléctrica y neumática estas una vez construidas de manera individual se procedió al montaje para esto se utilizó los planos generados en cada uno de los diseños mecánico, eléctrico y neumático, y de esta manera llegar al objetivo final el cual es la cabina de pintado de suelas de calzado.

5.1 Construcción de la estructura

5.1.1 Definición¹

Para la construcción de la estructura se usó perfiles de acero estructural de recubrimiento negro galvanizado ASTM A36 el cual se podrá observar en el catálogo de IPAC que constara en los anexos, estos perfiles estarán distribuidos de forma que formen una cabina en la cual puedan ir todas las diferentes partes para que la cabina de pintado de suelas de calzado tenga su óptimo funcionamiento al realizar cada una de las pruebas pertinentes en cada una de las partes que consta la máquina. Ver figura 103.

Además que para realizar el proceso de soldado se usó electrodos 6011 especiales para soldar perfiles de acero estructural con características señaladas anteriormente y el tipo de unión que se usara depende mucho de la forma que se posicionaran los perfiles a ser soldados.

¹ <http://www.definicionabc.com/general/construccion.php>



Figura 103 Construcción de la estructura de la máquina.

5.2 Recubrimiento de la estructura de la máquina

El recubrimiento de la estructura de la máquina se lo realizo con tol de acero negro de 12mm de espesor para la parte del exterior por no ser necesario tener cualidades especiales y no estar expuesta a ambientes agresivos mientras que para el recubrimiento interior se vio la necesidad de hacer el recubrimiento con tol de acero inoxidable de 1/20 de espesor por estar expuesto constantemente a el agua que tiene que ser regada por todas las paredes internas para evitar que la pintura se adhiera a estas y pueda ser corroído el material, y además se tuvo que realizar en parte superior de la máquina un tipo cono para colocar un extractor el cual la función que va a tener es de succionar todos los aires contaminantes que se generen en la máquina por cada uno de sus dispositivos hidráulicos y neumáticos. Ver figura 104.



Figura 104 Vista del recubrimiento y formación del cono de succión.

5.3 Montaje de la base para los tornillos sin fin

Para la instalación del tornillo sin fin es necesario la colocación de chumaceras de diferentes medidas las cuales es necesario colocar una base en donde puedan ser colocadas para lo cual se procedió a soldar un perfil estructural rectangular de tal forma que nos facilite la instalación de cada una de las chumaceras a ser usadas. Ver figura 105.



Figura 105 Base para colocación de tornillos sin fin.

5.4 Construcción de carros longitudinales

Para la construcción de los carros longitudinales se usó tubos macizos de acero estructural de $\frac{1}{4}$ de pulgada el cual es el material más apropiado al realizar cada una de las formas a las cuales lo debíamos formar, y además para poder realizar las acciones de corte, doblado y soldado de una manera rápida y fácil. Ver figura 106.



Figura 106 Vista de carro longitudinal.

5.5 Montaje de rodamientos circulares en los guías de los carros

Los rodamientos lineales usados fueron rodamientos circulares de diámetro de 5cm estos rodamientos fueron necesarios 4 rodamientos por ser necesarios dos bocines circulares y en cada uno de estos usamos 2 rodamientos para así facilitar el movimiento de los carros en la barra de acero inoxidable colocada como guía de estos carros. Ver figura 107.



Figura 107 Vista de la guía con los rodamientos internos.

5.6 Montaje de la barra de sujeción de los carros

Para el montaje de la sujeción de los carros se usó una barra de acero inoxidable de 1 pulgada de espesor esta medida de esta barra se tomó para evitar que cuando los carros sean colocados estos no se pandeen y así provocar daños en las tareas de pintado, así que para la instalación de esta barra fue necesaria una base las cuales se hicieron soldando dos perfiles en forma de L a cada uno de los lados de la barra y así puede quedar de la mejor manera colocada para que los carros tengan un movimiento continuo y sin complicaciones en la ejecución de las tareas indicadas. Ver figura 108.



Figura 108 Barra de acero inoxidable de 1" de espesor.

5.7 Montaje de los piñones para el movimiento rotatorio

Para obtener un control sin complicaciones en el funcionamiento de la mesa giratoria se optó por una transmisión de dos piñones en realidad llamados satélite y planetario los cuales nos ayudaron a que el motor paso a paso tuviera una posición horizontal y así permitiendo usar la capacidad del motor al máximo y sin que este caiga en condiciones de error por funcionar de una forma vertical forzando los campos magnéticos del motor. Ver figura 109.



Figura 109 Satélite y planetarios.

5.8 Montaje de la mesa giratoria

Para la construcción de la mesa se usó madera la cual nos ayudara a tener un control más exacto en el movimiento de mesa para esto se usó triplex de marca plywood de 12mm de espesor de forma circular de 70cm de diámetro estas medidas fueron usadas de acuerdo al área de trabajo que se obtuvo en la máquina una vez que se realizó el respectivo recubrimiento de la estructura.

Para la colocación de la mesa en la máquina se realizó un bocín el cual fue sujeto a la mesa con pernos de cabeza redonda y así poder colocar la mesa de una manera fácil en el eje ya colocado en el piñón satélite hecho conexión con el planetario y el motor para así formar un sistema de movimiento el cual nos permita tener un torque indicado y una velocidad óptima. Ver figura 110.



Figura 110 Vista de los elementos de montaje de la mesa.

5.9 Montaje del tornillo sin fin

Para la construcción de los tornillos se usó eje de transmisión de 1.60 cm de longitud de 7/8 de pulgada de espesor para de esta forma poder realizar el proceso de fresado sin ninguna complicación por usar materiales de medidas reducidas los cuales nos permitan la realización del trabajo, la fabricación de los tornillos sin fin fueron de rosca cuadrada los cuales nos permitan un avance rápido de los carros así evitando sobrecargas de trabajo a los motores y poder provocar sobrecalentamiento en estos por sobre trabajo.

Además de esto se usó chumaceras de 7/8 de pulgada para poder sujetar los tornillos sin fin y que estos funcionen de la manera más apropiada, y para la colocación de las chumacera se construyó base de perfiles rectangulares en los extremos de máquina para poder colocar estas chumaceras y por ende que estas sostengan de la manera correcta a los tornillos sin fin y formen un solo conjunto con la barra de sujeción. Ver figura 111.



Figura 111 Diferentes vistas de los tornillos sin fin.

5.10 Montaje de la pistola automática

El montaje de la pistola automática se lo realizo de una manera tal la cual ayude a que esta tenga regulación en todas las direcciones posibles para así poder colocarla de la mejor manera para poder realizar el pintado de las suelas de calzado de la manera más correcta y evitando tener imperfecciones en el terminado, para esto se realizó uno brazo el cual será sujeto a la pistola por medio de pernos y carro mediante un sistema de doble bocín en cruz. Ver figura 112.

Además que se usó refuerzos en los carros para evitar vibración en el movimiento de estos mediante rodamientos y unos pequeños brazos.

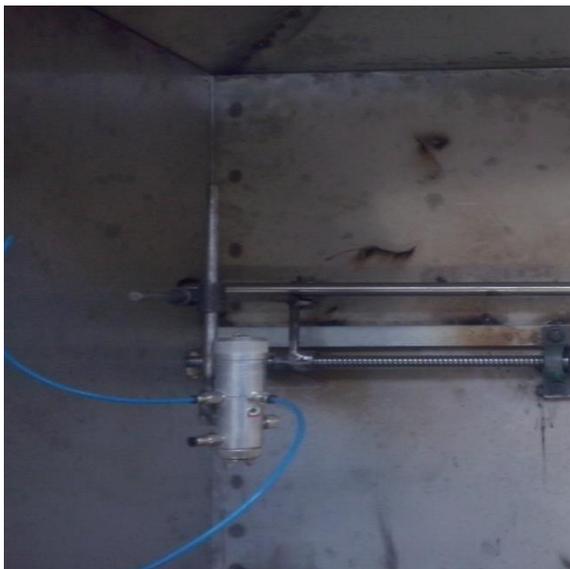


Figura 112 Vista del montaje de la pistola automática.

5.11 Montaje de bomba de diafragma

El montaje de bomba de diafragma se lo realizo de tal manera que fuera capaz de dosificar la cantidad correcta de pintura para obtener un pintado de las suelas de calzado de la más alta calidad y evitando errores en este, para esto se procedió a realizar la regulación de presión de entrada a esta que fue de 2 bares que alimentara la bomba de diafragma, una entrada de alimentación de pintura y una de realimentación del material no usado que ira al tanque de alimentación de pintura, por lo tanto esta bomba será la encargada de suministrar la pintura a la pistola. Ver figura 113.



Figura 113 Vista de la instalación de bomba de diafragma.

5.12 Montaje de los motores de movimiento longitudinal

La instalación de los motores longitudinales se los realizo conectado de forma directa a los tornillos sin fin por estar estos colocados de forma horizontal y esta ser la manera más óptima para el funcionamiento de los motores evitando que estos caigan en error por una mala posición, así que los motores fueron instalados con unas bases unidas a la máquina y estos sujetos a estas con pernos de 1 pulgada de esta manera pudimos determinar que para evitar que estas bases sean movidas al realizar el funcionamiento de los motores por tener un gran torque al realizar los diferentes tipos de funcionamiento de estos como son de arranque y cambio de giro en cada uno de los motores. Ver figura 114.



Figura 114 Vistas de los motores y montaje de los motores.

5.13 Montaje de los ductos neumáticos

El montaje de los ductos neumáticos se los realizo con acoples rápidos de 6mm esto fue tanto para la alimentación de aire de la pistola automática como

para el conjunto conformado por (pistón, generador de vacío y ventosa), salvo que para la alimentación de pintura de la pistola se usó acoples rápidos de 8mm. Ver figura 115.



Figura 115 Montaje de los ductos de pistola.

Tanto que para la alimentación de aire para la bomba de diafragma se usó acoples rápidos de $\frac{1}{4}$ y manguera de $\frac{1}{4}$ para alimentación de la pintura por esta tener que ingresar directamente al reservorio de pintura además de otra manguera para que va de desfogue para pintura no enviada por la bomba a la pistola. Ver figura 116.



Figura 116 Conexión neumática de la bomba de diafragma.

Para la conexión de las electroválvulas se usó acoples rápidos de 6mm que irán conectadas directamente cada una a la pistola automática y sistema de descarga respectivamente. Ver figura 117.



Figura 117 Conexión neumática de electroválvulas.

5.14 Montaje del sistema hidráulico

El montaje de bomba hidráulica se lo realizo con un sistema de tuberías de cobre las cuales van a cumplir con la función de realizar la aspersion del agua por toda la cabina así evitando que las paredes sean deterioradas por culpa de la adherencia de la pintura a ellas, además se usó una llave de regulación para la cantidad de suministro del agua para evitar desgastes en vano.

Para el montaje también se usaron codos para poder colocar la tubería de cobre de la forma más adecuada y sin complicaciones. Ver figura 118.



Figura 118 Vista de la bomba hidráulica.

5.15 Montaje de los microswitch e implementación del sistema eléctrico

Para la realización del montaje de los microswitch y en general de todo el sistema eléctrico tuvimos que tener en cuenta la alimentación principal para que funcionen de manera óptima y esta es alimentación general de 110 voltios más una tierra para protección de cualquier sobrecarga en el sistema a más de los sistemas de seguridad implementados.

5.15.1 Montaje de los microswitch

Los microswitch serán ubicados de tal manera que satisfagan la necesidad de automatización, por lo tanto los microswitch serán ubicados de tal forma como se explicara a continuación:

Primeramente serán ubicados dos microswitch en la parte inferior de la mesa en dos lugares exactos para el control de la mesa, serán ubicados exactamente en los apoyos ubicados para soporte de las suelas de calzado ya que estas posiciones es necesario que la mesa se detenga exactamente para ejecutar el pintado de las suelas. Ver figura 119.



Figura 119 Vista de los soportes de la mesa.

Otros dos serán colocados en el principio y final del tornillo sin fin para con estos poder realizar el control de giro del motor y así controlar el sentido de movimiento de los carros ubicados en el tornillo sin fin para poder sostener en estos la pistola la cual nos va a permitir realizar el pintado de las suelas en todo el ciclo de trabajo que la maquina va ejecutar Ver figura 120.



Figura 120 Vista de los microswitch y lugar a colocarlos.

5.15.2 CABLEADO ELÉCTRICO DE LOS MICROSWITCH

El cableado eléctrico de los motores, bomba hidráulica, ventilador y microswitch serán ubicados de tal manera para que tenga una estética en todo el contorno de la máquina para esto fue necesario el uso de mangueras enrollables en las cuales todo el cableado ira en su interior dando una apariencia física optima a la máquina y evitando que estos estorben en el normal funcionamiento de la máquina, además que todo el cableado pueda permitir un control directo desde el tablero de control implementado para la máquina. Ver figura 121 y 122.



Figura 121 Cable y dispositivos usados para el cableado eléctrico.



Figura 122 Distribución de mangueras alrededor de la máquina.

5.16 MONTAJE DEL TABLERO DE CONTROL

Una importante medida de seguridad para los tableros eléctricos es la instalación de interruptores de seguridad, estos deben ser distintos del interruptor explicado más arriba. Dichos interruptores de seguridad suelen ser de dos tipos: termo magnético, que se encarga de proteger tanto el tablero eléctrico como la instalación de variaciones en la corriente, y diferencial, que está dirigido a la protección de los usuarios.

Por lo tanto el tablero de control será montado de tal manera que pueda ser usado de una manera fácil y cómoda para esto se usó una caja de 50 x 70 x 30 cm este será sujeto mediante una estructura movable unido a la

maquina mediante un marco unido a la caja mediante pernos de una pulgada y así poder girar el tablero para su uso dependiendo de las necesidades del operador. Ver figura 123.



Figura 123 Diferentes vistas del cableado del tablero de control.

5.17 Montaje de borneras y riel din

Las borneras tanto como el riel fueron ubicadas de tal manera que faciliten la instalación de los diferentes elementos eléctricos y electrónicos en el interior de la caja de control, las borneras fueron instaladas en la parte posterior de la máquina para ayudar a realizar la conexión de los microswitch y la riel din fue usada para apoyo de los diferentes elementos eléctricos. Ver figura 124.



Figura 124 Instalación de riel din y borneras.

5.18 Circuito de potencia

La máquina cuenta con un mini circuito de potencia esto se debe a varias aspectos tomados en cuenta como son que va a trabajar con corrientes bajas no superiores a los 3 amperios y un voltaje de alimentación de 110 voltios para alimentación general por lo que se vio la necesidad de solo usar fusibles de corte rápido para protección del PLC de 1 amperio por trabajar el PLC con corrientes demasiado pequeñas, fuentes de AC de 10 Amperios cada una por su suministro alto de corriente al circuito y por consecuencia a los drivers además que se cuenta con cortes rápidos como es un paro de emergencia a

la línea principal, un selector de encendido y apagado, y un pulsador que funciona como arranque de la máquina. Ver figura 125.

Además que se sobredimensiono del cable de conexión de potencia fue por tener una bomba hidráulica que consume altas corrientes.



Figura 125 Vista de elementos y circuito de potencia.

5.19 Circuito de control

Para el circuito de control se usó un conductor especial # 18 AWG pero con características especiales las cuales la más importante para seleccionarlo fue el de ser un conductor anti incendiario esta cualidad la tuvimos en cuenta porque en alguna ocasión puede ocurrir una falla en los sistemas de protección este cable no se queme ocasionando graves daños al sistema de control y potencia, y por lo tanto proteger a la máquina en caso de emergencias. Ver figura 126.

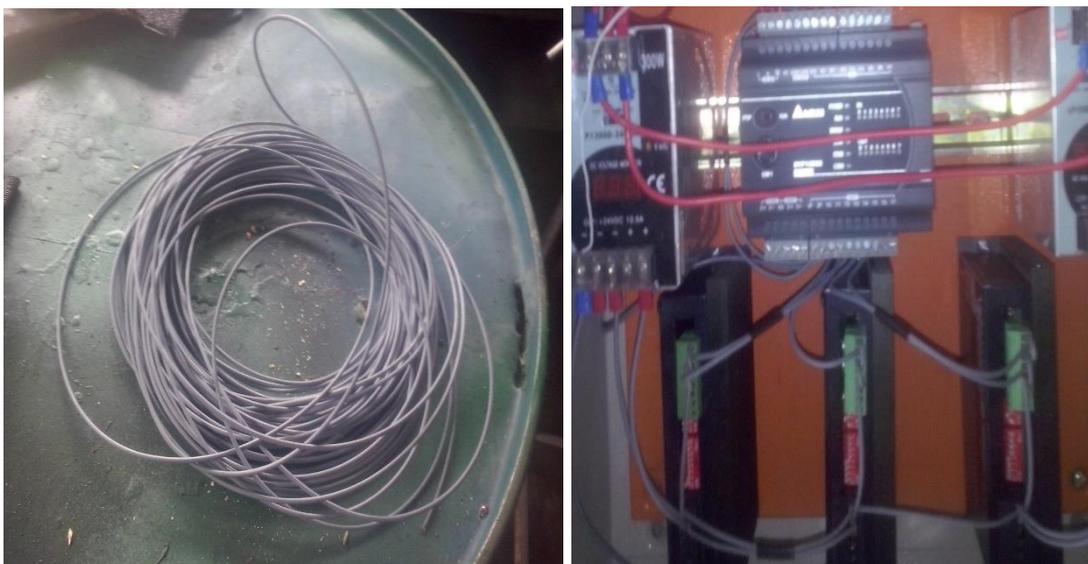


Figura 126 Cable y montaje de circuito de control.

5.20 Construcción y montaje de la base para tablero de control movible

La construcción de marco que sirve como soporte de la caja de control fue necesaria por el gran peso que tiene la caja una vez realizado en montaje de los diferentes elementos eléctricos y los sistemas de control y potencia para lo cual se procedió a realizar un marco de las dimensiones de la caja antes mencionadas y tuviera la cualidad de girar en un soporte que se lo realizo con bisagras. Ver figura 127.



Figura 127 Marco de la caja de control.

5.21 Programación del PLC DELTA DVP16ES200T

Por las siguientes causas se optó por la selección del PLC DELTA DVPES200T que es un PLC especial de salida a transistor para el manejo de motores paso a paso.



Figura 128 PLC DELTA DVP16ES200T.

Especificaciones técnicas:²

Puntos MPU: 16/20/24/32/40/60.

La capacidad del programa: paso de 16k.

Incorporado con 3 puertos COM: 1 puerto RS-232 y 2 puertos RS-485, todos son capaces de funcionar de manera independiente (maestro / esclavo).

Max. E / S de puntos: 256 puntos de entrada + 16 puntos de salida, o 256 puntos de salida de + 16 puntos de entrada.

DVP-EX2 MPU se construye con 12 bits 4AD / 2DA y ofrece módulos analógico / temperatura de la resolución de 14 bits.

Built-in con 8 puntos de entrada de alta velocidad (2 puntos por 100kHz, 6 puntos por 10kHz) y soporta U D, T / D Dir, modos de conteo / A / B.

² <http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060301&PID=45&hl=en-US&Name=DVP-ES2/EX2%20Series>

Las nuevas instrucciones de control de movimiento: Primer control de lazo, marca de alineación, escudo, de velocidad variable inmediata, S-Curve aceleración / deceleración.

Aplicación en la industria emergente: instrucciones exclusivas y función bloques diseñados para PV seguidor solar.

Instrucciones a mano para convertidor de frecuencia: Para el control de la marcha adelante, marcha atrás corriendo, RUN y STOP unidades de motor de CA Delta@@s.

La protección por contraseña: Contraseña para subrutina, ID de usuario, la restricción sobre los tiempos de prueba.

Instrucción altamente eficiente ejecución de la instrucción eficiente.

Las aplicaciones pueden ser HVAC, máquina de moldeo por inyección, la administración de almacenamiento grande, máquina de envasado, precisa máquina textil, sistema logístico.

Condiciones para programación del PLC:

La programación de un PLC se realiza mediante periféricos del autómata, como pueden ser un PC, una consola de programación, un grabador EPROM, etc. El programa que más se ha utilizado hasta ahora ha sido el SYSWIN en sus diferentes versiones, pero se están empezando a utilizar nuevos programas más completos, como el CX-PROGRAMMER. Este último es el que vamos a utilizar en esta página a la hora de programar autómatas, por tanto está en vuestras manos conocer el manejo de este programa para poder practicar.

La programación de un autómata comienza con la ejecución de un GRAFCET ó DIAGRAMA DE MANDO del proceso a controlar y basándonos en este GRAFCET realizaremos el DIAGRAMA DE RELES o ESQUEMA DE CONTACTOS, que permite una representación lógica de control similar a los sistemas electromecánicos.

5.22 Programación del circuito de control

Para realizar la programación del PLC DELTA DVP16ES200T se utilizó el software Delta WPLSoft un software propio de la familia DELTA, este software es muy amigable con el programador ya que tiene tres lenguajes de programación y en especial el lenguaje Ladder (Diagrama de bloques) que es usado mucho por usar la metodología de circuitos eléctricos.

Una vez ya abierto el programa WPLSoft, primero se procede a dar click sobre la ventana de Archivo y seleccionamos nuevo. Ver figura 129.

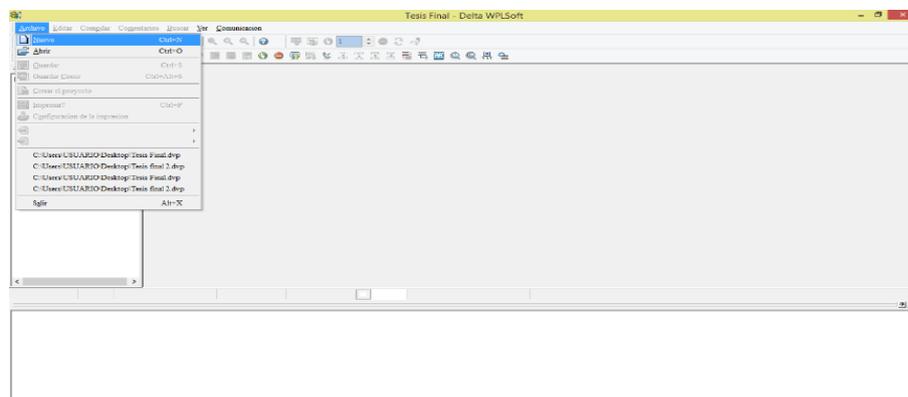


Figura 129 Ventana de inicio del programa.

Después de esto nos saldrá una ventana emergente en la cual podemos escoger el tipo de PLC y su configuración. Ver figura 130.

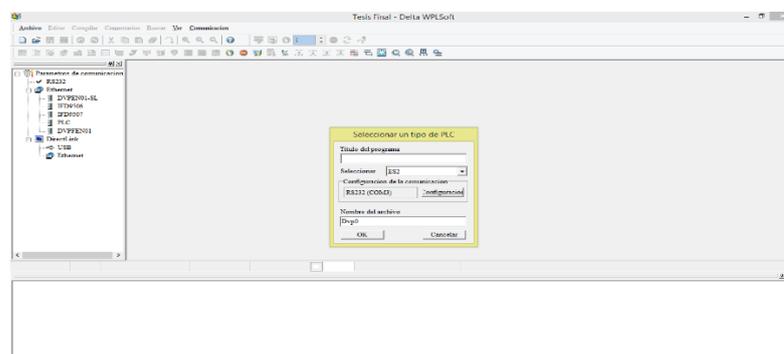


Figura 130 Ventana de selección de PLC y configuración.

Se procede a llenar cada uno los parámetros que se piden en el cuadro de configuración en sus respectivos espacios en blanco. Ver figura 131.

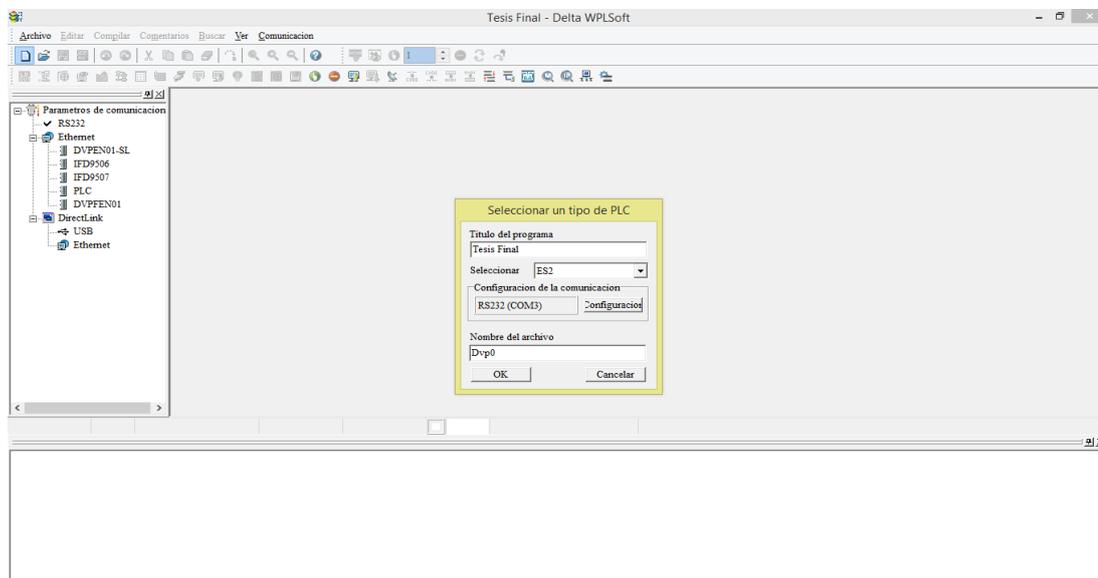


Figura 131 Ventana para llenar los parámetros de configuración.

Luego de esto presionamos OK y nos saldrá una ventana en donde podemos programar en lenguaje Ladder o modo de lista de instrucciones. Ver figura 132.

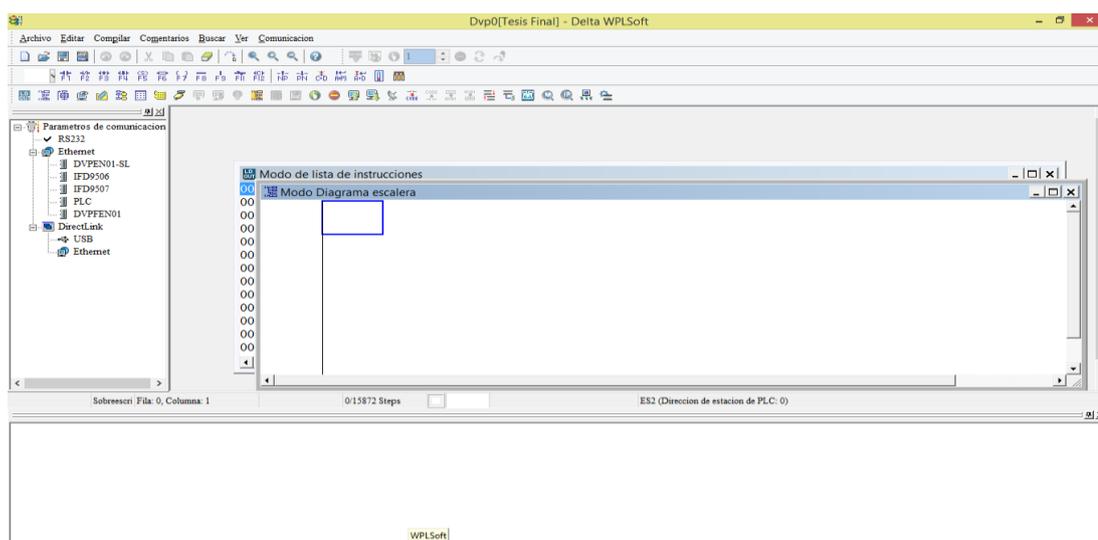


Figura 132 Vista de los modos de programación.

Una vez realizado la tarea de configuración se procede a realizar la configuración de comunicación mediante las ventanas e instrucciones pertenecientes al programa. Ver figura 133.

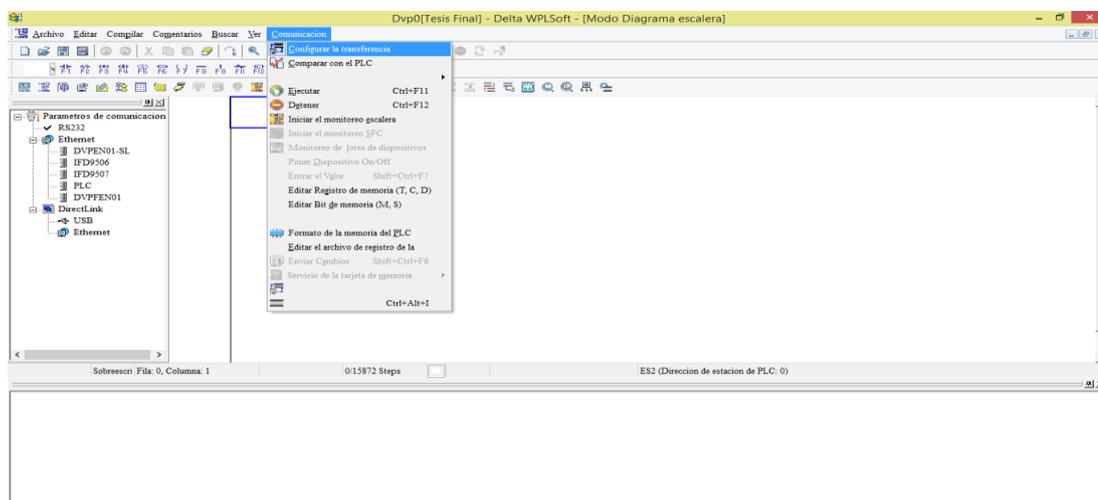


Figura 133 Ventana de configuración de comunicación.

Procedemos a llenar cada uno de los parámetros necesarios para comunicación en sus respectivos espacios en blanco. Ver figura 134.

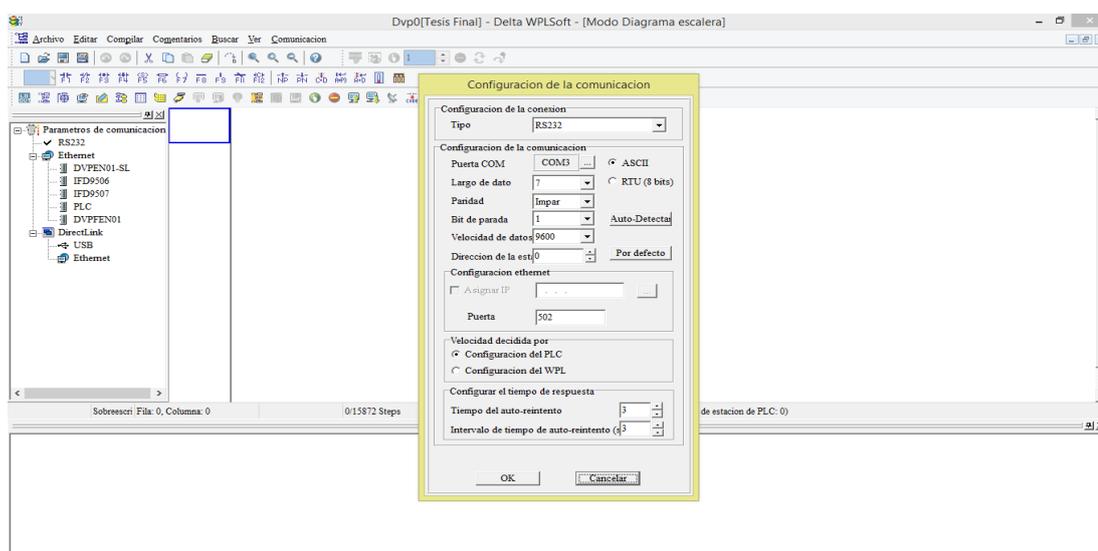


Figura 134 Ventana de configuración de parámetros de comunicación.

Una vez configurada estos dos cuadros de dialogo se procede ir a la ventana de programación en donde podemos ubicar todas las barras de tareas y la pantalla principal de programación. Ver figura 135.

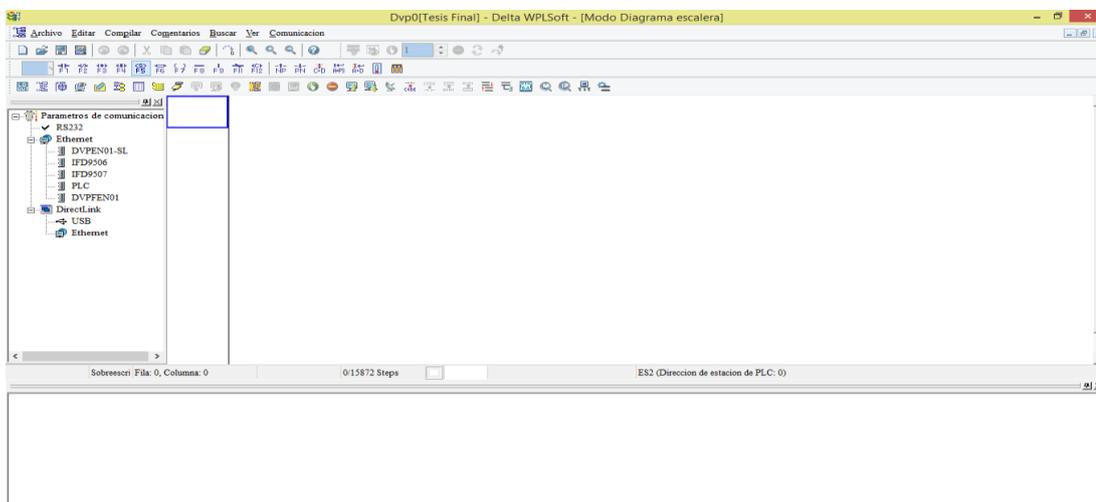


Figura 135 Ventana de programación.

Se procedió a realizar la programación de cada una de las tareas pertenecientes a la máquina para lo cual se usó la lógica de programación usada en contactores eléctricos. Ver figura 136.

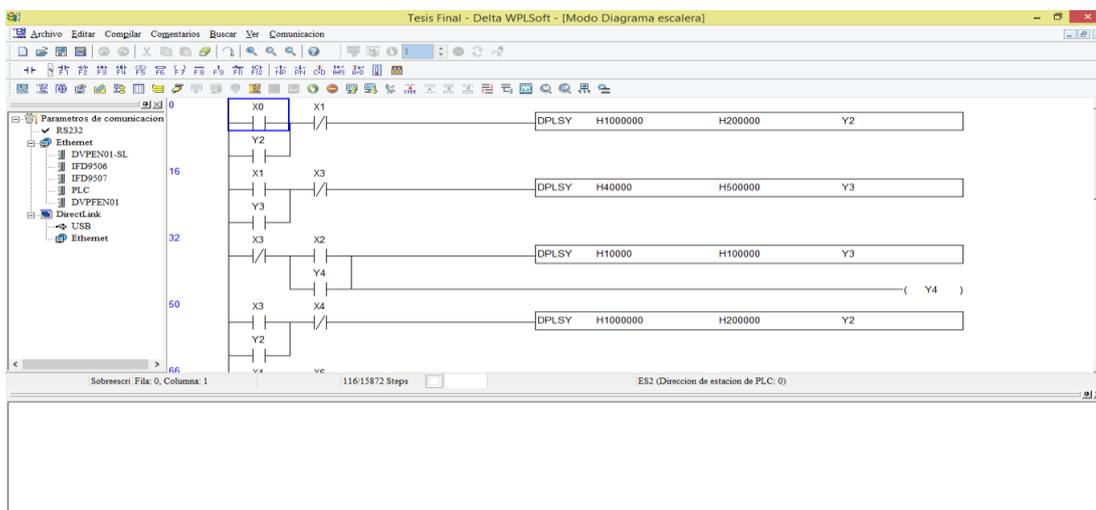


Figura 136 Ventana del programa de las tareas a ejecutar por la máquina.

Para la realización de la programación de las entradas y salidas que van al PLC se procede a declararlas como se van a designar. Ver tabla 8.

Tabla 8.

Variables de entrada.

Elemento Físico	Variable de entrada
Pulsador	X0
Micro mesa 1	X1
Micro tornillo 1	X2
Micro tornillo 2	X3
Micro mesa 2	X4

En la tabla 9 se pueden apreciar como están designadas cada una de las salidas físicamente a los motores, electroválvulas en el programa.

Tabla 9.

Variables de salida.

Elemento físico	Variable de salida
Motor tornillo 1	Y1
Cambio de giro motor tornillo 1	Y2
Motor mesa	Y0
Electroválvula	Y3

Una vez realizado la programación completa de las tareas de la máquina se procedió a realizar la tarea de carga del programa al PLC para lo cual se

debía primero compilar el programa y luego de esto cargar el programa. Ver figura 137.

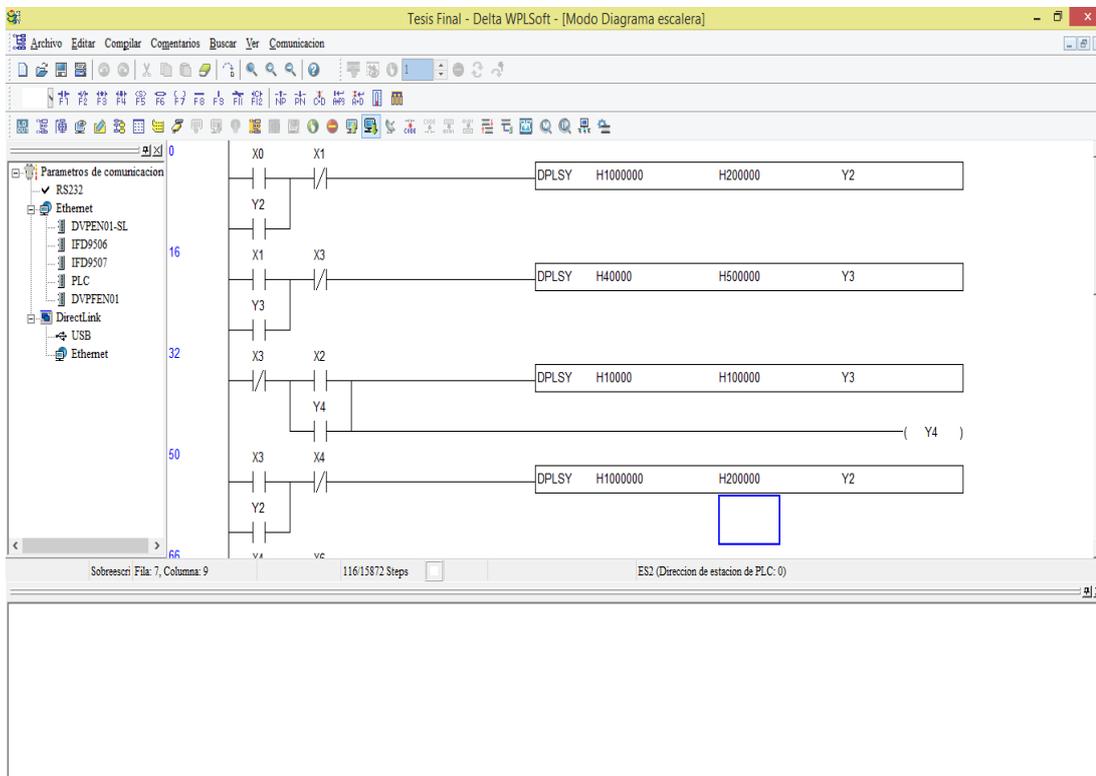


Figura 137 Ventana de transferencia del programa al PLC.

Luego de esto nos saldrá una venta de que la transferencia del programa de la PC al PLC fue cargado con éxito y puede realizarse las respectivas pruebas físicas mediante los microswitch y pulsadores programados.



Figura 138 Tablero de control.

5.23 Pruebas y análisis de resultados

Ya una vez concluida toda la construcción física de la maquina se procede a realizar la pruebas pertinentes de cada una de las partes de máquina para si en estas pruebas se encuentra alguna falla poder corregirlas y así llegar a concluir con una máquina de tareas óptimas.

5.23.1 Pruebas de funcionamiento de sistema neumático

En el sistema neumático se tiene que realizar tres análisis por separado los cuales nos llevaran a determinar su correcto funcionamiento de estos elementos son las electroválvulas, sistema de descarga y pistola automática.

En esta prueba primero se procedió a cargar las líneas de aire comprimido con una presión de 5 Bar de acuerdo a los cálculos ya establecidos, teniendo como regulador y filtro de aire a la unidad de mantenimiento.

A. Pruebas de electroválvulas

Para esto se tiene que realizar la carga de aire para controlar eléctricamente cada una de ellas, para esto se procede a dar pulsos On - Off desde el PLC, con esto se verifica el correcto funcionamiento de las electroválvulas y también a su vez las conexiones eléctricas, como se aprecia en la figura 139.



Figura 139 Electrovalvulas.

B. Pistola automática

Para realizar la prueba de la pistola neumática se procede a controlar el flujo de aire de control y de presión de pintura que es suministrada por la bomba de diafragma, de la misma forma como se realizó la prueba en el actuador que se conforma un solo conjunto con la ventosa y el generador de vacío para forma el sistema de descarga procedemos hacerlo en la pistola automática.

Con esto se comprobó un correcto funcionamiento de la pistola, como se aprecia en la figura 140.



Figura 140 Sistema de pintado.

5.23.2 Prueba de operación del sistema mecánico

Las pruebas del sistema mecánico se realizó en dos partes esenciales en la maquina las cuales son en los tornillos sin fin para movimiento de los carros y en la mesa giratoria para movimiento de las bases que soportan las suelas de calzado.

A. Pruebas en el sistema rotatorio

Estas pruebas se realizó de tal forma que en tres puntos diferentes la mesa giratoria debía detenerse en posiciones exactas sin tener errores en el desplazamiento, para esto primero la mesa fue fabricada de metal de 1.2 cm de espesor la cual en las pruebas fallo por ser muy pesada y por esta razón no se detenía en las posiciones especificadas.

Y por lo tanto se escogió una mesa de madera la cual su peso era muy reducido al de la mesa fabricada de metal y por lo tanto se detenía de manera exacta en las posiciones especificadas y así no presentaba contradicciones en el correcto funcionamiento de la máquina. Ver figura 141.



Figura 141 Mesa giratoria.

B. Pruebas de movimiento longitudinal

Las pruebas de movimiento longitudinal se lo realizo en conjunto el sistema de movimiento longitudinal los cuales tiene conectado a ellos los motores pasos a paso mediante bocines y chumaceras, para lo cual lo que se enfocó la prueba fue en probar el movimiento de los tornillos en un sentido horario y anti horario los tornillos mediante sus respectivos microswitch. Ver figura 142.



Figura 142 Vista de instalación de tornillos sin fin.

5.23.3 Prueba de operación del sistema eléctrico

Las pruebas del sistema eléctrico se enfocaron en el tablero de control conformado en la tapa de caja de control y en los microswitch colocados alrededor de la máquina.

A. Pruebas de microswitch

Los micro switch como se muestra en la figura 143 tienen un contacto abierto y uno cerrado, cuando se acciona el contacto abierto dejará pasar voltaje que energizará la entrada correspondiente del PLC, esta prueba se lo realizó accionando independientemente cada micro switch, verificando continuidad en las entradas del PLC y nos dio un buen resultado en todas las conexiones, estas señales son necesarias para determinar la posición la posición de giro de los tornillos como el control de movimiento de la mesa.



Figura 143 Vista de microswitch.

B. Pruebas de panel de control

Las pruebas del panel de control se las enfoco en los tres botones principales de los cuales depende el funcionamiento de toda la maquina estos son el paro de emergencia el cual al abrirse permite el encendido de la máquina, el selector el cual permite el encendido y apagado de la máquina y por ultimo pero no menos importante el pulsador de arranque que permite el arranque del funcionamiento de la máquina. Ver figura 144.



Figura 144 Panel de control.

CAPITULO VI

ANÁLISIS FINANCIERO

6.1. Análisis económico

El análisis financiero es muy importante para el desarrollo del proyecto, ya que toda la inversión realizada por parte de la empresa “**CALZADO CASS**” debe ser recuperable a corto plazo o dentro de un plazo establecido el objetivo principal de la cabina es pintar suelas de diferentes tamaños y formas, en un corto tiempo y con una calidad superior a la hecha por el hombre.

En las tablas siguientes se detallan los costos de cada uno de los elementos utilizados como son: mecánicos, neumáticos, eléctricos, y electrónicos para la construcción de la cabina automática de pintado, considerados como inversión del proyecto.

6.1.1. Elementos mecánicos

Es el costo de la inversión de los materiales mecánicos que se va a utilizar para la estructura y movimiento de la máquina. Ver tabla 10.

Tabla 10.

Costo de materiales mecánicos.

NUM.	DESCRIPCION	UNIDAD.	CANT.	V. UNIT.	V.TOTAL
1	Perfil de acero rectangular 25x50mm	Metro	6	16,00	16,00
2	Eje de acero AISI Ø3/4	Metro	1.3	12,00	12,00



CONTINÚA

3	Eje de acero AISI Ø1/2	Metro	0.8	6,00	6,00
4	Eje de acero inoxidable	Metro	1.5	45,00	45,00
5	Chumaceras de 1/2	Unidad	2	5,00	10,00
6	Planchas de acero inoxidable	Unidad	6	35,00	210,00
7	Tornillo de potencia de 800mm de longitud Ø 3/4	Metro	1	50,00	50,00
8	Banda para polea tipo z	Unidad	1	5,00	5,00
9	Chumacera de 3/4	Unidad	3	4,50	13,50
10	Bomba de succión de pintura	Unidad	1	300,00	300,00
11	Tubo de cobre de Ø1/2	Metro	3	15,00	45,00
12	Polea y piñón	Unidad	1	20,00	20,00
13	Perfil de acero en U	Metro	12	25,00	50,00
				TOTAL	782,50

6.1.2. Elementos neumáticos

Es el costo de la inversión de los materiales neumáticos que se va a utilizar para el pintado de la máquina. Ver tabla 11.

Tabla 11.

Costo de elementos neumáticos.

NUM.	DESCRIPCION	UNIDAD.	CANT.	V. UNIT.	V.TOTAL
1	Pistola automática	Unidad	1	350,00	350,00
2	Unidad de mantenimiento	Unidad	1	54,00	54,00
3	Electroválvulas 5/2	Unidad	2	40,00	80,00



CONTINÚA

4	Manguera neumática	Metro	15	2,60	39,00
5	Acople recto	Unidad	30	1,23	36,90
6	Válvula reguladora	Unidad	3	5,50	16,50
7	Unión recta	Metro	1	50,00	50,00
				TOTAL	626,40

6.1.3. Elementos eléctricos y electrónicos

Es el costo de la inversión de los materiales eléctricos y electrónicos que se va a utilizar para el tablero de mando de la máquina. Ver tabla 12.

Tabla 12.

Gastos de los elementos eléctricos y electrónicos.

NUM.	DESCRIPCION	UNIDAD.	CANT.	V. UNIT.	V.TOTAL
1	Fuente DC 24V-12.5 ^a	Unidad	1	70,00	70,00
2	Fuente DC 24V-6.5 ^a	Unidad	1	30,00	30,00
3	Micro switch NA/NC 24Vdc	Unidad	5	5,00	6,00
4	Fusibles de 10 ^a	Unidad	1	10,00	10,00
5	Selector de 2 posiciones	Unidad	1	4,00	4,00
6	Porta fusibles de 15 ^a	Unidad	3	1,50	4,50
7	Fusibles de 10 ^a	Unidad	3	0,5	1,50
8	Riel Din	Unidad	2	1,70	3,40
9	Canaleta Ranura 30x40	Unidad	1	2,50	2,50
10	Borneras #14	Unidad	45	0,35	14,00
11	Terminales tipo PIN	Funda	2	1,25	2,50



CONTINÚA

12	Alambre # 16 AWG	Metro	50	0,25	12,50
13	Cable 3x14 AWG	Metro	10	1,25	12,50
14	Interruptor simple	Unidad	1	1,50	1,50
15	Alambre gemelo #10	Metro	5	0,40	2,00
16	Motores a pasos nema 12.5Nm	Unidad	2	500,00	1000,00
17	PLC delta	Unidad	1	200,00	200,00
					1376,90

6.1.4. Costos de maquinado

Tabla 13.

Costos de maquinado.

NUM.	DESCRIPCIÓN.	V. TOTAL.
1	Torno	100,00
2	Fresado.	150,00
3	Oxicorte.	350,00
	TOTAL:	600,00

6.1.5. Costo directo total

Tabla 14.

Costo directo total.

NUM.	DESCRIPCIÓN.	V. TOTAL.
1	Costo directo.	2785,80
2	Costo de maquinado.	600,00
3	Costo de montaje.	200,00
	TOTAL:	3585,80

6.1.6. Costos indirectos

Tabla 15.

Costos indirectos.

NUM	DESCRIPCIÓN.	V. TOTAL.
1	Pernos y tuercas.	10,00
2	Pintura anticorrosiva (2 litros.)	30,00
3	Transporte.	20,00
	TOTAL:	60,00

6.1.7. Costo indirecto total

Es el gasto total de costos indirectos más los gastos de imprevistos generados. Ver tabla 16.

Tabla 16.

Costos indirecto total.

NUM.	COSTOS	VALOR
1	Costos indirectos.	60,00
2	Gastos de imprevisto.	30,00
	TOTAL	90,00

6.1.8. Costos de operación

Es el consumo de energía eléctrica que va a tener la cabina de pintado y mano de obra de los operarios, para poder calcular la potencia consumida (E) se realiza la siguiente operación:

$$E = \frac{P * 746W}{\eta}$$

$$E = \frac{2HP * 746W}{\eta}$$

$$E = 1,865KW$$

El costo del [Kwh] es de 0,092 ctv., por lo tanto el costo de cada hora será de 0.1715, esta máquina tendrá un trabajo de 3 horas diarias entonces el consumo eléctrico será de:

$$\text{costo diario} = 0,1715 \frac{\$}{h} \times 3 \frac{h}{\text{dia}} = 0,5145 \frac{\$}{\text{dia}}$$

$$\text{costo mensual} = 0,5145 \frac{\$}{\text{dias}} \times 30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} = 15,435 \frac{\$}{\text{mes}}$$

$$\text{costo anual} = 15,435 \frac{\$}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 185,22 \frac{\$}{\text{año}}$$

Además de los cálculos ya mencionados debe tomar en cuenta el gasto del operador que va a trabajar con un sueldo básico de \$ 354 con el aporte al IESS, décimo tercero y décimo cuarto sueldo.

Para el aporte al IESS que tiene un porcentaje del 12,15% del sueldo básico.

$$\text{El aporte al IESS} = \$354 \times 12.15\%$$

$$\text{Aporte al IESS} = 42,48$$

El décimo tercero se cancela cada 24 de diciembre, lo que equivale al periodo desde el 1 de diciembre del año anterior hasta el 30 de noviembre del año en curso.

$$\text{El décimo tercero} = \frac{396,48 \times 12}{12}$$

Este pago se lo hace hasta el 15 de agosto de cada año en lo que respecta a las regiones sierra y oriente recibiendo así un valor del salario mínimo que está en vigencia de 240.

$$\text{Décimo cuarto} = \$ 240$$

Por lo tanto el sueldo anual de un operador será el siguiente:

$$\text{Saldo Anual} = \$ 354 \times 12 + \$396,48 + \$240 + \$38,63$$

$$\text{Sueldo Anual} = \$ 4923,1$$

El gasto de funcionamiento anual tiene como valor el siguiente:

$$\text{Gasto de Funcionamiento} = \$ 185,22 + \$4923,11$$

$$\text{Gasto de Funcionamiento} = 5108,33$$

6.1.9. Gastos de operación antes de construir la maquina

Es la potencia que consumía el operador antes de que la cabina de pintado sea construida, solamente funcionaba una bomba que consumía 1HP por lo tanto se realiza la siguiente operación:

$$E = \frac{P * 746W}{\eta}$$

$$E = \frac{2HP * 746W}{0.8}$$

$$E = 0,9345 KW$$

El costo es de [Kwh] 0,092 ctv. por lo tanto el costo de cada hora será de 0,08579 esta máquina tendrá un trabajo de 5 horas diarias entonces el consumo eléctrico será de:

$$\text{Costo diario} = 0.08579 \frac{\$}{h} \times 5 \frac{h}{\text{dia}} = 0,42895 \frac{\$}{\text{dia}}$$

$$\text{Costo mensual} = 0.42895 \frac{\$}{\text{dia}} \times 30 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} = 12.868 \frac{\$}{\text{mes}}$$

$$\text{costo anual} = 12,868 \frac{\$}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} = 154.42 \frac{\$}{\text{año}}$$

6.1.10. Costos de producción

Tabla 17.

Costos de producción.

NUM	DESCRIPCIÓN	CANT.	V	V.
1	Pintura.	20 litros	14,80	296,00
2	Equipo de protección personal.	4	8	32,00
			TOTAL:	328,00

El costo de producción (CP) es mensual por lo tanto el costo anual es de:

$$CP = 351 \times 12$$

$$CP = 4212$$

6.1.11. Gasto total de la máquina

Sumando todos los gastos se obtiene. Ver tabla 18.

Tabla18.

Gastos totales de la máquina.

GASTOS MECÁNICOS.	782,50
GASTOS ELÉCTRICOS-ELECTRÓNICOS.	1376,90
GASTOS NEUMÁTICOS.	626,40
GASTOS DE MAQUINADO.	600,00
GASTOS INDIRECTOS.	90,00
GASTOS DE OPERACIÓN (ENERGÍA).	161,14
GASTOS DE PRODUCCIÓN.	4920,94
INVERSIÓN TOTAL:	8557.88

Estos son todos los gastos que se tiene para poder construir y dar el correcto funcionamiento de la máquina con una inversión total de: **5300 DÓLARES AMERICANOS.**

6.2. Estructura de financiamiento

La tesis será financiada en su totalidad por la empresa “**CALZADO CASS**”.

6.3. Inversión de inicial de la máquina

En la siguiente tabla 19 se muestra la inversión inicial de la máquina:

Tabla 19.

Inversión inicial de la máquina.

TIPO DE COSTO.	VALOR (USD).
Costo directo total.	3585,80
Costo indirecto total.	90,00
TOTAL	3675,80

6.4. Proyección de la inversión para un año

En la siguiente tabla 20 se muestra la inversión total de laca que se utiliza para pintar 540 litros en el año (El litro se toma un valor de \$15,60).

Tabla 20.

Proyección de la inversión para un año.

TIPO DE COSTO	SISTEMA ANTERIOR. (1 OPERADOR)	SISTEMA ACTUAL. (1 OPERADOR)
Gasto de mano de obra.	\$ 4920,94	\$ 2460,47
Energía eléctrica.	\$ 220,00	\$ 161,14
Mantenimiento.	\$ 200,00	\$ 60
TOTAL	5340,94	2681,61

6.5. Flujo de caja

Para realizar el flujo de caja se debe realizar una proyección estimada de 5 años, considerando los siguientes puntos:

- La ganancia estimada para el primer año considerando datos históricos es de **\$25920**.
- Para los años siguientes se estima un incremento en costos directos e indirectos de 2% anual.
- En la producción el propósito es de incrementar el 10% anualmente.

Con todos estos parámetros se procede a realizar el flujo de caja como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21.

Flujo de caja.

Detalle.	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	3675,8	7724,3	7872,4	8023,5	8177,6	8334,7
Ventas.	-----	24500,00	26850,00	29645,00	32609,50	35870,45
Ganancia	3675,8	16775,70	18972,60	21621,50	24431,9	27535,75

6.6. Periodo de recuperación del capital

6.6.1. Valor presente neto (VPN)

Es el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto, son las ganancias que puede reportar el proyecto, con un valor positivo si el saldo entre beneficios y gastos va a ser favorable para el proyecto y con un valor negativo en el caso contrario.

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{C_i}}{(1 + D)^i}$$

Donde:

K_0 = Inversión o capital inicial.

F_{C_i} = Flujo de caja en el año i .

D = Tasa de edescuento real utilizada.

i = Numero de periodos de vida del proyecto.

$$VPN = -3357.25 + \frac{18514,26}{(1 + 0.1715)^1} + \frac{20958,15}{(1 + 0.1715)^2} + \frac{23658,28}{(1 + 0.1715)^3} \\ + \frac{26640,51}{(1 + 0.1715)^4} + \frac{29933,28}{(1 + 0.1715)^5}$$

$$VPN = 54338.38$$

El VPN se va calculado mediante los flujos de caja es de 54338.38, este tiene un valor positivo por lo cual el proyecto es factible para poderlo desarrollar.

La tasa de rendimiento requerida fue establecida mediante los indicadores que se presentan a continuación:

- Riesgo país
- Tasa de inflación anual
- Tasa de interés pasiva

TMAR = riesgo país% + inflación anual % + interés pasiva %

$$TMAR = (6.24 + 1.71 + 4.53)\%$$

$$TMAR = 12.48\%$$

6.6.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Es aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. La TIR representa el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener, si el proyecto se ejecuta en las mejores condiciones.

Analíticamente la TIR se determina como:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{C_i}}{(1 + D)^i}$$

Para el cálculo de la TIR se va utilizar el valor total de inversión y los flujos netos de efectivo y lo obtenemos por medio de EXCEL con la función TIR de lo que resulta:

$$\begin{aligned} 0 = & -3357.25 + \frac{18514,26}{(1 + 0.1715)^1} + \frac{20958,15}{(1 + 0.1715)^2} + \frac{23658,28}{(1 + 0.1715)^3} \\ & + \frac{26640,51}{(1 + 0.1715)^4} + \frac{29933,28}{(1 + 0.1715)^5} \\ & TIR = 56,8\% \end{aligned}$$

La tasa interna de retorno es del 56,8%, que es el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener en las mejores condiciones.

El TIR es mayor que la tasa de rendimiento requerida (TMAR) de la inversión, y por esta razón se considera que el proyecto es viable.

6.6.3. Período real de recuperación de la inversión (PRI)

Se define como el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero

Para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

6.6.4. Recuperación de la inversión

De acuerdo al flujo de caja proyectado anteriormente se puede concluir que la empresa "**CALZADO CASS**" recuperaría su inversión inicial en un periodo de "**1 año**".

6.6.5. Relación beneficio - costo (RBC)

Se determina como la relación entre el valor presente neto de los beneficios VPNB y el valor presente neto de los costos VPNC.

En la determinación del VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar, como se muestra a continuación:

La relación beneficio costo es mayor equivalente a \$5,51 por lo que fue muy conveniente para el proyecto. Esta razón indica que por cada dólar invertido en la cabina de pintura se recupera \$5,51 dólares de ingreso.

En la tabla 22, se muestra los valores límites para que un proyecto sea económicamente viable.

Tabla 22.

Rango de valores límites para que el proyecto sea económicamente viable.

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	VPN > 0
TIR, %	TIR > D
PRI, años	PRI < n
RBC	RBC > 1

En la tabla 23, se muestra los valores obtenidos en el análisis financiero realizado al proyecto, determinando que es económicamente viable.

Tabla 23.

Rango de valores obtenidos en el análisis financiero.

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	63366.95 > 0
TIR, %	65% > 15,64%
PRI, años	1 año < 5 AÑOS
RBC	5.51 > 1

6.7. Interpretación del análisis financiero

- El VAN obtenido es de \$54438.38 permitiéndonos tener una decisión positivo para la viabilidad del proyecto; teniendo una TIR del 60%, y esta a su vez es mayor que el TMAR = 12,50 % de la inversión, por lo que se considera que el proyecto es viable.
- El periodo de recuperación del capital es de 1 año, esto permite prever que se recuperará la inversión a corto plazo, siendo esto de gran satisfacción para los dueños de la empresa “**CALZADO CASS**”.
- Con los datos obtenidos se llegó a la conclusión de que el proyecto es totalmente viable siendo de gran beneficio para la empresa “**CALZADO CASS.**”

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó y automatizó la cabina de pintado para obtener mejores acabados de suelas de diferentes modelos y tamaños, obteniendo un mejoramiento notable en la aplicación de pintura.
- La velocidad de pintado se incrementó y se mejoró los acabados superficiales debido a la optimización del proceso que se utiliza en la producción.
- Se realizó la selección y el dimensionamiento de los elementos que intervienen en la máquina, cuidadosa y correctamente, poniendo en óptimo funcionamiento la máquina.
- Los elementos del sistema neumático fueron seleccionados y dimensionados, de tal manera que exista la menor cantidad de pérdidas del fluido. Se tomaron en cuenta todas las caídas de presión que se perdían en las mangueras y accesorios lo que permitió seleccionar adecuadamente los elementos neumáticos del sistema.
- Se diseñó, seleccionó, programó e implementó el sistema eléctrico de control y potencia cumpliendo con todos los parámetros necesarios para el funcionamiento automático de la cabina de pintura.
- Se realizó la programación del **PLC DELTA** con el lenguaje por bloques de funciones para la automatización.
- Con la automatización de la cabina se obtuvo un ahorro tanto en procesos de operación que es el tiempo de pintado, como el de mantenimiento.

- Las pruebas de funcionamiento fueron muy determinantes para establecer tiempos de activación de los elementos que intervienen en el movimiento longitudinal para regular el tamaño de la suela a pintarse.
- Se elaboró planos mecánicos, neumáticos y eléctricos de la cabina, los cuales fueron entregados a la empresa para poder realizar el mantenimiento de la misma.
- La cabina de pintado automática fue construida por un monto de **5300 dólares** y toda su inversión se recuperara en un año aproximadamente.
- Se pudo eliminar la inhalación de pintura del operador mediante la automatización del proceso ya que está protegido con paneles de mica transparentes.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar el manual de operación de la cabina antes de realizar cualquier operación con la misma, evitando así errores que afecten a la máquina o al personal.
- Se recomienda revisar el manual de mantenimiento de la cabina antes de realizar cualquier operación con la misma, evitando así errores que afecten a la máquina o al personal.
- Se recomienda la utilización de la válvula reguladora de presión para regular el caudal de pintura para el pintado del mismo.
- Para evitar un mal recubrimiento de pintura, se debe ubicar correctamente los micros switch, tener un suministro de pintura y un buen caudal calculado anteriormente.
- Aplicar y seguir a cabalidad normas de seguridad en la utilización de equipos de protección personal para evitar daños causados por el manejo de herramientas o materiales que intervienen sea en la operación o mantenimiento de la cabina.
- Se recomienda el engrase de la máquina para la circulación del carro longitudinal y la mesa giratoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Beer, Ferdinand P. (1997). Fuerzas, Mecánica Vectorial para Ingenieros, Estática (4 ed.). México, D.F. Ms.Graw.HILL.
- Harper, Gilberto Enríquez. (2002). Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales (6 ed.). México, D.F:limusa.
- Mott. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas (4 ed.). México, D.F.: Pearson Education.
- Riggs, B. (2008). Ingeniería Económica (4 ed.).
- Shigley, J.E. y Mischke, C.R. (2006). Diseño en Ingeniería Mecánica (8 ed.). México, D.F. Editorial MacGraw – Hill.
- Teja, M. (1998). Automatización Neumática y Electroneumática (2 ed.). México D.F.: Alfaomega.

NETGRAFÍA

- Tipos de pintura (2014). html.rincondelvago.com/cabinas-de-pintura.html^o [Citado: 15-02-2014]
- Tipos de Suelas (2014). http://www.ehowenespanol.com/diferentes-tipos-suelas-zapatos-deporte-info_186625/ [Citado: 22-05-2014]
- Tipos de cabinas (2014). <http://208.106.210.191/cip/cabinas.htm> [Citado: 25-08-2014]
- Sensores (2014). <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf> [Citado: 13-09-2014]
- Materiales (2014). <http://www.construsur.com.ar/Article161.html> [Citado: 04-11-2014]
- Revista Líderes (2015). http://www.revistalideres.ec/informe-semanal/zapatos-calzado-produccion-Ecuador-empresa_0_796720325.html [Citado: 03-04-2015]

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **MAIZA PÉREZ WILLIAM EDUARDO** y **PASTE LASLUIA DANIEL MAURICIO**.

En la ciudad de Latacunga, a los 24 días del mes de noviembre del 2015.

Aprobado por:

Ing. Héctor Terán

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Vicente Hallo

DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Fredy Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO