



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO,
HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO DE UNA PRENSA MARCA INMES DE 100
TONELADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN PLC Y UNA
INTERFAZ DE COMUNICACIÓN HMI PARA LA FABRICACIÓN DE
ELEMENTOS DE CONTENEDORES PARA LA EMPRESA INDUSTRIA
METÁLICA COTOPAXI I.M.C.**

**AUTORES: JAMI MENDOZA, EDISON ROLANDO
TOAPANTA PÉREZ, LUIS FERNANDO**

DIRECTOR: ING. SÁNCHEZ OCAÑA, WILSON EDMUNDO

LATACUNGA

2019



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO, HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO DE UNA PRENSA MARCA INMES DE 100 TONELADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN PLC Y UNA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN HMI PARA LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTENEDORES PARA LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI I.M.C.”**, realizado por los señores **EDISON ROLANDO JAMI MENDOZA** y **LUIS FERNANDO TOAPANTA PÉREZ**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de enero del 2019

Ing. Wilson Sánchez
C.C. 0501529937
DIRECTOR



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Jami Mendoza, Edison Rolando y Toapanta Pérez, Luis Fernando**, declaramos que el trabajo de titulación **“REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO, HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO DE UNA PRENSA MARCA INMES DE 100 TONELADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN PLC Y UNA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN HMI PARA LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTENEDORES PARA LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI I.M.C.”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 25 de enero del 2019

Edison Rolando Jami Mendoza

C.C.:0503240632

Luis Fernando Toapanta Pérez

C.C.:0503804353



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Jami Mendoza, Edison Rolando** y **Toapanta Pérez, Luis Fernando**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO, HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO DE UNA PRENSA MARCA INMES DE 100 TONELADAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN PLC Y UNA INTERFAZ DE COMUNICACIÓN HMI PARA LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTENEDORES PARA LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI I.M.C.”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 25 de enero del 2019



Edison Rolando Jami Mendoza

C.C.:0503240632



Luis Fernando Toapanta Pérez

C.C.:0503804353



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por brindarme salud, vida y darme una segunda oportunidad, a mi padre Jorge Toapanta y de una manera especial a mi madre Elvia Pérez por ser mi principal inspiración y orgullo, ya que siempre fue el primer aliento y consejo de perseverancia a lo largo de mi carrera universitaria.

FERNANDO



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

AGRADECIMIENTO

A mi hermana Verónica quien ha sido mi amiga y confidente incondicional, a mi hermano Romel por sus palabras de aliento, a mi pequeña Monserrath que ha mas de ser mi sobrina ha sido como una hija para mi brindándome una sonrisa y un abrazo en los momentos que más lo necesitaba.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, por haberme dado la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa carrera, a nuestra directora de carrera ingeniera Katya Torres quien ha sido un pilar fundamental para lograr este objetivo final, y finalmente al ingeniero Washington Freire, que más que un docente, ha sido un amigo.

A mis amigos Juan, Alexander, Erick, Cristian, Verónica, Yael, Lulu, Aracely, Katy por el apoyo brindado, a su manera, todo este tiempo.

A todas las personas que han aportado con su granito de arena durante todo nuestro proceso de formación académica.

Fernando

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Formulación del problema	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	4

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes investigativos	5
2.2. Fundamentación teórica	5
2.2.1. Antecedentes investigativos	6
2.3. Prensa hidráulica	7
2.4. Tipos de prensas	8
2.5. Neumática.....	10
2.6. Hidráulica.....	11

2.6.1.	Aplicaciones de la hidráulica	12
2.6.2.	Ventajas de los sistemas hidráulicos	13
2.6.3.	Desventajas de los sistemas hidráulicos	13
2.7.	Sistemas neumáticos e hidráulicos	13
2.8.	Comparación entre neumática e hidráulica.....	14
2.9.	Principio fundamental de la hidráulica	15
2.10.	Fluidos	20
2.10.1.	Propiedades de los gases y fluidos.....	20
2.10.2.	Propósito del fluido hidráulico.	20
2.10.3.	Flujo volumétrico.....	21
2.11.	Bomba Hidráulica.....	21
2.11.1.	Tipos de bombas	22
2.12.	Tanques o depósitos.....	23
2.13.	Mangueras y tuberías	25
2.14.	Accesorios Hidráulicos.....	28
2.14.1.	Cilindros	28
2.14.2.	Válvulas	29
2.15.	PLC.....	35
a.	Estructura de un PLC.....	35
b.	Descripción de los componentes de la estructura básica de un PLC	36
2.16.	Paneles del operador (HMI).....	37
2.17.	Hipótesis	38
2.18.	Variables de la investigación	38
2.19.	Cuadro de operacionalización de variables	38

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.2.	Modalidad de la investigación	40
3.3.	Tipos de investigación	40
3.3.1.	Exploratoria.....	40
3.3.2.	Descriptiva	40
3.4.	Diseño de la investigación	41
3.5.	Niveles de la investigación.....	41

3.5.1.	Bibliográfica	41
3.5.2.	De campo	42
3.6.	Población	42
3.7.	Diseño muestral	42
3.8.	Técnica de recolección de datos.....	42
3.9.	Técnicas de análisis de datos	43
3.10.	Técnicas de comprobación de la hipótesis	43

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.	Análisis de los resultados	44
4.1.1.	Valoración del estado físico de la prensa hidráulica.	44
4.1.2.	Valoración de la propuesta mediante una matriz de decisión	44
4.2.	Comprobación de hipótesis	46

CAPÍTULO V

PROPUESTA

5.1.	Tema de la propuesta	47
5.2.	Datos informativos	47
5.5.	Objetivos	47
5.5.1.	Objetivo general.....	47
5.5.2.	Objetivos específicos	47
5.6.	Fundamentación de la propuesta.....	48
5.7.	Diseño Conceptual.....	48
5.7.1.	Desarrollo de la casa de la calidad	49
5.7.2.	Determinación de las especificaciones para el diseño.....	52
5.7.3.	Principio básico de funcionamiento.....	54
5.8.	Rediseño sistema mecánico	58
5.8.1.	Cilindro hidráulico	60
5.8.2.	Cilindros de elevación.....	66
5.8.3.	Cilindro Colchón.....	72
5.9.	Rediseño del sistema hidráulico.	76
5.9.1.	Alternativas para determinar el cálculo de la unidad de potencia hidráulica.....	76

5.9.2.	Descripción de los dispositivos hidráulicos	85
5.10.	Diseño eléctrico y electrónico	94
5.10.1.	Descripción de los dispositivos de control	94
5.10.2.	Descripción de los dispositivos de potencia.....	99
5.11.	Implementación del sistema mecánico	99
5.11.1.	Mecanismos soporte dispositivos hidráulicos, soporte-guía final de carrera y soporte bomba hidráulica.....	100
5.11.2.	Montaje soporte dispositivos hidráulicos, soporte- guía finales de carrera y soporte bomba hidráulica.....	102
5.11.3.	Mecanismo soporte tablero de control.....	104
5.11.4.	Montaje del soporte y tablero de control	105
5.12.	Implementación del sistema hidráulico	105
5.12.1.	Montaje y ensamblaje de dispositivos hidráulicos	106
5.13.	Implementación del sistema eléctrico	109
5.13.1.	Tablero de control.....	109
5.14.	Implementación del algoritmo de control	111
5.14.1.	Bloques de programación PLC	111
5.14.2.	Diseño HMI	112
5.13.	Análisis computacional estudio FEA mediante Ansys Workbench.....	114
5.13.1.	Base matriz.....	117
5.13.2.	Cilindro Principal.....	120
5.13.3.	Guía Secundaria.....	122
5.13.4.	Pistón Botador	123
5.14.	Pruebas y resultados	124
5.14.1.	Pruebas eléctricas y electrónicas.....	124
5.14.2.	Pruebas de funcionamiento.	125
5.15.	Validación de la hipótesis.	127
5.15.1.	Hipótesis del proyecto.....	127
5.16.	Análisis Económico.....	131
a.	Productividad.....	131
b.	Ganancia bruta.	131
c.	Margen de ganancia bruta	132

COMPROBACIÓN HIPÓTESIS	133
CONCLUSIONES.....	134
RECOMENDACIONES	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
ANEXOS	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema de la primera prensa hidráulica	8
Figura 2.	Prensa hidráulica de doble efecto	8
Figura 3.	Prensa hidráulica de doble acción	9
Figura 4.	Prensa hidráulica de triple efecto	10
Figura 5.	Componentes de una red neumática.	11
Figura 6.	Elementos de un circuito hidráulico.....	12
Figura 7.	Principio de Pascal.....	16
Figura 8.	Aplicación del principio de Pascal	16
Figura 9.	Bomba Hidráulica.....	21
Figura 10.	Curvas características de eficiencia capacidad de una bomba y de dos conectadas en paralelo.	22
Figura 11.	Tanque hidráulico.....	23
Figura 12.	Partes de un tanque o depósito	24
Figura 13.	Manguera Hidráulica	27
Figura 14.	Cilindro Hidráulico	28
Figura 15.	Cilindro Hidráulico de simple efecto	28
Figura 16.	Cilindro de doble efecto	29
Figura 17.	Válvula reguladora de presión.....	30
Figura 18.	Válvula anti retorno	31
Figura 19.	Circuito de compensación de presión en un sistema hidráulico.....	31
Figura 20.	Válvula de control de caudal	32
Figura 21.	Válvula de seguridad.....	33
Figura 22.	Manómetro	34

Figura 23. Presóstato	34
Figura 24. Estructura de un PLC	36
Figura 25. SIMATIC HMI Comfort Panel	37
Figura 26. Prensa Hidráulica Marca INMES.....	53
Figura 27. Denominación de los pistones en la prensa hidráulica marca INMES	54
Figura 28. Esquema Hidráulico de la prensa hidráulica marca INMES	57
Figura 29. Diagrama Fase-Estado Funcionamiento prensado.....	57
Figura 30. Valores de k para longitud efectiva L_e	59
Figura 31. Modelado mecánico en 3D del cilindro principal.	61
Figura 32. Dirección de la fuerza aplicada al cilindro principal.....	62
Figura 33. Tensión Von Mises del cilindro principal	65
Figura 34. Dirección de las fuerzas a aplicar en los cilindros de elevación.....	68
Figura 35. Tensión Von Mises del pistón de elevación.	69
Figura 36. Guías de soporte estructura superior	70
Figura 37. Tensión de Von Mises guías de soporte prensa hidráulica marca INMES.	71
Figura 38. Cilindro Colchón.....	73
Figura 39. Dirección de las fuerzas aplicadas en los extremos del pistón botador. ..	73
Figura 40. Tensión Von Mises pistón-barra.....	75
Figura 41. Dimensionamiento de un engranaje de una bomba	76
Figura 42. Modelamiento del cilindro para hallar la capacidad volumétrica	79
Figura 43. Modelamiento de la camisa para hallar su capacidad volumétrica.	80
Figura 44. Bomba TDZ V10	86
Figura 45. Diagrama de caudal y potencia absorbida	87
Figura 46. Electroválvula de control direccional 4/3	88

Figura 47. Manguera Flexible SAE 100R2 AT	89
Figura 48. Adaptadores de conexiones hidráulicas.....	91
Figura 49. Manómetro AST	91
Figura 50. Presóstato AC250V-5A SER JCS-02N	92
Figura 51. Aceite Hidráulico	93
Figura 52. PLC LOGO.....	95
Figura 53. Módulo de expansión digital.....	96
Figura 54. KTP400 Basic	97
Figura 55. Logo Power 24 V / 2,5 A	98
Figura 56. Motor Trifásico 7HP	99
Figura 57. Guía soporte finales de carrera.....	100
Figura 58. Base soporte en acero	101
Figura 59. Modelado del soporte para la bomba hidráulica.....	101
Figura 60. Modelamiento del montaje partes mecánicas	102
Figura 61. Soporte Dispositivos hidráulicos	103
Figura 62. Guía-soporte Finales de Carrera.....	103
Figura 63. Soporte de la bomba hidráulica.....	104
Figura 64. Soporte Tablero de control.....	104
Figura 65. Montaje del soporte y tablero de control	105
Figura 66. Montaje Electroválvulas direccionales	106
Figura 67. Conectores Hidráulicos	107
Figura 68. Montaje Manómetro	107
Figura 69. Conexión circuito hidráulico.	108
Figura 70. Distribución Tablero Eléctrico.....	109

Figura 71.	Ensamblaje del tablero de control	110
Figura 72.	Configuración Touch Panel	112
Figura 73.	Diseño imagen principal	113
Figura 74.	Diseño selección de modo de operación.	113
Figura 75.	Diseño mando de controles de operación	113
Figura 76.	Diseño control de conteo de prefabricados	114
Figura 77.	Ansys Workbench	114
Figura 78.	Caja de herramientas Ansys Workbench	115
Figura 79.	Esquema de proyectos Ansys Workbench.....	115
Figura 80.	Análisis estático estructural.....	116
Figura 81.	Análisis Estático base superior	116
Figura 82.	Indicador de geometría activo	117
Figura 83.	Modo Mechanical Geometría cargada	118
Figura 84.	Fijación de pieza para el análisis	118
Figura 85.	Aplicación de fuerza y su dirección, condiciones de borde.	119
Figura 86.	Factor de seguridad base matriz.....	119
Figura 87.	Creación de una nueva librería en la célula datos de ingeniería.....	120
Figura 88.	Esfuerzo máximo de Von Mises	121
Figura 89.	Factor de seguridad para el cilindro en acero F1140	121
Figura 90.	Tensión de Von Mises guía secundaria	122
Figura 91.	Factor de seguridad guía secundaria.....	122
Figura 92.	Máxima Tensión.....	123
Figura 93.	Factor de seguridad botador	123
Figura 94.	Verificación se señales en el logo	124

Figura 95. Verificación del HMI	125
Figura 96. Prueba en vacío del funcionamiento de la prensa.	125
Figura 97. Elemento a ser prensado	126
Figura 98. Elemento ya finalizado.	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico.</i>	14
Tabla 2	<i>Cuadro operacionalización variable independiente</i>	38
Tabla 3	<i>Cuadro de operacionalización variable dependiente</i>	39
Tabla 4	<i>Valoración del estado físico de la prensa hidráulica</i>	44
Tabla 5	<i>Matriz comparativa mediante criterios de decisión</i>	45
Tabla 6	<i>Partes constitutivas de la prensa hidráulica marca INMES</i>	53
Tabla 7	<i>Denominación Pistones en la prensa hidráulica marca INMES</i>	55
Tabla 8	<i>Secuencias Hidráulicas para el funcionamiento de la prensa hidráulica marca INMES.</i>	56
Tabla 9	<i>La tabla muestra las características mecánicas del cilindro hidráulico</i>	60
Tabla 10	<i>Características técnicas del cilindro Hidráulico</i>	61
Tabla 11	<i>Características técnicas del cilindro colchón</i>	72
Tabla 12	<i>Comparación de alternativas para la potencia hidráulica.</i>	85
Tabla 13	<i>Características de la bomba V10</i>	86
Tabla 14	<i>Características Válvula de control direccional</i>	88
Tabla 15	<i>Características técnicas Manguera Flexible SAE 100R2 AT</i>	90
Tabla 16	<i>Las características técnicas presostato</i>	92
Tabla 17	<i>Características técnicas LOGO 8</i>	95
Tabla 18	<i>Características técnicas DM8 230R</i>	96
Tabla 19	<i>Características KTP400 Basic</i>	97
Tabla 20	<i>Características Logo Power.</i>	98
Tabla 21	<i>Tiempos de operación en vacío</i>	126

Tabla 22 <i>Universo de la investigación</i>	128
Tabla 23 <i>Maquinas Hidráulicas existentes</i>	129
Tabla 24 <i>Tiempos de operación primer ciclo prensas hidráulicas</i>	129
Tabla 25 <i>Número de elementos Prefabricados</i>	130

RESUMEN

Las empresas están en constante desarrollo e innovación tecnológica para el mejoramiento de sus procesos, de esta manera afirman mantener productos de alta calidad, permitiéndoles ser vanguardistas en el progreso del país. Por lo que el presente proyecto consiste en el rediseño y automatización del sistema mecánico, hidráulico y eléctrico de una prensa marca INMES de 100 toneladas mediante la aplicación de un plc y una interfaz de comunicación HMI para la fabricación de elementos de contenedores para la empresa Industria Metálica Cotopaxi. Se diseñó e implemento el sistema mecánico, hidráulico, eléctrico y electrónico del proceso de prensado a partir de herramientas CAE, paquetes computacionales. Se estableció un logaritmo de control mediante el software LOGOSOFT y un protocolo de comunicación Ethernet entre la PC, Logo y el interfaz de comunicación HMI. Se realizó el diseño del HMI aplicando el método mapeo de variables de una manera amigable al usuario, se aseguró un fácil manejo y entendimiento del proceso de prensado. Así como también la visualización del número de elementos prefabricados. Con la implementación del logo se logró manejar las señales entre los distintos sensores de una forma eficaz a un bajo costo. De esta manera se obtuvo una reducción de los tiempos de operatividad con ello mejorando la productividad y mejorando el porcentaje de ganancia bruta.

PALABRAS CLAVE:

- MAPEO DE VARIABLES
- LOGOSOFT
- INGENIERIA ASISTIDA POR COMPUTADORA
- PRENSA MARCA INMES

ABSTRACT

The companies are in constant development and technological innovation for the improvement of their processes, in this way they affirm to maintain high quality products, allowing them to be avant-garde in the progress of the country. So the present project consists of redesign and automation of the mechanical, hydraulic and electrical system of an INMES brand of 100 tons through the application of a plc and an HMI communication interface for the manufacture of container elements for the company Industria Metálica Cotopaxi. It was designed and implemented the mechanical, hydraulic, electrical and electronic system of the pressing process from CAE tools, computer packages. A logarithm of control was established by the LOGOSOFT software and an Ethernet communication protocol between the PC, Logo and the HMI communication interface. The design of the HMI was carried out applying the variable mapping method in a friendly way to the user, an easy handling and understanding of the pressing process was ensured. As well as the display of the number of prefabricated elements. With the implementation of the logo it was possible to manage the signals between the different sensors in an effective way at a low cost. In this way, a reduction in operating times was obtained, thereby improving productivity and improving the percentage of gross profit.

KEYWORDS:

- MAPPING OF VARIABLES
- LOGOSOFT
- COMPUTER AIDED ENGINEERING
- INMES BRAND PRESS

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del problema

Industrias Metálicas Cotopaxi si bien es cierto tiene una gran demanda en la producción de contenedores no cuenta al cien por ciento con maquinaria automatizada para la fabricación de piezas o demás elementos constitutivos de producción, provocando que las múltiples prensas que maneja sean accionadas manualmente mediante pulsadores haciendo que cada ciclo de trabajo dure relativamente más en comparación con una prensa automatizada y con una interfaz de comunicación, disminuyendo de esta manera los índices de productividad.

1.1.1. Formulación del problema

La empresa I.M.C. es una empresa que busca la calidad tanto en sus productos como en los procesos llevados a cabo en su construcción, saber identificar los procesos que conllevan demoras es un punto de partida para aumentar tanto la producción y la calidad; la elaboración de contenedores involucra la fabricación de un sinnúmero de piezas mecánicas, la producción de dichos contenedores se ha convertido en una de las actividades principales de la empresa por cuanto se ha observado un gran crecimiento de la demanda.

Uno de las implicaciones de la ingeniería de métodos es la utilización de la capacidad tecnológica de la maquinaria con el fin de eliminar operaciones innecesarias

que podrían provocar demoras; esto se lograría rehabilitando maquinarias tales como prensas aplicando criterios de automatización e interfaces amigables de comunicación.

1.2. Antecedentes

La agilidad en los procesos industriales es un factor que determina en gran medida la competitividad de una empresa, por cuanto asegura la satisfacción de la demanda y la calidad atrae a nuevos clientes.

La época de la revolución industrial marcó un punto de partida para la industria, mediante la relativa velocidad y facilidad en la ejecución de determinados procesos, los cuales en décadas anteriores suponían un trabajo basado única y exclusivamente en el trabajo manual por parte del obrero, dichos trabajos se agilizaron en gran medida con el uso e implementación de maquinaria provocando un potente aumento en la producción.

Debido a la creciente competitividad entre empresas de un mismo sector el empresario se ve en la necesidad de mejorar la producción, dicha mejora involucra mejoras en los procesos y por tanto un mejoramiento de su maquinaria haciéndolas más rápidas y dinámicas.

Industrias Metálicas Cotopaxi es una empresa especializada en la fabricación de paneles, forjados y troquelados; en los últimos meses la empresa se ha visto con un crecimiento en la producción de contenedores, siendo este uno de sus productos novedosos lanzados, el aumento de producción requiere de agilidad en la mano de obra y la utilización de toda la maquinaria involucrada en el proceso de fabricación.

Cabe resaltar que esta empresa cuenta con una producción lo suficientemente alta como para obligar al empleador a buscar alternativas para agilizar los procesos y la

mano de obra garantizando de esta manera el abastecimiento y la entrega de un producto de calidad hacia el cliente.

1.3. Justificación e importancia

La empresa I.M.C. es una empresa que busca la calidad tanto en sus productos como en los procesos llevados a cabo en su construcción, saber identificar los procesos que conllevan demoras es un punto de partida para el aumentar tanto la producción y la calidad; la elaboración de contenedores involucra la fabricación de un sinnúmero de piezas mecánicas, la producción de dichos contenedores se ha convertido en una de las actividades principales de la empresa por cuanto se ha observado un gran crecimiento de la demanda.

Uno de las implicaciones de la ingeniería de métodos es la utilización de la capacidad tecnológica de la maquinaria con el fin de eliminar operaciones innecesarias que podrían provocar demoras; esto se lograría rehabilitando maquinarias tales como prensas aplicando criterios de automatización e interfaces amigables de comunicación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Rediseñar y automatizar el sistema mecánico, hidráulico y eléctrico de una prensa marca INMES de 100 toneladas mediante la aplicación de un PLC y una interfaz de comunicación HMI para la fabricación de elementos de contenedores para la empresa Industria Metálica Cotopaxi I.M.C.

1.4.2. Objetivos específicos

- Valorar el estado de los componentes mecánicos de la prensa hidráulica INMES.
- Readecuar el sistema hidráulico de la prensa para su automatización.
- Diseñar, seleccionar, programar e implementar el sistema eléctrico y de control, para la automatización y puesta en marcha de la prensa INMES.
- Montar y acoplar los elementos hidráulicos mecánicos y eléctricos necesarios para el funcionamiento de la prensa.
- Elaborar los planos mecánicos, hidráulicos y eléctricos de la prensa.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes investigativos

Los recursos tecnológicos con el pasar del tiempo sin tener un inicio específico fueron desarrollados para que estos sean utilizados como un medio para la ejecución de distintos tipos de tareas, procesos con un fin determinado. La Automatización Industrial es la aplicación de distintos recursos tecnológicos para controlar y monitorear un proceso, maquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana. (Melgarejo De Gante, 2014)

El proyecto en mención tiene como finalidad la reducción de tiempos de producción, mediante la automatización del proceso de prensado usando diversos recursos tecnológicos como son un PLC y su interfaz HMI.

2.2. Fundamentación teórica

Existen distintas técnicas disponibles para el proceso de prensado como son por gravedad, isostático, neumático, hidráulico, etc. Una de las más frecuentes y utilizadas es de manera hidráulica. El proceso de prensado, si se efectúa de forma adecuada, puede utilizarse para optimizar tiempos de producción a fin de conseguir una mejor planificación del mismo y aumentar rentabilidad. Se pretende optimizar el proceso mediante el rediseño y automatización de la prensa hidráulica.

2.2.1. Antecedentes investigativos

En la tesis “DISEÑO DE UNA PRENSA HIDRÁULICA DE 100 TONELADAS PARA EL CONFORMADO DE CALAMINAS DE FIBROCEMENTO DE 1,2 x 0,5 m” Para optar el título de Licenciado en Ingeniería Mecánica el autor Joel Ángel Apolinario Julca desarrollo como una alternativa de solución a la creciente demanda de materiales de construcción de bajo costo, se ha investigado previamente en la PUCP un material compuesto de cemento, papel reciclado, quitosano y fibra de sisal. Este material posee propiedades adecuadas para la fabricación de paneles y calaminas de bajo costo, por lo que la producción de éstas permitiría la construcción de viviendas económicas. En esta línea de investigación, se ha previsto el desarrollo de una planta piloto para la fabricación de calaminas, dentro de la cual, una de las etapas finales de producción consiste en el prensado del fibrocemento para maximizar su resistencia. En este sentido, el objetivo es diseñar una prensa hidráulica de 100 toneladas para la fabricación de calaminas, con la intención de evaluar las propiedades de dichas calaminas como paso previo a su producción en serie. (Apolinario, 2015)

En la tesis “DISEÑO, RECONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO, HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO DE UNA PRENSA MARCA HIDROGARNE DE 300 TONELADAS PARA LA EMPRESA INDUCE DEL ECUADOR” . Previo a la obtención del título de ingeniero en Electromecánica los autores Cuvi Unapucha Ismael Vicente y Lara Jácome Oscar Rodrigo desarrollaron el Diseño, reconstrucción y automatización del sistema mecánico, hidráulico y eléctrico, el mismo que no estaba en funcionamiento debido a que todos sus componentes se encontraban obsoletos. Luego del desarrollo del proyecto se consiguió ponerlo en marcha para su aplicación en la

pequeña industria. En el sistema mecánico, el rediseño de los componentes mecánicos se lo realizó de forma analítica y tecnológica utilizando el software SolidWorks 2010, de esta manera se verificó que estos elementos tengan un adecuado factor de seguridad el cual afirma que no fallarán al someterlos a la fuerza y presión en el proceso de prensado. (Cuvi & Lara, 2011)

En la tesis “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CORTE DE CHAPA METÁLICA AUTOMÁTICO CON HMI, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS BUSES DE DATOS INDUSTRIALES, PARA LA PRODUCCIÓN EN SERIE DE LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI”. Para la obtención del título ingeniero en Mecatrónica los autores Basantes Guamushig Edwin David y Palomo Guilcamaigua Ana Gabriela. Donde su proyecto se basó en el diseño e implementación un sistema de corte automático de chapa metálica con HMI, mediante el análisis de los buses de datos industriales, para la producción en serie de la empresa Industria Metálica Cotopaxi. De esta manera se obtuvo una reducción del tiempo de producción, y a la vez se incrementó la precisión y eficiencia con la que se cortaba manualmente la lámina de chapa metálica para la producción en serie. (Basantes Guamushig & Palomo Guilcamaigua, 2016)

2.3. Prensa hidráulica

Desarrollada hacia 1770 por el industrial inglés Joseph Bramah (1749-1814) ver figura 1, es una aplicación directa del principio de Pascal, pero se conseguía presiones relativamente pequeñas. 2 años más tarde, los hermanos Perier desarrollaron la máquina de Bramah permitiendo alcanzar presiones más altas (sobre 70 kg/cm²). Sin

embargo, la aplicación de la prensa hidráulica para el trabajo del hierro se da mediados del siglo XIX, tras la aparición del modelo desarrollado por el austriaco Haswell, de mucho mayor tamaño y capacidad de presión.

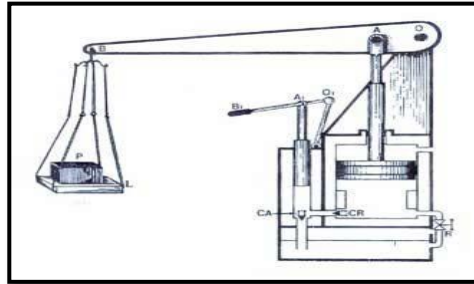


Figura 1. Esquema de la primera prensa hidráulica

Fuente: (Interempresas, 2017)

2.4. Tipos de prensas

Se dividen en dos grupos según su funcionamiento:

- **De simple efecto:** efecto pueden ser de puente o cuello de cisne, llevando el bastidor de fundición o de acero soldado. Posee una bomba, conducciones y válvulas de mando y su movimiento es simple figura 2. (Cuvi & Lara, 2011)



Figura 2. Prensa hidráulica de doble efecto

Fuente: (MAC, 2017)

- **De doble acción:** son utilizadas usualmente en procesos de embutición con prensa-chapa o sujetador, poseen todas las ventajas que se expondrán a continuación. Este tipo de prensa oleodinámica trabaja por medio de un embolo central, que se desliza dentro de un cilindro, el cual manda el punzón de embutición. Los cuatro émbolos ejercen una acción sobre el sujetador, esta acción se da por una reacción al movimiento del carro. El funcionamiento de esta prensa inicia cuando al descender el carro se produce primero la sujeción de la chapa en el borde de la matriz con el sujetador, a continuación, se da la embutición con el punzón central que penetra en la cámara de la matriz. En la carrera de retorno del carro interviene el embolo, situado debajo de la mesa que extrae la pieza embutida a través de cuatro barras (ver figura 3). (Cuvi & Lara, 2011)



Figura 3. Prensa hidráulica de doble acción

Fuente: (MAC, 2017)

- **De triple efecto:** es requerido en casos de embuticiones complicadas que no se las puede desarrollar por medio de las prensas de este tipo vistas anteriormente,

estas embuticiones pueden ser de fondo curvado, con forma, contra estampa, o cuando primero se requiera dar forma antes de embutir, ya que satisface a todos los tipos de estampa, y admite utilizar el sujetador superior en caso de embuticiones profundas y el sujetador inferior en los requerimientos para grandes embuticiones (ver figura 4). (Cuvi & Lara, 2011)



Figura 4. Prensa hidráulica de triple efecto

Fuente: (DirectIndustry, 2017)

2.5. Neumática

La palabra neumática se refiere al estudio del movimiento del aire y así sus comienzos el hombre utilizó el viento en la navegación y en el uso de los molinos para moler grano y bombear agua. En 1868 George Westinghouse fabricó un freno de aire que revolucionó la seguridad en el transporte ferroviario. Es a partir de 1950 que la neumática se desarrolla ampliamente en la industria con el desarrollo paralelo de los sensores.

La neumática precisa de una estación de generación y preparación del aire comprimido formada por un compresor de aire, un depósito, un sistema de preparación del aire (filtro, lubricador y regulador de presión), una red de tuberías para llegar al utilizador y un conjunto de preparación del aire para cada dispositivo neumático individual (figura 5). (Creus, 2007)

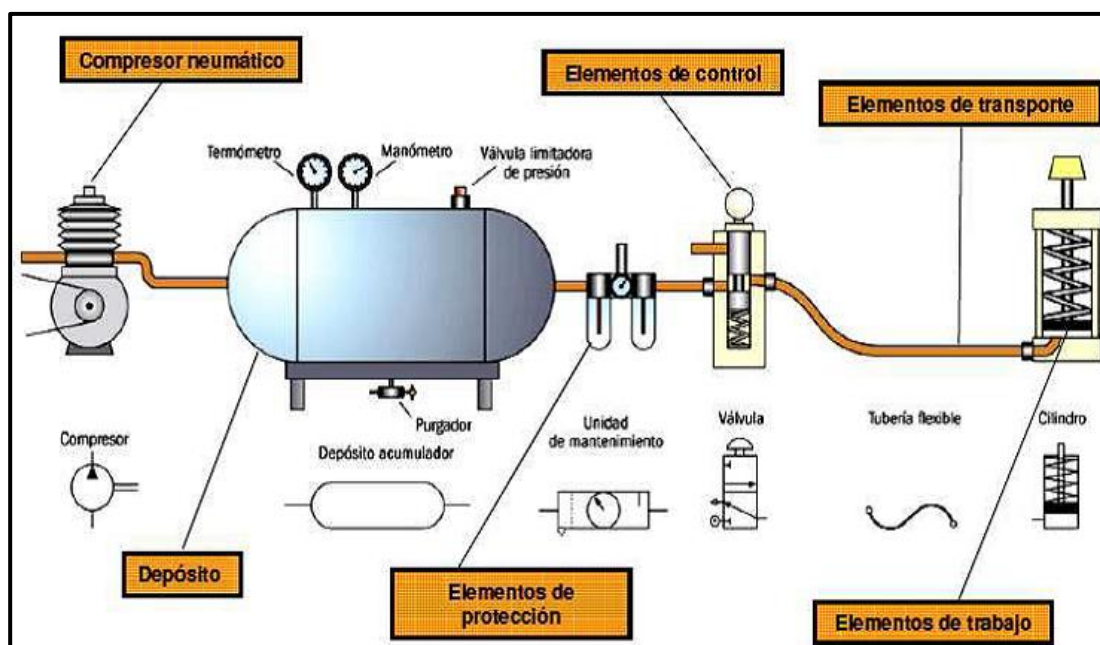


Figura 5. Componentes de una red neumática.

Fuente: (Grupo Ibermaq, 2018)

2.6. Hidráulica

La hidráulica utiliza básicamente los fluidos hidráulicos como medios de presión para mover los pistones de los cilindros. En la figura 6 se representa el movimiento típico de un pistón dentro del cilindro gracias a la energía proporcional por un sistema hidráulico formado por una bomba, un depósito y un conjunto de tuberías que llevan el fluido a presión hasta los puntos de utilización.

Dentro de estos sistemas se encuentran los motores hidráulicos con velocidades que abarcan desde 0,5 rpm hasta 10.000 rpm y el par que proporcionan va desde 1 Nm (baja velocidad) hasta 20.000 Nm (alta velocidad) (ver figura 6). (Creus, 2007)

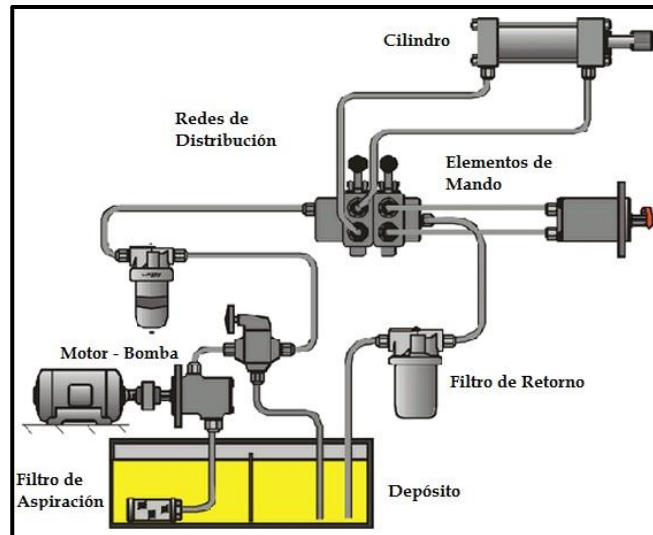


Figura 6. Elementos de un circuito hidráulico

Fuente: (Automatización Industrial, 2011)

2.6.1. Aplicaciones de la hidráulica

Los sistemas hidráulicos se aplican típicamente en dispositivos móviles tales como maquinaria de construcción, excavadoras, plataformas elevadoras, aparatos de elevación y transporte, maquinaria para agricultura y simuladores de vuelo.

Sus aplicaciones en dispositivos fijos abarcan la fabricación y montaje de máquinas de todo tipo, líneas transfer, aparatos de elevación y transporte, prensas, máquinas de inyección y moldeo, máquinas de laminación, ascensores y montacargas. (Creus, 2007)

2.6.2. Ventajas de los sistemas hidráulicos

Gran potencia transmitida con pequeños componentes, posicionamiento preciso, arranque con cargas pesadas, movimientos lineales independientes de la carga ya que los líquidos son casi incomprensibles y pueden empujarse válvulas de control, operación suave e inversa, buen control y regulación y disipación favorable de calor. (Creus, 2007)

2.6.3. Desventajas de los sistemas hidráulicos

Polución del ambiente con riesgo de incendio y accidentes en el caso fuga de aceite, sensibilidad a la suciedad, peligro presente debido a las excesivas presiones, dependencia de la temperatura por cambios en la viscosidad. (Creus, 2007)

2.7. Sistemas neumáticos e hidráulicos

Análogamente a los sistemas neumáticos, los sistemas hidráulicos se complementan con los eléctricos y electrónicos mediante dispositivos tales como válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. Es fácil, en particular en sistemas complejos, acoplarles un PLC (programmable logic controller) que les permite programar la lógica de funcionamiento de varios cilindros.

En determinadas aplicaciones, tales como en movimientos de aproximación rápido y avance lento, típicos en las fresadoras y rectificadoras, en la sujeción de piezas utilizada en los cortes a alta velocidad sobre materiales duros y en la automatización de

procesos de producción, se combinan los sistemas neumático, hidráulico y eléctrico en la forma siguiente:

- Circuito Electro neumático- Accionamiento eléctrico- Actuador Neumático.
- Circuito oleo neumático- Accionamiento neumático- Actuador Hidráulico.
- Circuito electrohidráulico- Accionamiento eléctrico- Actuador Hidráulico. (Creus, 2007)

2.8. Comparación entre neumática e hidráulica

En la tabla 1 se muestran las características comparativas entre los sistemas neumático e hidráulico. (Creus, 2007)

Tabla 1

Características comparativas de los sistemas neumático e hidráulico.

	Neumática	Hidráulica
Efecto de las fugas	Solo pérdida de energía	Contaminación
Influencia del ambiente	A prueba de explosión. Insensible a la temperatura	Riesgo de incendio en caso de fuga. Sensible a cambios de la temperatura.
Almacenaje de energía	Fácil	Limitada
Transmisión de energía	Hasta 1.000 m.. Caudal v=20-40 m/s. Velocidad de la señal 20 – 40 m/s	Hasta 1.000m.. Caudal v=2-6 m/s. Velocidad de la señal hasta 1.000 m/s
Velocidad de operación	V= 1,5 m/s	V= 0,5 m/s
Coste de alimentación	Muy alto	Alto

Continua



Movimiento lineal	Simple cilindros. Fuerzas limitadas. Velocidad dependiente de la carga.	Simple con cilindros. Buen control de velocidad. Fuerzas muy grandes
Movimiento Giratorio	Simple, ineficiente, alta velocidad.	Simple con cilindros. Buen control de velocidad de la señal hasta 1.000 m/s
Exactitud de posición	1/10 mm posible sin carga	Puede conseguirse 1mm
Estabilidad	Baja, el aire es comprensible	Alta, ya que el aceite es casi incompresible, además el nivel de presión es más alto que en el neumático.
Fuerzas	Protegido contra sobrecargas. Fuerzas limitadas por la presión neumática y el diámetro del cilindro (F= 30 kN A 6 bar)	Protegido contra sobrecargas, con presiones que alcanzan los 600 bar y pueden generarse grandes fuerzas hasta 3.000 kN

Fuente: (Creus, 2007)

2.9. Principio fundamental de la hidráulica

- **Principio de Pascal:** Si aplicamos una fuerza F sobre una superficie S de un líquido que este contenido en un recipiente se produce una presión P que se transmite por el líquido y esa presión es la misma en todos los puntos de la superficie del recipiente como se muestra (ver figura7).

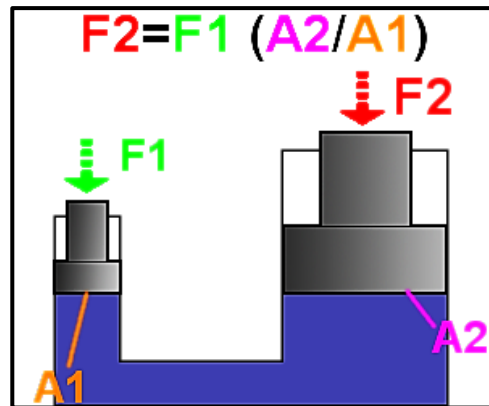


Figura 7. Principio de Pascal.

Fuente: (Briceño, 2018)

La consecuencia de la aplicación del principio de Pascal es el aprovechamiento de la multiplicación de esfuerzos. Así, si aplicamos una fuerza en un sistema cerrado como se muestra en la figura (ver figura 8), podemos calcular las presiones de la siguiente forma:

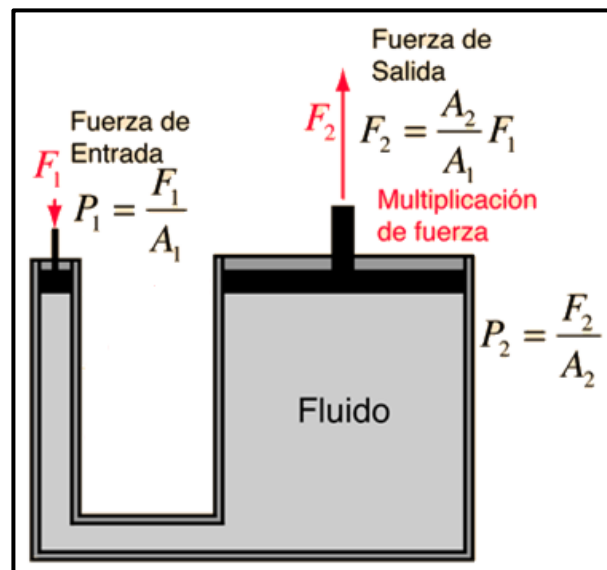


Figura 8. Aplicación del principio de Pascal

Fuente: (Olmo & Nave, 2019)

Si consideramos el sistema en equilibrio, las presiones P1 y P2 serán iguales y quedará la expresión: (Díez de la Cortina León, 2008)

$$P1 = P2 \quad (1)$$

- **Magnitudes Físicas:** Las magnitudes básicas del Sistema Internacional (S.I.) empeladas en hidráulica son: Longitud, masa, tiempo y temperatura. Las Unidades respectivas son: el metro (m), el kilogramo (kg), el segundo(s) y el Kelvin (° k el grado Celsius (°C). De ellas se derivan las demás magnitudes importantes en hidráulica: Fuerza, superficie, volumen, caudal, presión y velocidad. (Cuvi & Lara, 2011)
- **Definición de presión:** Se define presión como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de alguna sustancia. Esto se enuncia por medio de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Donde:

F= fuerza

A= área

Blas Pascal, científico francés del siglo XVII, describió dos principios importantes acerca de la presión:

- ✓ La presión actúa de modo uniforme en todas las direcciones de un volumen pequeño de fluido.

- ✓ En un fluido confinado por fronteras sólidas, la presión de manera perpendicular a la pared.

Si se conoce la cantidad de fuerza que se ejerce sobre un área dada, es posible calcular la magnitud de la presión en un fluido, por medio de la ecuación anterior y la segunda ley de Pascal. (Mott, 2006)

- **Presión Hidrostática:** Dado un fluido en equilibrio, donde todos sus puntos tienen idénticos valores de temperatura y otras propiedades, el valor de la presión que ejerce el peso del fluido sobre una superficie dada es:

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad (3)$$

Donde:

p = presión hidrostática

ρ = densidad del fluido

g = aceleración de la gravedad

h = altura de la superficie del fluido

La diferencia de presión hidrostática entre dos puntos de un fluido sólo depende de la diferencia de altura que existe entre ellos. (Casco & Culqui, 2010)

- **Compresibilidad:** se refiere al cambio de volumen (V) que sufre una sustancia cuando se le sujeta a un cambio de presión. La cantidad usual que se emplea para medir este fenómeno es el módulo volumétrico de elasticidad, o sencillamente módulo volumétrico (E). (Mott, 2006)

$$E = \frac{-\Delta p}{\frac{(\Delta V)}{V}} \quad (4)$$

Donde:

Δp = variación de la presión

ΔV = variación de volumen

V = volumen

- **Densidad:** Es la cantidad de la masa por unidad de volumen de una sustancia, por lo tanto, si se denota la densidad con la griega ρ (rho), se tiene: (Mott, 2006)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Donde:

m = cantidad de masa

V = volumen

- **Peso específico:** Es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia, si se denota el peso específico con la letra griega γ (gamma), entonces se tiene: (Mott, 2006)

$$\gamma = \frac{w}{V} \quad (6)$$

Donde:

w = cantidad de peso

V= volumen

2.10. Fluidos

Sustancia que tiene capacidad de fluir. En esta categoría están los líquidos y los gases, que se diferencian entre sí por el valor de su densidad. La misma que se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. Sus unidades son en el Sistema internacional. (Casco & Culqui, 2010)

2.10.1. Propiedades de los gases y fluidos

Existen notables diferencias tales como:

- ✓ Los gases tienden a ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene mientras que los líquidos adoptan la forma de éste, pero no ocupan la totalidad del volumen.
- ✓ Los gases son compresibles, por lo que su volumen y densidad varían según la presión; los líquidos tienen volumen y densidad constantes para una cierta temperatura (son incompresibles).
- ✓ Las moléculas de los gases no interactúan físicamente entre sí, al contrario que las de los líquidos; el principal efecto de esta interacción es la viscosidad. (Casco & Culqui, 2010)

2.10.2. Propósito del fluido hidráulico.

El fluido hidráulico tiene cuatro funciones principales:

- ✓ Transmitir potencia.
- ✓ Lubricar piezas móviles.

- ✓ Sellar las tolerancias entre una pieza y otra.
- ✓ Enfriar o disipar el calor. (Casco & Culqui, 2010)

2.10.3. Flujo volumétrico

Es el volumen de fluido que pasa por una superficie dada en un tiempo determinado.

(Castillo Salgado, 2015)

$$Q = A \cdot v \quad (7)$$

Donde:

A=Área.

v = velocidad

2.11. Bomba Hidráulica

Es una máquina que transforma la energía mecánica en energía hidráulica, al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura. Puede ser impulsada por un motor eléctrico o algún otro tipo de aditamento el mismo que va conectado mecánicamente al eje rotatorio de la bomba. (Mott, 2006)



Figura 9. Bomba Hidráulica

Fuente: (Hidraoil, 2018)

2.11.1. Tipos de bombas

Las bombas Hidráulicas que se utilizan son:

- ✓ Bomba de desplazamiento positivo que entrega un volumen de líquido en cada ciclo. Si la impulsión se cierra, la presión aumenta mucho, por la que precisa se un regulador de presión o de una válvula de seguridad. Es capaz de dar una presión que alcanza los 800bar.
- ✓ Bomba de desplazamiento volumétrico, entre las que se encuentran engranajes, lóbulos, tornillo, paletas, pistón axial y pistón radial.

Las bombas hidráulicas que entregan un caudal constante son las de engranajes y tornillo. En la siguiente figura (ver figura 10) la curva característica de una bomba típica. (Creus, 2007)

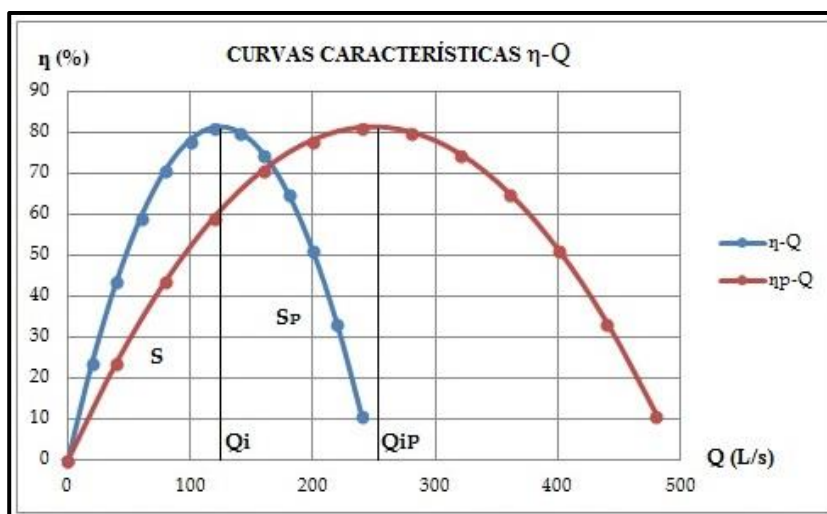


Figura 10. Curvas características de eficiencia capacidad de una bomba y de dos conectadas en paralelo.

Fuente: (Martínez Valdés & Riaño Valle, 2017)

2.12. Tanques o depósitos

El tanque debe ser lo más estanco posible a la entrada de polvo y partículas que contaminarían el fluido, principalmente las partículas; si estas son metálicas, entonces la vida de los demás dispositivos empezando por la bomba corre un serio peligro. Como mínimo, el tanque deberá tener una capacidad de 3 a 4 veces el caudal máximo de desplazamiento de la o las bombas. (Cuvi & Lara, 2011)

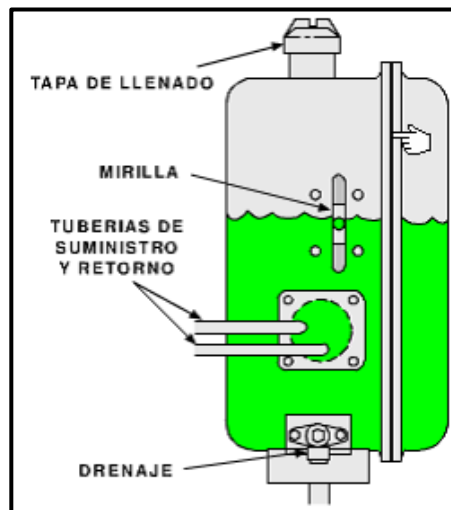


Figura 11. Tanque hidráulico

Fuente: (Garzón Zenteno, 2015)

Está diseñado para cumplir varias funciones:

- ✓ Almacena el fluido
- ✓ Separa el aire del fluido
- ✓ Permite que se asienten los contaminantes
- ✓ Ayuda a disipar el calor generado en el sistema. (Casco & Culqui, 2010)

a) Partes de un tanque o depósito

En la siguiente figura (ver figura 12) se muestra las partes.

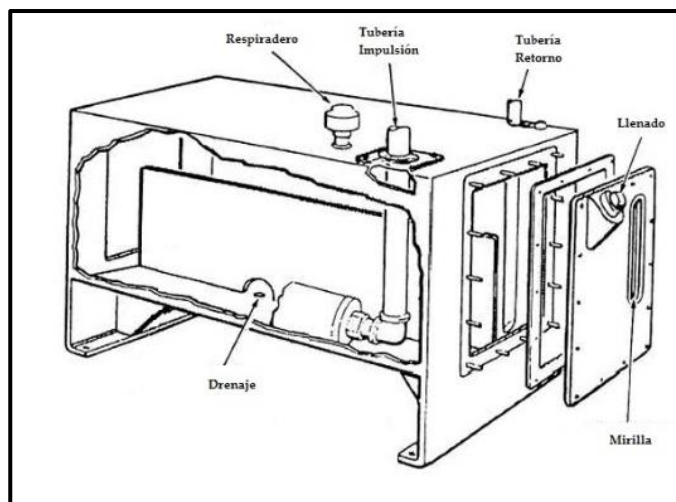


Figura 12. Partes de un tanque o depósito

Fuente: (Automatización Industrial, 2011)

El **respirador** debe ser de tamaño suficiente para permitir controlar la entrada del aire que el flujo necesita para mantener la presión atmosférica, mientras más alto es el promedio del flujo, más grande es el diámetro del respiradero.

La **Placa deflektor** se extiende hacia los lados a través del centro del tanque, usualmente es las 2/3 partes de la altura del nivel del aceite y se usa para separar la línea de succión con la línea de retorno, para:

- ✓ Evitar turbulencias
- ✓ Permitir asentamiento de materiales extraños
- ✓ Permitir al aceite librarse del aire
- ✓ Facilitar de disipación del calor a través de sus paredes. (Casco & Culqui, 2010)

b) Tamaño del depósito de aceite.

Como mínimo al tanque le debe caber todo el fluido que el sistema requiere y mantener el nivel lo suficientemente alto para evitar “remolino” en la línea de succión; la expansión del fluido debido al calor que se genera por el funcionamiento del sistema hace que cambie el nivel del aceite dentro del tanque, requiriendo de mayor área, por lo tanto, se aplica la siguiente regla general: (Casco & Culqui, 2010)

$$T_t = 2 \text{ o } 3 * \text{gpm} \quad (8)$$

Donde:

gpm= galones por minuto de la bomba

T_t = tamaño del tanque

2.13. Mangueras y tuberías

Para la conducción del fluido desde la bomba hasta los aparatos y receptores se hace uso de las tuberías, que pueden ser rígidas (acero) o flexibles, a base de goma y capas textiles y metálicas.

Las características de las tuberías dependerán de:

- Caudal a transportar en l/min, que determina la sección interior de la tubería.
- Presión de servicio máximo que debe soportar y determina el espesor del tubo.
- Forma de realizar los acoplamientos entre tuberías (soldadura, bridas, roscas, racores, abrazaderas, etc).
- Sujeción de las tuberías y otros elementos
- Conexión de la tubería a los aparatos.

- Formas del trazado de la tubería. Curvas, codos, tramos rectos, etc
- Rugosidad interior de la tubería. (Roldàn, 2001)

a) Tuberías de acero

Los tamaños estándar de tuberías se denominan por medio de su tamaño nominal y número de célula. Los números de célula están relacionados con la presión de operación y el esfuerzo permisible del acero. Se utilizan en sistemas de fluidos de potencia, condensadores, intercambiadores de calor, sistemas de combustibles de motores y sistemas industriales de procesamiento de fluidos. (Casco & Culqui, 2010)

b) Tuberías de cobre

Existen 6 tipos:

- ✓ **Tipo K.-** Se emplea para servicio de agua, combustibles, gas natural y aire comprimido.
- ✓ **Tipo L.-** Similar al tipo K pero con menor espesor de pared.
- ✓ **Tipo M.-** Similar al tipo K y L pero con espesor de pared más pequeño, para presiones moderadas.
- ✓ **Tipo DWV.** - Usado en drenajes, desechos y ventilación en sistemas de plomería.
- ✓ **Tipo ACR.** - Acondicionamiento de aire, refrigeración, gas licuado de petróleo y aire comprimido
- ✓ **Tipo OXI/MED.** - Se aplica en distribución de oxígeno o gases medicinales, aire comprimido en la medicina y aplicaciones de vacío.

c) Manguera hidráulica

Las mangueras hidráulicas son flexibles y reforzadas, usadas en sistemas de fluidos de potencia y en otras aplicaciones industriales, donde las líneas de flujo deben prestar servicio cambiante. Los materiales con que están hechas incluyen butilo de caucho que es una lámina impermeabilizante presentada en forma de membrana flexible que posee gran resistencia al desgarro como el caucho sintético, caucho de silicón, elastómeros termoplásticos, nylon, alambre de acero y poliéster.

Los tamaños incluyen diámetros interiores de $\frac{3}{16}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{4}$, 1, 1 $\frac{1}{4}$, 1 $\frac{1}{2}$, 2, 2 $\frac{1}{2}$, 3, 3 $\frac{1}{2}$, y 4 pulgadas. Soportando presiones desde 35 hasta 10000 psi, aptas para aplicaciones en fluidos de potencia para alta presión y elevadores hidráulicos. (Casco & Culqui, 2010)

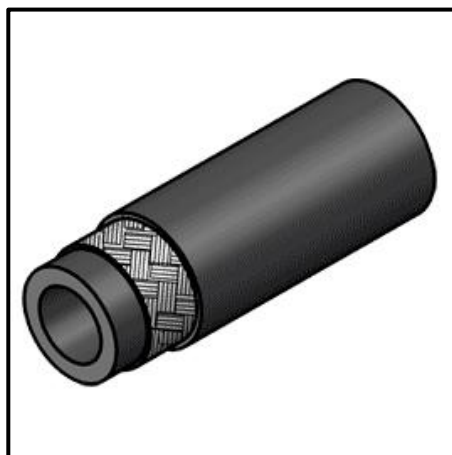


Figura 13. Manguera Hidráulica

Fuente: (REHCOSA S.A., 2018)

2.14. Accesorios Hidráulicos

2.14.1. Cilindros

A diferencia de la bomba hidráulica, la cual realiza movimientos rotatorios (giratorios), el cilindro hidráulico tiene la función de realizar movimientos de traslación (lineales) y, simultáneamente, transmitir fuerzas. (Casco & Culqui, 2010)

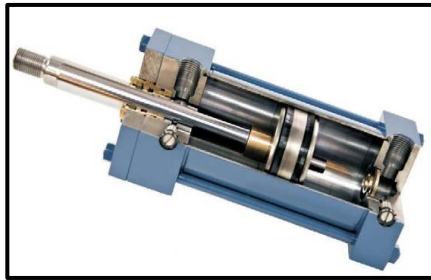


Figura 14. Cilindro Hidráulico

Fuente: (HNL, 2018)

a) Tipos de cilindro hidráulico

- ✓ **De simple efecto:** Cuando es necesaria la aplicación de fuerza en un solo sentido. El fluido es aplicado en la cara delantera del cilindro y la opuesta conectada a la atmosfera. (Barba & Reyes Teran, 2011)

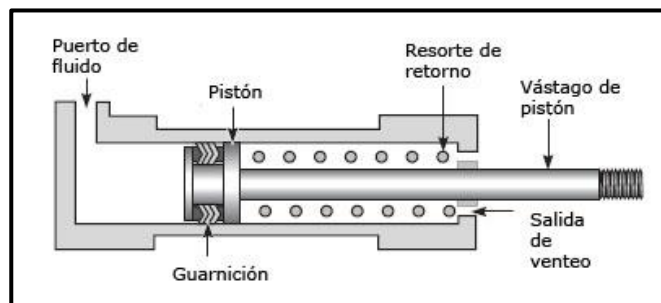


Figura 15. Cilindro Hidráulico de simple efecto

Fuente: (Morales, 2018)

- ✓ **De doble efecto:** Este tipo de cilindro posee dos cámaras, una a cada lado del émbolo. En el émbolo es donde va sujeto el vástago o pistón; y es el que desplaza el vástago de un lado a otro según llegue el fluido por una cámara u otra, en la figura 16 se detalla sus partes.

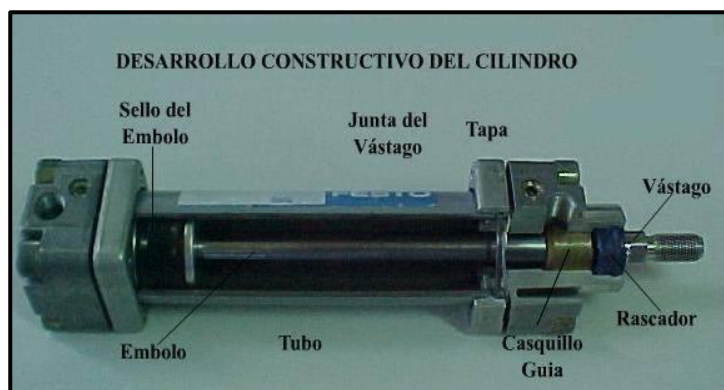


Figura 16. Cilindro de doble efecto

Fuente: (Roldàn, 2001)

2.14.2. Válvulas

Sirven para el control de una instalación hidráulica, trabajan con diferentes presiones que son:

- ✓ **Presión de trabajo.** - Presión a la cual el sistema está operando normalmente.
- ✓ **Presión de apertura.** - Presión a la cual la válvula comienza a abrirse, es ligeramente mayor a la presión de trabajo.
- ✓ **Presión de régimen.** - Presión a la cual la válvula se mantiene completamente abierta, ésta es la presión más alta que se registra en el sistema. (Casco & Culqui, 2010)

a) Válvula reguladora de presión

Su función es limitar la presión del sistema a un valor determinado. Cuando se alcanza este valor indicado esta válvula reacciona y conduce el caudal sobrante hacia el tanque, tal como se indica en la figura 17.

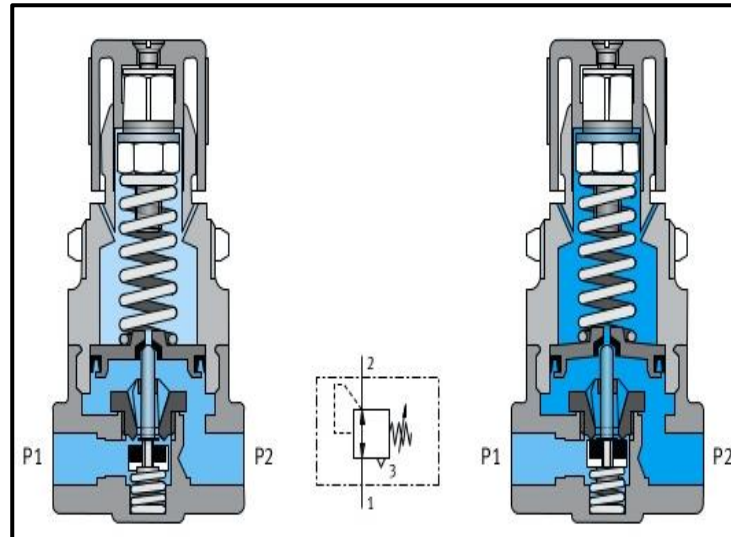


Figura 17. Válvula reguladora de presión

Fuente: (FESTO, 2015)

b) Válvula anti retorno

La válvula anti retorno de control de caudal bloquea el caudal de aceite en un solo sentido da paso dejando libre la circulación del fluido en sentido contrario. La válvula anti retorno operada por piloto actúa al aplicar la presión piloto levantando la bola para dejar paso al fluido en un solo sentido. Si no se aplica la presión piloto, la válvula se comporta como una válvula anti retorno normal. La máxima presión admisible es de 350 bares (5000 psi). (Creus, 2007)

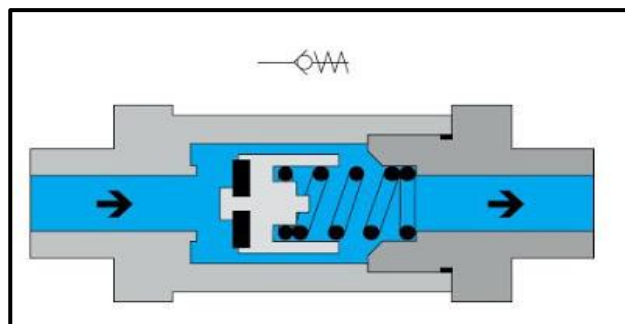


Figura 18. Válvula anti retorno

Fuente: (Automatización Industrial, 2010)

c) Válvulas de compensación

La válvula de compensación es una válvula de control que regula el caudal del fluido de descarga de un actuador, por ejemplo, un cilindro, de tal manera que el actuador no provoque movimientos que superen los correspondientes al flujo de caudal normal de la válvula de control direccional. (Creus, 2007)

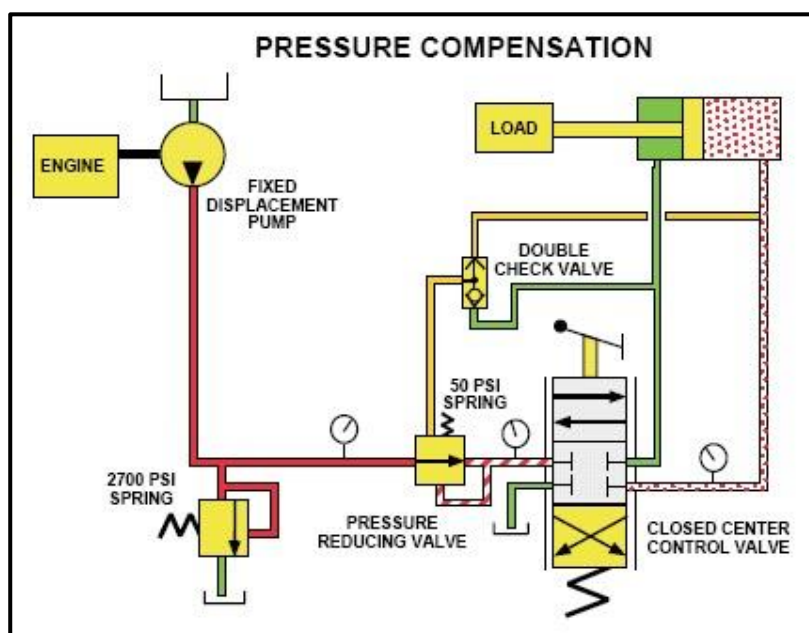


Figura 19. Circuito de compensación de presión en un sistema hidráulico.

Fuente: (CIFP COROSO, 2019)

d) Válvulas de control de caudal

La válvula de control de caudal de una vía consiste en una válvula dotada de un restrictor que es solo efectivo para un sentido del flujo. Es una combinación de un restrictor y una válvula anti retorno. (Creus, 2007)

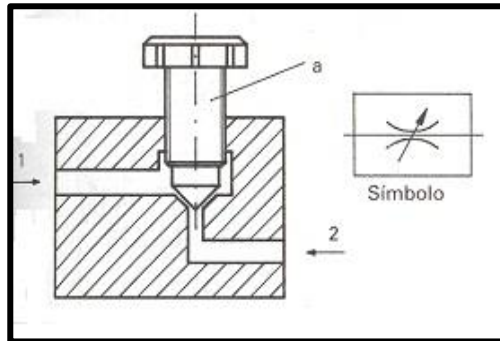


Figura 20. Válvula de control de caudal

Fuente: (recursostic, 2018)

La válvula de control de caudal de presión diferencial compensada mantiene una presión diferencial constante entre la entrada y la salida, de modo que, aunque varíe la presión, es decir, la carga, el caudal se mantiene constante. (Creus, 2007)

e) Servo válvula de control de presión

Proporciona una presión hidráulica diferencial de salida en respuesta a una señal de control en corriente continua (0 a 150mA). Puede controlar directamente la presión. La servo válvula es actuada por un motor de par, un conjunto doble tobera- obturador y una etapa amplificadora. Básicamente la señal eléctrica de mando (4-20 Ma cc) cambia las señales de presión (P1 y P2) a la etapa amplificadora aumentando una presión y disminuyendo la otra. (Creus, 2007)

f) Válvula de seguridad

Se utilizan para proteger las bombas de sobrecarga de presión. Pueden ser directas o pilotadas o proporcionales. (Creus, 2007)

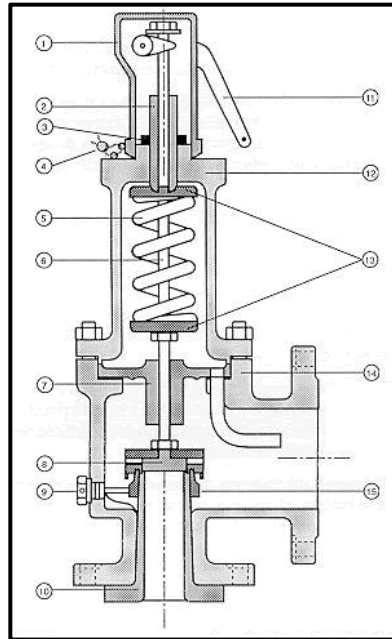


Figura 21. Válvula de seguridad

Fuente: (QuimiNet, 2007)

g) Manómetro

El manómetro mide la presión del circuito hidráulico en bar o psi (1psi = 0,069 bar; 1 bar = 14,5 psi). El modelo normal consiste en un tubo Bourdon de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora por un sector dentado y un piñón. Dispone de ajustes de cero y de multiplicación (span) para calibrar el instrumento (exactitud). (Creus, 2007)



Figura 22. Manómetro

Fuente: (Direct Industry, 2018)

h) Presóstato

Un presóstato representativo es el de pistón formado por un pistón sometido a la presión del fluido hidráulico que actúa sobre un resorte ajustable. Cuando la presión del fluido supera la ajustada en resorte, se acciona un microrruptor. (Creus, 2007)



Figura 23. Presóstato

Fuente: (DISAI, 2018)

2.15. PLC

Es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objetivo de controlar máquinas y procesos. (Moreno, 2017)

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal. Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real. (Moreno, 2017)

a) Estructura de un PLC

A continuación, en la figura 24 Se puede observar la estructura básica de un PLC que está compuesta por:

- ✓ La CPU
- ✓ Las interfaces de entradas
- ✓ Las interfaces de salidas

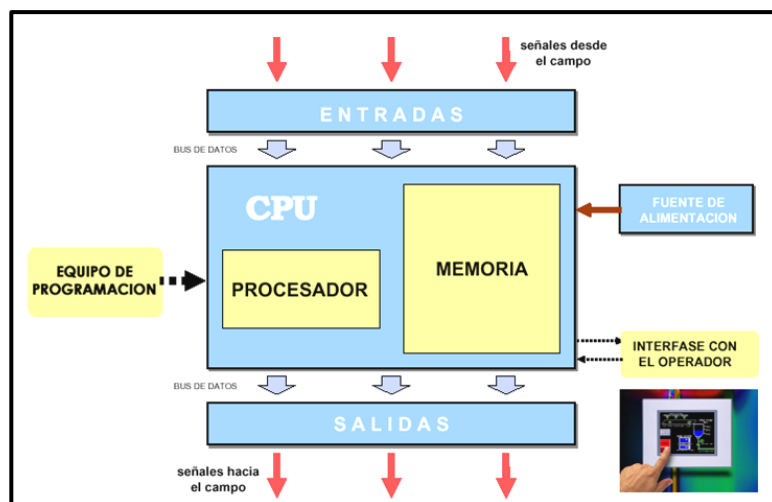


Figura 24. Estructura de un PLC

Fuente: (Aplicaciones de PLC, 2011)

b) Descripción de los componentes de la estructura básica de un PLC

- ✓ **Procesador:** es el cerebro del PLC, el responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario. (Moreno, 2017)
- ✓ **Memoria:** Los PLC tienen que ser capaces de almacenar y retirar información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas. (Moreno, 2017)
- ✓ **Entradas y Salidas:** son elementos del PLC que vinculan al campo. En el caso de las entradas, deben ser adecuadas a las tensiones y corrientes que maneja el procesador para que éste las pueda reconocer. Y en el caso de las salidas, las señales del procesador deben ser modificadas para actuar sobre algún dispositivo del campo. (Perez, 2013)

2.16. Paneles del operador (HMI)

La visualización de procesos cada vez más se convierte en un componente estándar de máquinas o sistemas de automatización, por lo que recurre a elementos adicionales para la visualización, que sirve para el control y supervisión de los procesos. Para aplicaciones sencillas bastará el uso de paneles de operador con funciones básicas.

La familia de pantallas SIMATIC HMI ofrece la solución para la comunicación Hombre- Máquina más completa.

Con los paneles SIMATIC HMI Comfort Panels (Figura 25) son una línea de productos totalmente renovada, se pueden dominar hasta los procesos más complejos, incrementando la disponibilidad y, por tanto, la productividad de la planta, ofreciendo el máximo grado de transparencia entre el Hombre y la Máquina, a la vez se configuran exclusivamente con el innovador software HMI WinCC. El software está integrado en el Engineering Framework "Totally Integrated Automation Portal". (Industry S. , Simatic HMI, 2012)



Figura 25. SIMATIC HMI Comfort Panel

Fuente: (Industry S. , Simatic HMI, 2012)

2.17. Hipótesis

Con el desarrollo del rediseño y la automatización de la prensa hidráulica se podrá reducir tiempos de producción en la fabricación de elementos de contenedores.

2.18. Variables de la investigación

Variable independiente: Rediseñar y automatizar la Prensa Hidráulica.

Variable dependiente: Reducción de tiempos de producción en la fabricación de elementos de contenedores

2.19. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2

Cuadro operacionalización variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional		Técnicas
		Dimensiones	Indicadores	
Rediseño y automatización de una prensa hidráulica.	El rediseño y automatización de un producto consiste en mejorar el proceso a evaluar con el fin de adecuarse a los cambios que se producen en el entorno, mediante el uso de diversas tecnologías.	Rediseño sistema	50 %	Cálculos
		Rediseño sistema hidráulico	100%	Cálculos
		Rediseño sistema eléctrico y electrónico	100%	Cálculos

Tabla 3*Cuadro de operacionalización variable dependiente*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional		Técnicas
		Dimensiones	Indicadores	
Reducción de tiempos de producción en la fabricación de elementos de contenedores	El sistema de prensado automático permite el ahorro de tiempo, personal y precisión, permitiendo de esta manera una solución muy confiable y efectiva	Precisión	Milímetros	Flexómetro
		Tiempo de prensado	Minutos	Tablas de comparación

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.2. Modalidad de la investigación

En la modalidad de la investigación lo que se tiene es un tipo o varios tipos de formas de hacerlo, mismas que ayudarán a llevar a cabo el proyecto ya que así se logra orientar los procedimientos para ser elaborado de una forma más ordenada, dentro de este campo también están los distintos procesos o técnicas y procedimientos que puedan ser utilizados según como sea requerido.

Los aspectos metodológicos dirigen el proceso de investigación del estudio elaborado, ya que dichos procedimientos orientan cualquier proyecto para su elaboración. Por esta razón se adopta la investigación bibliográfica y de campo.

3.3. Tipos de investigación

3.3.1. Exploratoria

Tipo de investigación que ha permitido profundizar en el análisis de varios parámetros para nuestro estudio.

3.3.2. Descriptiva

En el proyecto de investigación lo que se procede a realizar es la recopilación de información previa, para determinar el estado del equipo y la funcionalidad del mismo para poder tomar medidas previas de forma local. Para entender el proyecto de una mejor manera se lo va ir detallando, así como también se mencionará el adelanto del proyecto,

los problemas que se van presentando en conjunto con sus posibles soluciones durante el diseño del sistema de prensado.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación lo que hace es referenciarse en la forma o metodología por la que el investigador busca cumplir los objetivos del proyecto planteado, ya sea de forma ordenada y sistemática, lo que se quiere decir de manera más simplificada es que el diseño de la investigación se enfoca en adoptar una forma de cómo responder al problema planteado. (Arias, 2012)

El proyecto tiene como finalidad la fabricación de elementos de contenedores, mediante la aplicación de un PLC y una interfaz de comunicación HMI, mejorando los tiempos de producción.

3.5. Niveles de la investigación

Dentro del proyecto se dió lugar a los siguientes niveles de investigación.

3.5.1. Bibliográfica

Dentro del proyecto a desarrollar para su investigación se utilizan fuentes bibliográficas como catálogos, libros de ingeniería, páginas web, normas, folletos, papers, etc., las cuales ayudarán a obtener información de lo que es el rediseño y la automatización de un proceso y como puede ser aprovechado para disminuir tiempos de producción. Otro de los puntos donde esta investigación nos será de ayuda es para identificar y acceder a la información acerca del equipo donde se realizará el estudio, su

funcionamiento y características técnicas del mismo todo lo que sirva para la contribución del proyecto planteado.

3.5.2. De campo

La investigación será desarrollada en la EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI C en la ciudad de Latacunga donde el proyecto será implementado ya que aquí es donde se dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, esta información debe ser lo más amplia posible para determinar qué es lo que pudiese faltar. El proyecto está destinado para el área de prensado de piezas para contenedores.

3.6. Población

El universo de esta investigación está conformado por 3 industrias metalmeccánicas existentes en el sector de San Buenaventura.

3.7. Diseño muestral

La muestra de esta investigación está conformada por 3 prensas hidráulicas existentes en la empresa Industria Metálica Cotopaxi que realizan la fabricación de elementos de contenedores.

3.8. Técnica de recolección de datos

Para tomar como punto de partida al proyecto es necesario verificar las características técnicas existentes de la máquina, y observar el funcionamiento estándar de una máquina similar, cuando está sometido a medios de operatividad favorables, esto se lo hace con el

fin de observar la fiabilidad y confiabilidad del equipo que se tiene y la viabilidad de que el proyecto se lleve a cabo.

3.9. Técnicas de análisis de datos

En el proyecto de investigación desarrollado para realizar el balance de tiempos de producción se utiliza los datos medidos de tiempos de operatividad, estas mediciones serán analizadas para determinar la hipótesis planteada, esto podrá ser realizado de la siguiente manera:

- Análisis y observación del equipo a ser monitoreado
- Recolección de datos preliminares
- Estudio de datos

3.10. Técnicas de comprobación de la hipótesis

La investigación tiene como fin llegar a comprobar la hipótesis planteada, para lo cual se tomará como punto de partida los análisis recolectados de forma previa para tener un panorama más claro de los valores a ser medidos y saber que estos sean o no los correctos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Análisis de los resultados

Una vez realizada la recopilación y registro de datos, estos deben someterse a un proceso de análisis o examen crítico que permita precisar las causas que llevaron a tomar la decisión de emprender el estudio.

4.1.1. Valoración del estado físico de la prensa hidráulica.

Tabla 4

Valoración del estado físico de la prensa hidráulica

Sistema	Observación
Mecánico	La estructura y columnas se encuentran en buen estado, se complementará en el rediseño
Hidráulico	El conjunto de cilindros que la conforman se encuentra en buen estado físico, no existen válvulas direccionales, válvulas reguladoras, instrumentos de medición, etc.
Eléctrico y electrónico	No existe cableado, dispositivos de potencia y dispositivos de control.

4.1.2. Valoración de la propuesta mediante una matriz de decisión

Existen numerosas técnicas para lograr objetividad en las decisiones. Una de ellas es la denominada Matriz de Pugh, en honor a su creador el británico Stuart Pugh quien

fue un reconocido ingeniero de diseño, responsable de acuñar el concepto de diseño total. El diseño total es la actividad sistemática necesaria que va desde la identificación de la necesidad del mercado/usuario hasta la venta exitosa del producto para satisfacerla. Una actividad que abarca productos, procesos, personas y organizaciones. (Sejzer , 2016).

La tabla 5 es una matriz comparativa para la toma de la mejor decisión para el estudio la mecánica es la siguiente: se toma la primera alternativa de solución y se analiza criterio por criterio si su cumplimiento es superior al proyecto en estudio, es inferior o es igual. Si es superior se coloca el valor de "+1", si es inferior un valor de "-1" y si es igual un "0". Utilizaremos esta nomenclatura para el proyecto. Una vez completada toda la tabla, se realiza la suma de cada columna. El concepto de alternativa de solución que obtenga un resultado mayor, producto del balance entre aspectos positivos y negativos, será la "mejor solución". (Sejzer , 2016)

Tabla 5
Matriz comparativa mediante criterios de decisión

		Alternativas de solución		
		Adquirir	Adquirir	Reingeniería
		PR-PH6	PR-PH3	PR-PH13
Criterios	Espacio y sistemas auxiliares	1	1	0
	Costo	-1	0	0
	Consumo de energía	-1	0	1
	Coste de improductividad	-1	-1	-1

Continúa



Instalación	-1	-1	1
Mantenimiento	1	0	1
Suma positivos (+)	2	1	3
Suma negativos (-)	4	2	1
Suma General	-2	-1	2

En tabla 5, adquirir PR-PH6 posee la mejor solución en el tema espacio y sistemas auxiliares que el resto de alternativas de solución, pero su costo, consumo de energía y el coste de improductividad empeora. Realizando el balance entre aspectos positivos y negativos basados en los distintos criterios empleados se concluye que la reingeniería PR-PH13 es la más adecuada para nuestro estudio.

4.2. Comprobación de hipótesis

La comprobación de la hipótesis del proyecto planteado es lo que facultará la viabilidad del mismo para saber si será o no rechazada la hipótesis planteada. Para lo cual se recomienda los siguientes pasos:

a) Plantear la Hipótesis

- ✓ Hipótesis Nula
- ✓ Hipótesis Alternativa

b) Estadístico de prueba

CAPÍTULO V

PROPUESTA

5.1. Tema de la propuesta

Rediseño y automatización del sistema mecánico, hidráulico y eléctrico de una prensa hidráulica de 100 toneladas mediante la aplicación de un PLC y una interfaz de comunicación HMI.

5.2. Datos informativos

Nombre de la empresa: EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI I.M.C.

Dirección: Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Avenida Miguel Iturralde

Tipo de empresa: Industrial

Tamaño de la empresa: Grande

5.5. Objetivos

5.5.1. Objetivo general

Rediseñar y automatizar una prensa marca INMES de 100 toneladas mediante la aplicación de un PLC y una interfaz de comunicación HMI para la reducción de tiempos de producción en la fabricación de elementos de contenedores.

5.5.2. Objetivos específicos

- Modelar y determinar el estado del cilindro principal y los cilindros de elevación.

- Determinar la presión de trabajo para seleccionar los componentes del sistema hidráulico.
- Realizar el cálculo para la selección de la bomba hidráulica para el accionamiento del cilindro.
- Realizar el diseño y la selección de componentes que conforman el eléctrico y electrónico
- Implementar el sistema mecánico, hidráulico, eléctrico y electrónico.
- Elaborar los planos
- Realizar la comprobación de la hipótesis

5.6. Fundamentación de la propuesta

La actual propuesta se cimenta en la información recogida en el capítulo II que se relaciona con la fundamentación teórica y en los resultados obtenidos del estudio de los parámetros de diseño de la estructura en el capítulo IV. La propuesta se ha realizado bajo los parámetros fundamentales de diseño para la calidad.

5.7. Diseño Conceptual

El concepto más reciente de calidad se refiere tanto al grado de satisfacción que el producto o servicio proporciona a las expectativas del usuario como a la rentabilización general de los recursos y a la eliminación de las pérdidas. (Riba, 2002)

El sistema de prensado automatizado de elementos metálicos para contenedores, de desarrolla en base a la maquinaria existente en la empresa, esta automatización se realizará con el fin de aumentar y mejorar la producción, al mismo tiempo optimizar

recursos, disminuyendo tiempos de trabajo e incrementado el número de productos terminados.

Para el sistema se rediseñará y construirá la parte mecánica, hidráulica y eléctrica, además se implementará un PLC, un i HMI y se realizará el análisis de elementos finitos mediante el software Ansys, con el fin de mejorar la calidad del prensado.

5.7.1. Desarrollo de la casa de la calidad

La casa de la calidad o despliegue de la función de la calidad es una representación gráfica, que permite identificar y transmitir los atributos o requisitos del diseño de calidad que el cliente demanda, al mismo tiempo que transforma y asegura que la voz del cliente sea transmitida en requerimientos técnicos de diseño para asegurar que las necesidades del cliente sean satisfechas.

a) Requisitos del cliente

La satisfacción del cliente comienza por prestarle la debida atención. Esto se refleja en conocer e identificar sus necesidades y expectativas. Para la selección de la mejor propuesta para la elaboración del rediseño se atiende a las sugerencias emitidas por parte del personal de la empresa INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI con el fin de satisfacer sus requerimientos, en esta etapa se han planteado como importantes los siguientes puntos:

- ✓ La prensa hidráulica debe ser lo suficientemente rápida en la fabricación de elementos de contenedores.
- ✓ La prensa debe tener una interfaz amigable de comunicación con el operario, es decir debe ser de fácil operación.

- ✓ Que el proceso de prensado disminuya en tiempo y mejore la producción.
- ✓ La prensa debe otorgar una calidad constante en todos los elementos fabricados.
- ✓ La prensa hidráulica debe tener los elementos de control lo suficientemente accesibles para el operario.
- ✓ La prensa hidráulica INMES debe ser de fácil mantenimiento.
- ✓ La prensa hidráulica debe garantizar la integridad del operario.

b) La voz del ingeniero

Los requerimientos emitidos por parte de los clientes se traducen a necesidades técnicas a ser solventadas:

- ✓ Sistema mecánico.
- ✓ Sistema hidráulico.
- ✓ Sistema eléctrico.
- ✓ Nivel de automatización.
- ✓ Tipo de materiales.
- ✓ Precisión de prensado.
- ✓ Interfaz hombre máquina
- ✓ Panel de operación
- ✓ Mantenimiento

c) Conclusión de la casa de la calidad

De la casa de la calidad se desprende los puntos críticos que garantizarán la calidad del diseño, misma que se traducirá en la satisfacción del cliente (operario).

- ✓ **Sistema mecánico:** Las partes y elementos constitutivos de la prensa hidráulica deberán ser estudiadas y analizadas con programas computacionales con el fin de garantizar su correcto funcionamiento en condiciones normales de operación.
- ✓ **Sistema hidráulico:** El rediseño del sistema hidráulico se desarrollará teniendo en cuenta la velocidad en la producción.
- ✓ **Sistema eléctrico:** El sistema dispondrá de la correcta selección de elementos teniendo en cuenta la disponibilidad en caso de fallo.
- ✓ **Interfaz hombre máquina:** EL HMI es uno de los factores muy importantes en el área de la automatización, es una de las formas de mantener el control del proceso y la fácil operación del mismo.
- ✓ **Nivel de automatización:** Se requiere de un nivel de automatización muy alto debido a que se requiere la reducción de personal y tiempos de producción.
- ✓ **Tipo de materiales:** El acero para el diseño de elementos de máquinas es el material idóneo para la construcción del sistema mecánico.
- ✓ **Mantenimiento:** Tanto el sistema mecánico, hidráulico y eléctrico deberán ser rediseñados tomando en cuenta los diferentes tipos de mantenimiento: predictivo, preventivo y correctivo.
- ✓ **Panel de operación:** De fácil acceso, permite al operario controlar en todo momento el estado actual de la máquina y además, poder emitir órdenes a la misma en función de las necesidades de cada momento.
- ✓ **Precisión de prensado:** Para satisfacer este requerimiento estos sistemas deben estar muy bien sincronizados y muy bien censados.

Tanto los requerimientos de los clientes como la voz del ingeniero se correlacionan en el diagrama correspondiente a la Casa de la Calidad se puede observar en el **Anexo 1**.

5.7.2. Determinación de las especificaciones para el diseño

La necesidad de rehabilitar y automatizar la prensa hidráulica marca INMES para la empresa “INDUSTRIA METALICA COTOPAXI”, pretende sustentar una serie de requerimientos, los cuales se deben cumplir para dar una respuesta de solución inmediata al problema planteado. Mediante el análisis de la casa de la calidad se tienen identificadas, definidas las metas a cumplir.

Se considera la carga F_T (Carga Total) como un parámetro fundamental ya que es la fuerza requerida para nuestro rediseño, la misma va a ser transmitida por el cilindro hidráulico principal a la matriz que se coloque y podrá ser utilizada para diferentes aplicaciones en el proceso de prensado.

$$F_T = 100 \text{ TON} = 100000 \text{ Kg}$$

$$F_T = 100000 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_T = 981000 \text{ N} = 981 \text{ KN}$$

Para el análisis de los elementos sometidos esfuerzos se determinará un factor de seguridad apropiado; dicho factor de seguridad garantizará la adecuada funcionalidad de la prensa hidráulica bajo los estándares de trabajo asignados.

A continuación, se muestra las partes constitutivas de la prensa hidráulica marca INMES Anexo 2.

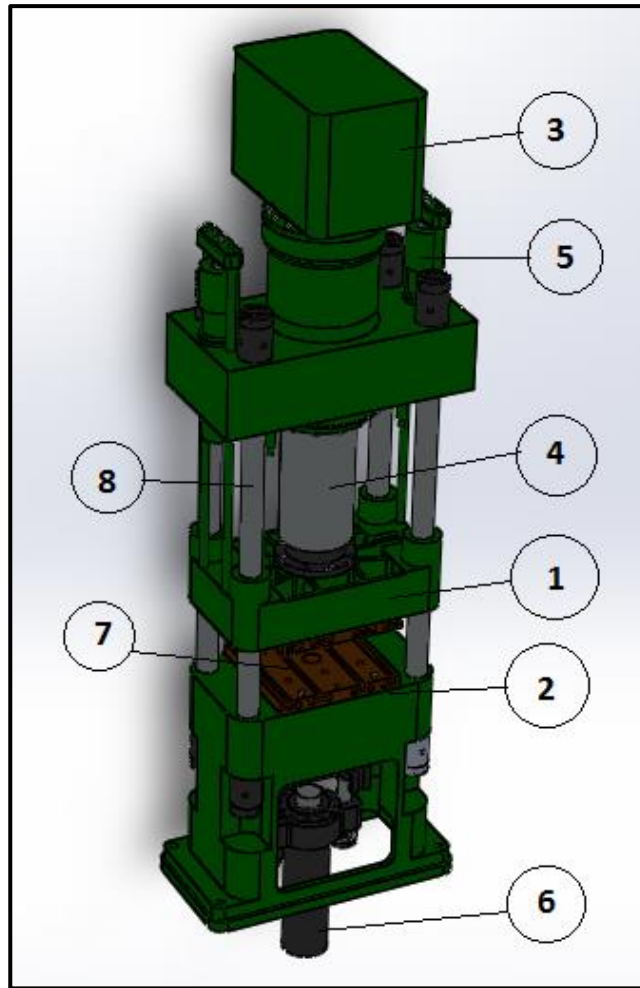


Figura 26. Prensa Hidráulica Marca INMES

Tabla 6

Partes constitutivas de la prensa hidráulica marca INMES

Partes de la prensa
Mesa móvil
Mesa fija
Tanque superior
Cilindro principal

Continua



Cilindro de ascenso (mesa móvil)
Cilindro para Prensa chapas
Base para colocación de matriz
Guías

5.7.3. Principio básico de funcionamiento

Denominando a los pistones tabla 7 y figura 27:

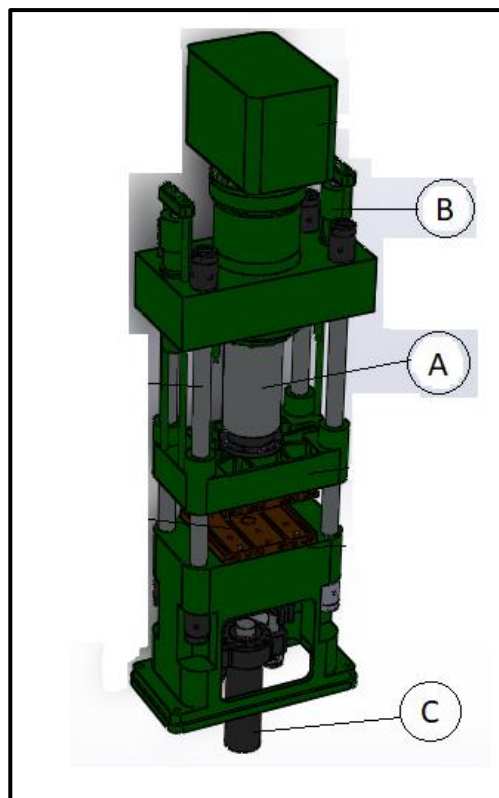


Figura 27. Denominación de los pistones en la prensa hidráulica marca INMES

Tabla 7*Denominación Pistones en la prensa hidráulica marca INMES*

Pistón Principal	A
Pistones de levantamiento	B
Pistón del Cojín Hidráulico	C

a) Funcionamiento Prensado.

Una vez energizada la unidad hidráulica (motor y bomba), y ejecutada la acción de prensado (manual o automático) el cilindro A deberá accionarse hasta una determinada altura, para este caso consideraremos una bajada por gravedad llenado rápido, regido por un final de carrera donde el llenado rápido se detenga y empiece la bajada por presión ejerciendo el prensado; la presión de trabajo no deberá sobrepasar la indicada en el presóstato y será éste quien termine con el prensado y dirija las órdenes hasta los cilindros B llevando a la mesa móvil en ascenso hasta los finales de carrera superiores, esta secuencia se denominará secuencia hidráulica sin activación de cojín.

A+ B+ B-

b) Funcionamiento con Cojín Hidráulico

Se acciona el cilindro principal llevando a la mesa móvil hacia abajo, previamente el cojín hidráulico deberá estar activo en una posición limitada por un final de carrera, el cilindro principal ejercerá presión sobre la superficie de la mesa fija, este movimiento se verá limitado por una fuerza contraria a su desplazamiento proveniente del cojín

hidráulico, el presóstato otorgará la señal para el retorno; los cilindros B llevarán a la mesa móvil a su posición inicial y el cojín hidráulico ascenderá.

C+ A+ C- B+

De acuerdo a las secuencias hidráulicas se tomará en cuenta los requerimientos de las mismas, esto se traduce en la siguiente tabla:

Tabla 8

Secuencias Hidráulicas para el funcionamiento de la prensa hidráulica marca INMES.

Activación del cilindro hidráulico Principal	Válvula direccional pilotada con centro
Caída Libre	Válvula direccional 2 posiciones normalmente abierta
Prensado	Presóstato, se requiere un manómetro para la visualización de la presión de trabajo
Subida	Válvula direccional pilotada (Será la misma que comanda al cilindro principal)

La figura 28 muestra el esquema del sistema hidráulico propuesto realizado en Fluid Sim.

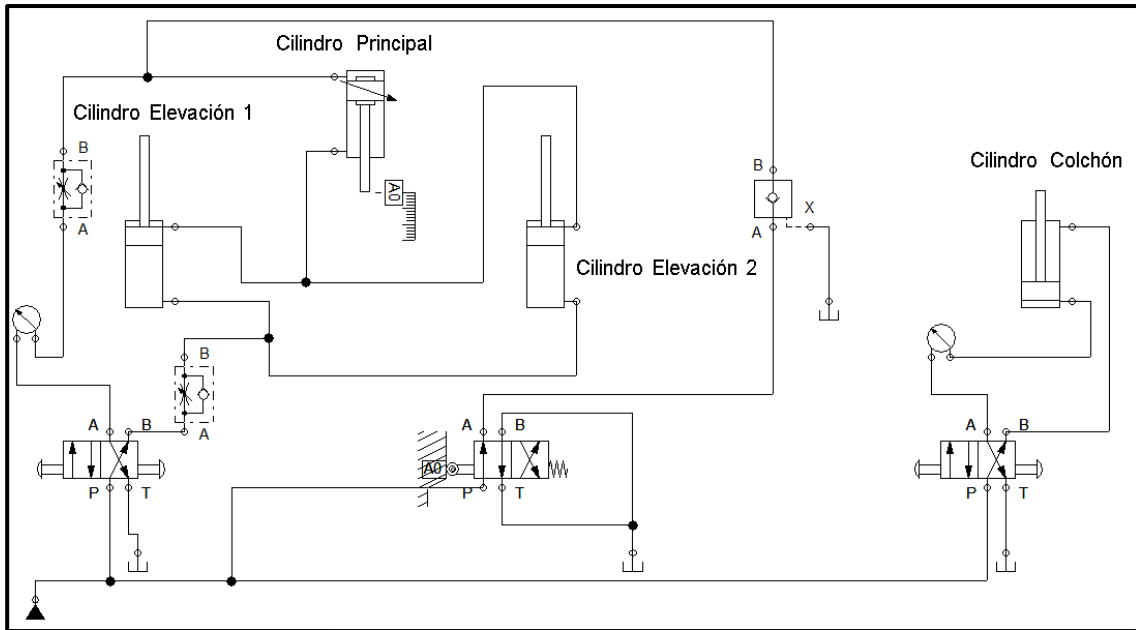


Figura 28. Esquema Hidráulico de la prensa hidráulica marca INMES

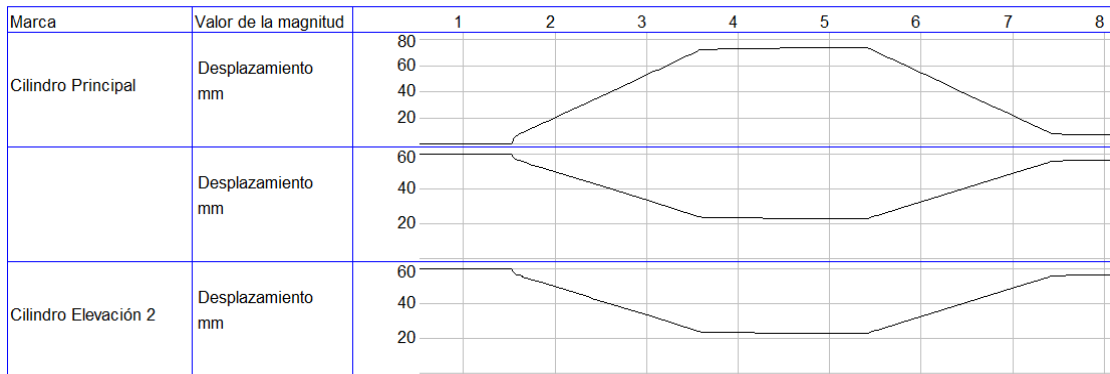


Figura 29. Diagrama Fase-Estado Funcionamiento prensado.

5.8. Rediseño sistema mecánico

Partiendo de los requerimientos de la empresa se han tomado en cuenta varios aspectos para la selección de las partes constitutivas de la prensa hidráulica, esto garantizará que los elementos mecánicos, especialmente aquellos sujetos a esfuerzos en cada ciclo de trabajo trabajen adecuadamente y con un factor de seguridad. Dicho factor de seguridad garantizará la adecuada funcionalidad de la prensa hidráulica bajo los estándares de trabajo asignados.

Para el análisis del cilindro hidráulico como elemento principal de la prensa hidráulica se considerará un factor de seguridad de 4.

$$\mathbf{Factor\ de\ seguridad = 4}$$

Para el análisis de los pistones existen dos métodos para el análisis de columnas, de acuerdo a los fabricantes y la industria de cilindros hidráulicos resulta apropiado utilizar la fórmula de Euler para determinar la carga aplicable a cilindros hidráulicos, la utilización de esta ecuación dependerá de si la columna pueda ser considerada como larga o corta.

Para determinar si una columna es larga o corta se aplicarán los siguientes criterios.

$$\mathbf{CR > Cc \Rightarrow Columna\ Larga \therefore F\acute{o}rmula\ de\ Euler}$$

$$\mathbf{CR < Cc \Rightarrow Columna\ Corta \therefore Esfuerzo\ de\ compresión\ directa}$$

Por simplicidad consideraremos a los cilindros hidráulicos como columnas cargadas a compresión.

La relación de esbeltez viene dada por la siguiente ecuación:

$$CR = \frac{K * L}{r} = \frac{L_e}{r} \quad (9)$$

Donde:

L= Longitud real de la columna entre los puntos de apoyo o de restricción lateral.

K= Factor de fijación de los extremos.

L_e= Longitud efectiva, teniendo en cuenta la manera de fijar los extremos.

r= Radio de giro mínimo de la sección transversal de la columna.

El factor de fijación K depende del tipo de fijación en los extremos, la siguiente figura 30 muestra el valor de K para diferentes configuraciones de columnas.

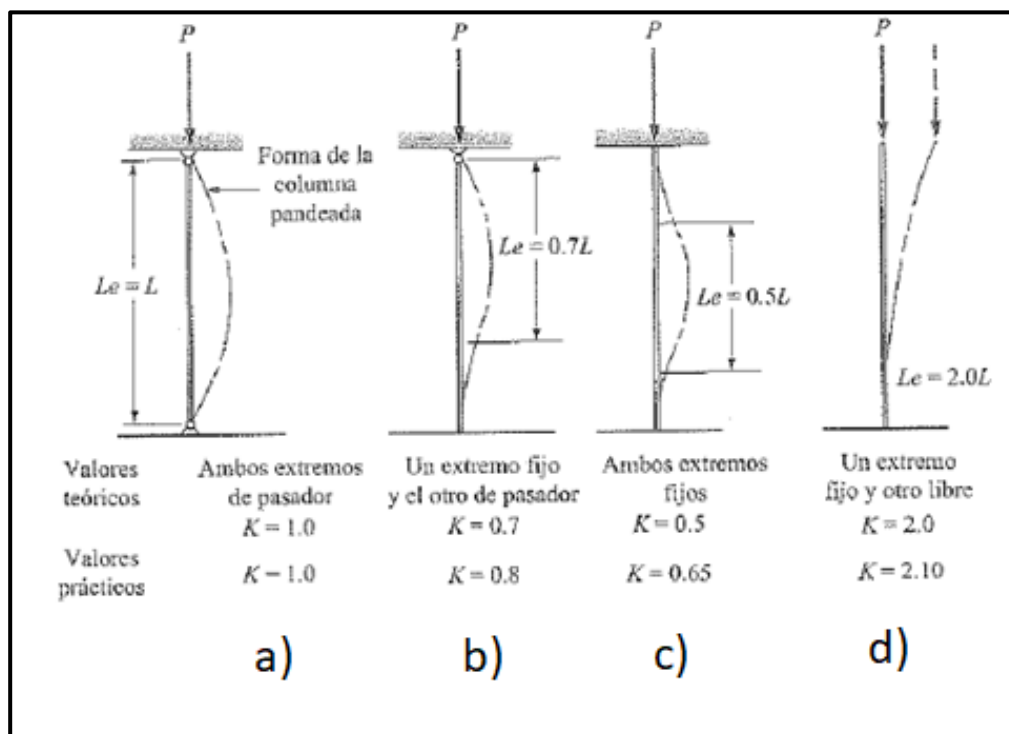


Figura 30. Valores de k para longitud efectiva L_e

Fuente: (Elmi V. & Gutiérrez D., 2016)

La relación de esbeltez de transición viene determinada por la siguiente ecuación:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad (10)$$

Donde:

E= Módulo de elasticidad del material de la columna.

S_y= Resistencia de fluencia del material.

5.8.1. Cilindro hidráulico

Corresponde a un cilindro hidráulico de simple efecto, de acuerdo a catálogo de fabricantes se ha determinado que el material generalizado para la construcción de cilindros hidráulicos es el acero F-1140 cromado; un acero no aleado con un 0.4-0.45% de carbono **Anexo 3**.

a) Modelado del cilindro hidráulico

Tabla 9

La tabla muestra las características mecánicas del cilindro hidráulico

Resistencia a la tracción (Su)	560 MPa
Límite elástico	$\geq 275 \text{ MPa}$
Módulo de elasticidad (E)	$2 \times 10^{11} \text{ Pa}$ ($24 \times 10^6 \text{ Psi}$)
Punto de fluencia o cedencia (Sy)	413 Mpa

Tabla 10
Características técnicas del cilindro Hidráulico.

Cilindro Hidráulico	
Tipo	Simple efecto
Material	Acero F1140
Diámetro Superior	244 mm
Diámetro inferior	280 mm
Longitud total	830 mm

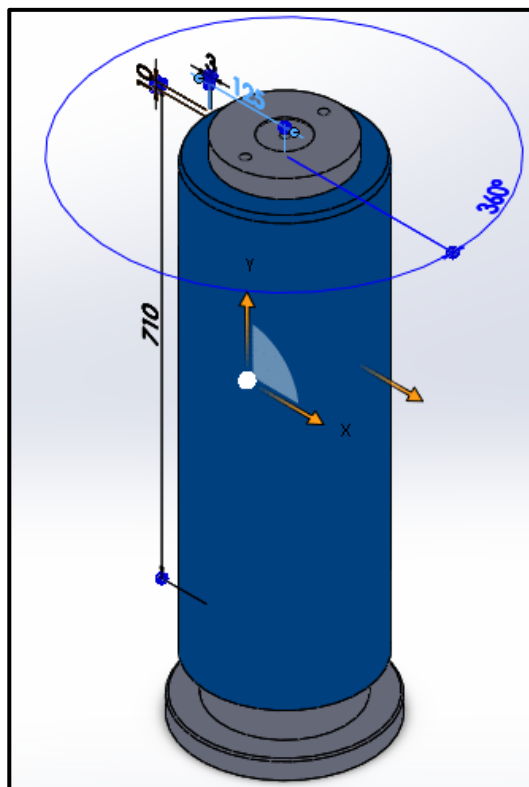


Figura 31. Modelado mecánico en 3D del cilindro principal.

a) Análisis estático

Calculando la relación de esbeltez para el cilindro principal. Para el caso expuesto se considera que el cilindro tiene fijaciones en ambos extremos, asumiendo el instante en el cual se alcanza la presión de diseño y por lo tanto la mayor fuerza de compresión.

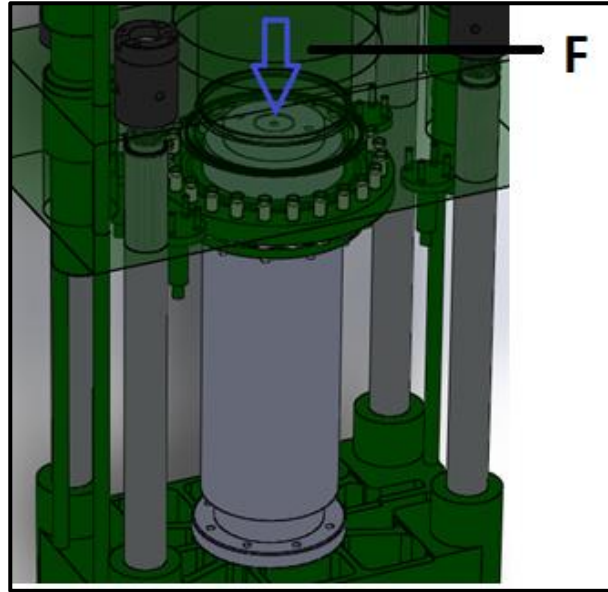


Figura 32. Dirección de la fuerza aplicada al cilindro principal

Aplicando un factor de fijación de 0.65 para el caso de configuración de columnas fijas en ambos extremos figura 30; reemplazando este valor en la ecuación 9 se obtiene:

$$CR = \frac{0.65 * 0.83}{0.122}$$

$$CR = 4.42$$

Para el cálculo de la relación de esbeltez de transición se emplea la ecuación 10; reemplazando valores detallados en la tabla 9 de características mecánicas del material con el que está hecho el cilindro principal se obtiene:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(2 \times 10^{11} \text{ Pa})}{413 \times 10^6 \text{ Pa}}}$$

$$C_c = 97.78$$

Se comprueba que:

$$C_R = 4.316 < C_c = 97.78$$

Por lo tanto, la columna es corta y se empleará la fórmula de esfuerzo de compresión directa, expresada en la ecuación 12, además se considerará el tramo del pistón con el menor diámetro donde existe la máxima concentración de esfuerzos.

El valor del área para un diámetro de 0.200 m se obtiene:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (11)$$

$$A = \frac{\pi * (0.200)^2}{4}$$

$$A = 0.031 \text{ m}^2$$

$$P_{cr} = AS_y \left[1 - \frac{S_y \left(\frac{KL}{r} \right)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad (12)$$

Donde:

A= área original de la sección transversal

S_y= resistencia a la cedencia

K= factor de fijación de los extremos

L= longitud de la columna

E= módulo de elasticidad del material de la columna

$$P_{cr} = 0.031m^2 \left(413 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \right) \left[1 - \frac{(413 \times 10^6 \frac{N}{m^2})(4.316)^2}{4\pi^2 (2 \times 10^{11} \frac{N}{m^2})} \right]$$

$$P_{cr} = 0.031m^2 \left(413 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \right) [1 - 0.000974]$$

$$P_{cr} = 12803000N(0.999026)$$

$$P_{cr} = 12.79MN$$

Considerando la aplicación de una fuerza correspondiente a 981KN en la parte superior del cilindro hidráulico, reemplazando en la ecuación 13 que representa al factor de seguridad se obtiene:

$$F.S. = \frac{\text{esfuerzo de uso}}{\text{esfuerzo de falla}} \quad (13)$$

$$F.S. = \frac{12790KN}{981KN} = 13.03$$

Se verifica la carga a la cual estará sometida el cilindro está por debajo de la carga crítica asegurando que el cilindro hidráulico está apto para el trabajo.

$$\sigma = \frac{2P}{\pi LD} \quad (14)$$

Donde:

σ = Tensión máxima admisible en el cilindro

P = carga máxima aplicada

L = longitud del cilindro

D = diámetro del cilindro

$$\sigma = \frac{2(981KN)}{\pi(0.83\text{ m})(0.2\text{m})}$$

$$\sigma = 3.762 \frac{MN}{m^2}$$

Verificación de análisis utilizando SolidWorks

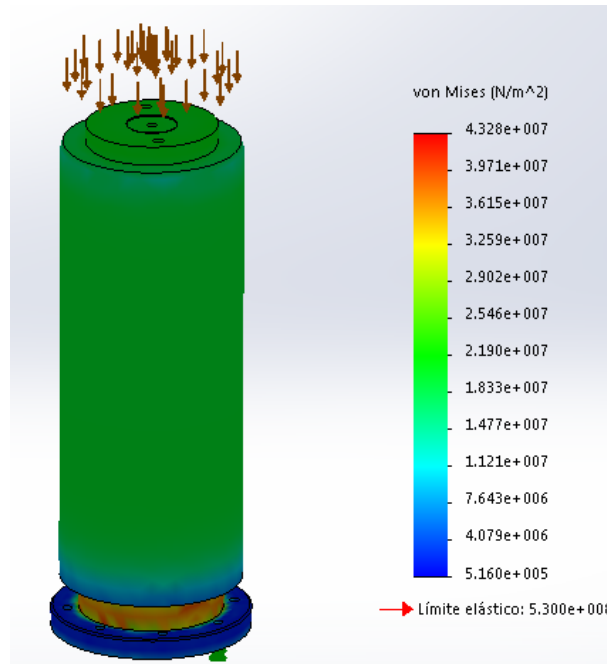


Figura 33. Tensión Von Mises del cilindro principal

De acuerdo a los datos obtenidos en la simulación se verifica que la máxima tensión de Von Mises aplicable al circuito hidráulico será de:

$$\sigma = 43.28 \frac{MN}{m^2}$$

Por consiguiente aplicando estos valores en la ecuación 13, se obtiene un factor de seguridad de:

$$FS = \frac{43.280 \frac{MN}{m^2}}{3.762 \frac{MN}{m^2}} = 11.50$$

5.8.2. Cilindros de elevación.

Para ejecutar la elevación de la mesa, la prensa hidráulica consta de dos cilindros colocados en cada extremo, estos actuarán una vez finalizado el proceso de prensado y serán quienes soporten el peso de la mesa móvil y la base porta matriz.

$$W = W_{\text{mesa}} + W_{\text{base}} \quad (15)$$

$$W = 9.8 \frac{m}{s^2} (365.73 \text{ kg} + 53.56 \text{ kg})$$

$$W = 4.1 \text{ kN}$$

Cada pistón soportará la mitad del peso total equivalente de 2050 N

a) Modelamiento

Para ejecutar el análisis se debe considerar que la fuerza máxima a superar por estos elementos debe ser mayor al peso de la mesa móvil, logrando de esta manera el movimiento, el peso de la mesa móvil (ASTM A36) se ha obtenido del software

SolidWorks, por lo tanto la ecuación del peso a vencer por los pistones despreciando el peso del aceite hidráulico viene dada por la ecuación 16:

$$W_{vencer} = W_{mesa} + W_{pistón} + W_{peso\ de\ la\ matriz} \quad (16)$$

$$W_{vencer} = 365.73(9.8) + 308.96(9.8) + 53.56(9.8)$$

$$W_{vencer} = 9.8(365.73 + 308.96 + 53.56)$$

$$W_{vencer} = 9.8(728.25)$$

$$W_{vencer} = 7136.85N = 7.14kN$$

Por lo tanto, para vencer la estática

$$W_{vencer} > 7.14kN$$

Representa la fuerza con la cual se logrará el movimiento de la mesa móvil, más allá de esta fuerza la mesa podrá moverse con total facilidad, para esta consideración tomaremos un factor de seguridad de 4 para ejecutar el análisis y verificar el correcto funcionamiento de los pistones.

$$W_{vencer} > 28.56 KN$$

Esta fuerza actuará desde cada extremo de la columna como se muestra en la figura 34:

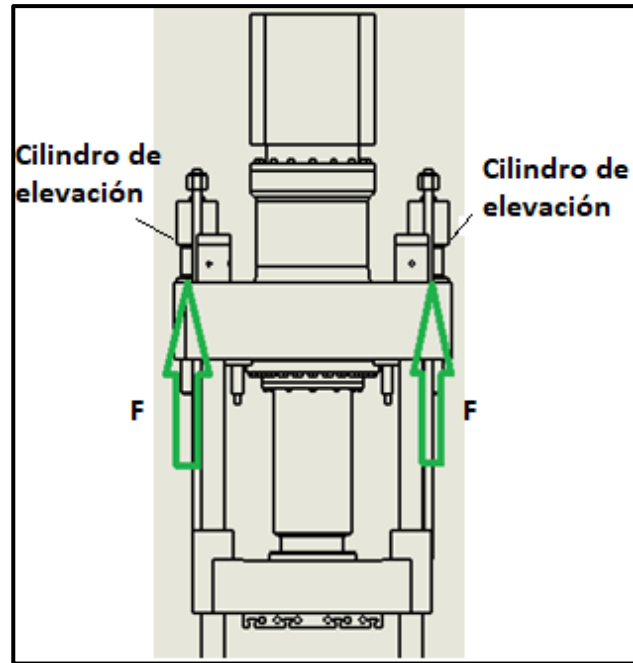


Figura 34. Dirección de las fuerzas a aplicar en los cilindros de elevación

Aplicando la ecuación 14 que corresponde a la tensión máxima admisible, sustituyendo valores se obtiene:

$$P= 28.56 \text{ KN}$$

$$L= 0.54\text{m}$$

$$D= 0.020\text{m}$$

$$\sigma = \frac{2(28.56\text{KN})}{\pi(0.54\text{m})(0.020\text{m})}$$

$$\sigma = 1.683 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

Verificación de análisis utilizando SolidWorks.

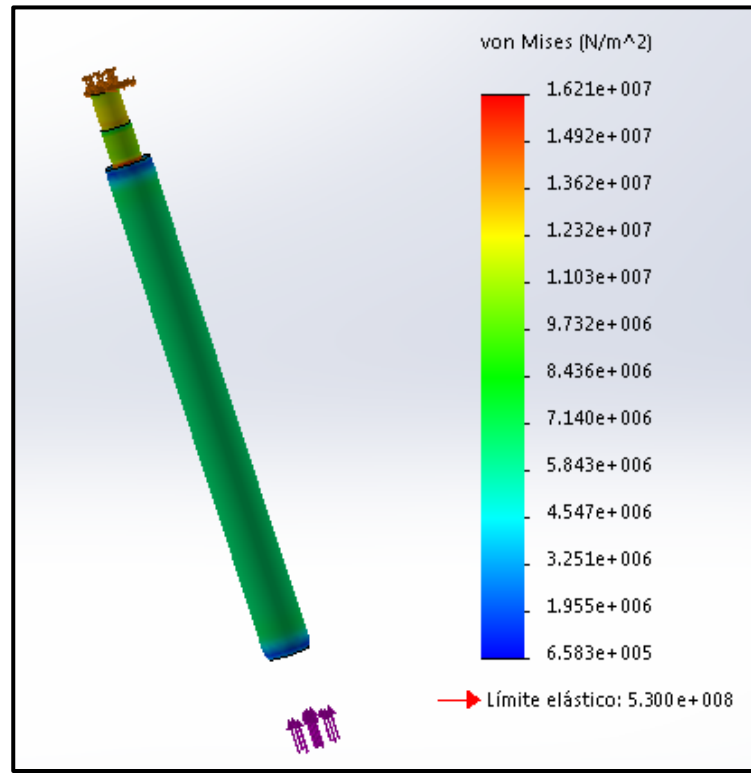


Figura 35. Tensión Von Mises del pistón de elevación.

De acuerdo a los datos obtenidos en la simulación se verifica que la máxima tensión de Von Mises aplicable al circuito hidráulico será de:

$$\sigma = 16.21 \frac{MN}{m^2}$$

La máxima concentración de esfuerzos se obtiene en los cambios de superficie, considerando los datos obtenidos en las simulaciones para este caso empleando la ecuación 13 se obtiene un factor de seguridad de:

$$FS = \frac{16.21 \frac{N}{m^2}}{1.683 \frac{N}{m^2}} = 9.63$$

Con lo cual se comprueba que el diseño es el apropiado. Cuando se termine el ciclo de trabajo y los cilindros hayan actuado el peso de la máquina deberá ser soportada por las guías de soporte, la prensa hidráulica INMES consta de cuatro colocada en cada esquina como ilustra la figura siguiente:

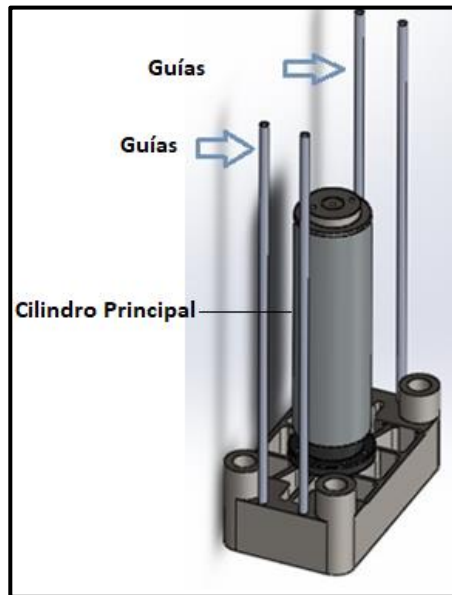


Figura 36. Guías de soporte estructura superior

Aplicando la ecuación 14 que corresponde a la tensión máxima admisible, sustituyendo valores se obtiene:

$$P=981KN$$

$$L=1.945m$$

$$D= 0.040m$$

$$\sigma = \frac{2(981KN)}{\pi(1.945m)(0.040m)}$$

$$\sigma = 8.027 \frac{MN}{m^2}$$

Con la ayuda de SolidWorks se han obtenido los siguientes resultados:

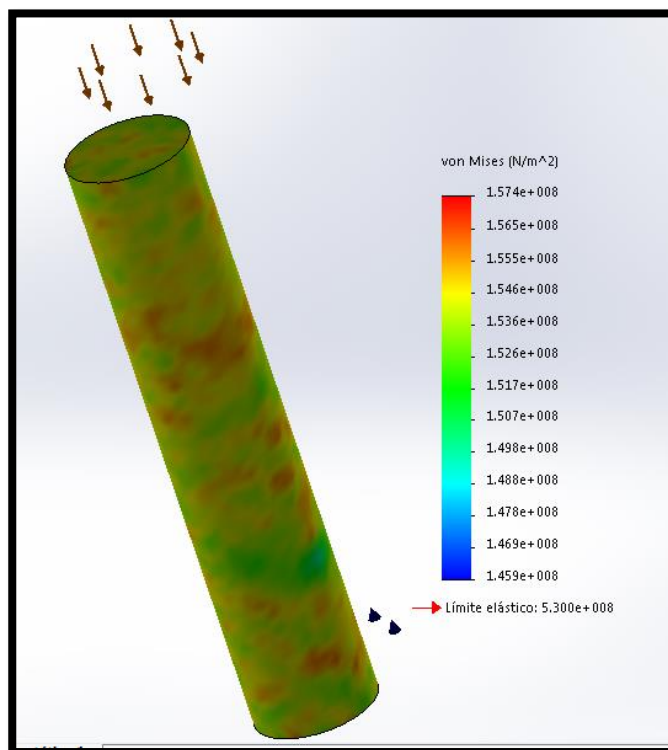


Figura 37. Tensión de Von Mises guías de soporte prensa hidráulica marca INMES

De acuerdo a los datos obtenidos en la simulación se verifica que la máxima tensión de Von Mises aplicable al circuito hidráulico será de:

$$\sigma = 157.4 \frac{MN}{m^2}$$

Por consiguiente aplicando estos valores en la ecuación 13, se obtiene un factor de seguridad de:

$$FS = \frac{157.4 \frac{MN}{m^2}}{8.027 \frac{MN}{m^2}}$$

$$FS = 19.60$$

5.8.3. Cilindro Colchón

Correspondiente a un cilindro hidráulico de doble efecto, cabe mencionar que el necesita una extensión adicional hasta llegar a la mesa fija, dicha extensión (eje), la mecanización de dicho eje dependerá de los resultados del análisis.

a) Modelamiento.

Tabla 11

Características técnicas del cilindro colchón

Cilindro Hidráulico (Prensa chapas)	
Tipo	Doble efecto
Material	Acero F1140
Diámetro del Pistón	120 mm
Diámetro del vástago	90 mm
Longitud total	520 mm
Resistencia a la tracción (Su)	560 MPa
Límite elástico	530 MPa
Módulo de elasticidad (E)	$2 \times 10^{11} Pa$ ($24 \times 10^6 Psi$)
Punto de fluencia o cedencia (Sy)	413 MPa

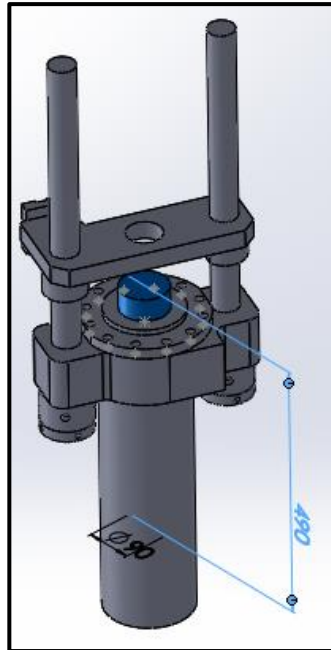


Figura 38. Cilindro Colchón.

b) Análisis estático

Para facilitar el análisis consideraremos al cilindro y a su extensión como una simple barra sometida a un esfuerzo de compresión en sus extremos.

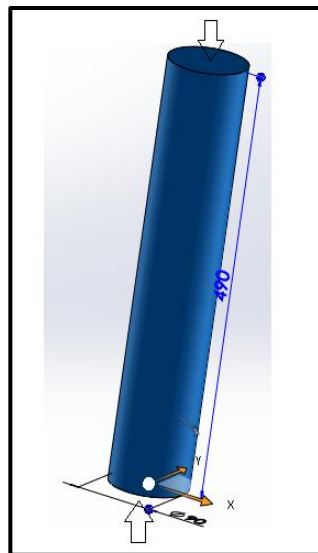


Figura 39. Dirección de las fuerzas aplicadas en los extremos del pistón botador.

Podemos asumir al cilindro como una barra sometida a un esfuerzo de compresión, el análisis de esfuerzo se realizará en el diámetro más pequeño, considerando una distribución uniforme de esfuerzos según el principio de Saint Venant; dicho criterio se aplica para el análisis puesto que el punto de concentración de los esfuerzos se ubica en un punto lo suficientemente alejado de la vecindad de puntos próximos a la aplicación de la fuerza (una distancia mayor que el ancho del elemento), aplicando la ecuación 14 se tiene:

$$\sigma = \frac{2(981KN)}{\pi(0.49m)(0.110m)}$$

$$\sigma = 11.58MPa$$

Utilizando el punto de fluencia máximo para el acero SAE 4340 equivalente a 588 Mpa, y aplicando la ecuación 13, se obtiene un factor de seguridad de:

$$FS = \frac{588MPa}{11.58 MPa} = 19.58$$

Se utiliza el programa SolidWorks para la comprobación del correcto funcionamiento del pistón y la barra. Se efectúa un análisis estático, para la obtención del límite elástico como se puede observar en la figura 40.

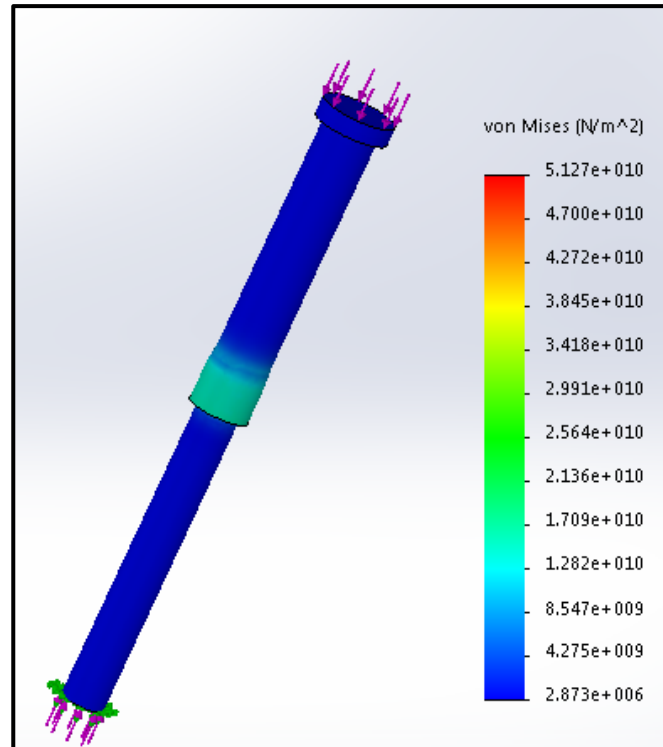


Figura 40. Tensión Von Mises pistón-barra

De acuerdo a los datos obtenidos en la simulación se verifica que la máxima tensión de Von Mises aplicable al circuito hidráulico será de:

$$\sigma = 51.270 \frac{MN}{m^2}$$

Por consiguiente, aplicando estos valores en la ecuación 13, se obtiene un factor de seguridad de:

$$FS = \frac{51.270 \frac{MN}{m^2}}{11.58 \frac{MN}{m^2}}$$

$$FS = 4.42$$

5.9. Rediseño del sistema hidráulico.

5.9.1. Alternativas para determinar el cálculo de la unidad de potencia hidráulica.

a) Cálculo de la unidad de potencia hidráulica mediante datos técnicos existentes.

✓ Cálculo del caudal a partir del diámetro de engranajes.

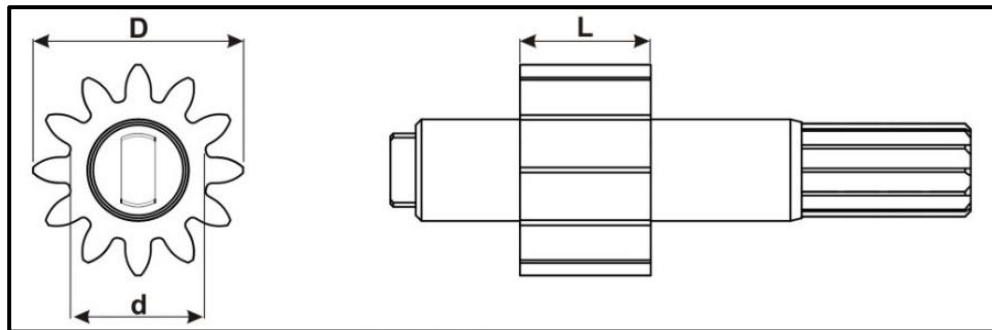


Figura 41. Dimensionamiento de un engranaje de una bomba

$$Q = \frac{(D^2 - d^2)}{4} * \pi * L * 2000 * 10^{-6} \quad (17)$$

Donde:

Q (gpm)= caudal

D (mm)= diámetro exterior = 39.64mm

d (mm)= diámetro de fondo = 23.24mm

L (mm)= ancho de dentado = 11.81mm

$$Q = \frac{(39.64)^2 - (23.24)^2}{4} * \pi * (11.81) * 2000 * 10^{-6}$$

$$Q = \frac{1571.33 - 540.098}{4} * \pi * (11.81) * 2000 * 10^{-6}$$

$$Q = 257.808 * \pi * 11.81 * 2000 * 10^{-6}$$

$$Q = 19.1 \frac{lt}{min} * \frac{0.26 gal}{1 lt} = 4.96 gpm$$

✓ **Área del pistón del cilindro**

$$A = \pi r^2 \quad (18)$$

Donde:

A= Área del pistón del cilindro hidráulico. (m²)

r = Radio del pistón del cilindro hidráulico. (m) = 150 mm

$$A = \pi(0.15)^2$$

$$A = 0.0707m^2$$

✓ **Presión necesaria para generar 100 toneladas.**

$$P = \frac{F}{A} \quad (19)$$

Donde:

P =Presión. (Psi)

A= Área del pistón del cilindro hidráulico. (m²)

F = Fuerza. (N) = 100 Ton

$$F = 100 \text{ Ton} * \frac{1000 \text{ kg}}{* 1 \text{ Ton}} * \frac{2.2 \text{ lbf}}{1 \text{ kg}} = 220000 \text{ lbf}$$

$$F = 220000 \text{ lbf} * \frac{1 \text{ N}}{0.2248 \text{ lbf}}$$

$$F = 987647.69 \text{ N}$$

$$P = \frac{987647.69 \text{ N}}{0.0707 \text{ m}^2} = 13969557.14 \text{ Pa}$$

$$P = 13969557.14 \text{ Pa} * \frac{0.000145 \text{ Psi}}{1 \text{ Pa}}$$

$$P = 2025.58 \text{ Psi}$$

$$P = 2025.58 \text{ Psi} * \frac{1 \text{ Bar}}{15 \text{ Psi}}$$

$$P = 135 \text{ Bar}$$

✓ **Potencia requerida para la bomba.**

$$HP = \frac{Q(\text{GPM}) \times Pb(\text{Psi})}{1714 \times Eff} \quad (20)$$

Donde:

Hp= Caballo de potencia.

Q= Caudal de la bomba

Pb= Presión de la bomba hidráulica.

Eff= Eficiencia se la bomba

$$HP = \frac{5 * 2025.58}{1714 * 0.85}$$

$$HP = \frac{5 * 2025.58}{1714 * 0.85}$$

$$HP = 6.95HP \approx 7HP$$

b) Cálculo de la potencia requerida mediante el modelamiento en SolidWorks de la capacidad volumétrica a utilizar.

✓ El volumen obtenido del modelamiento del cilindro es:

$$V = 31848288.22 \text{ milímetros cúbicos}$$

$$V = 31848288.22 \text{mm}^3 \frac{1 \text{m}^3}{1000000000 \text{mm}^3}$$

$$V = 0.032 \text{m}^3$$

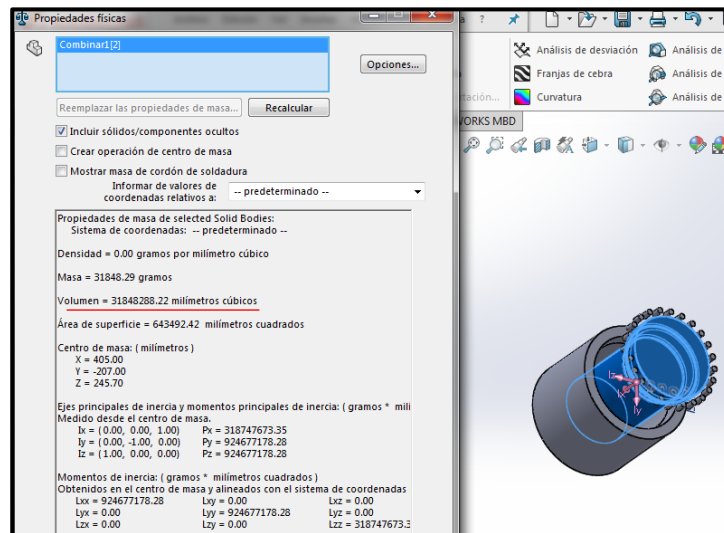


Figura 42. Modelamiento del cilindro para hallar la capacidad volumétrica

✓ La capacidad volumétrica obtenida del modelamiento de la camisa es:

$$V = 101151829.81 \text{mm}^3$$

$$V = 101151829.81 \text{ mm}^3 \frac{1 \text{ m}^3}{1000000000 \text{ mm}^3} = 0,1 \text{ m}^3$$

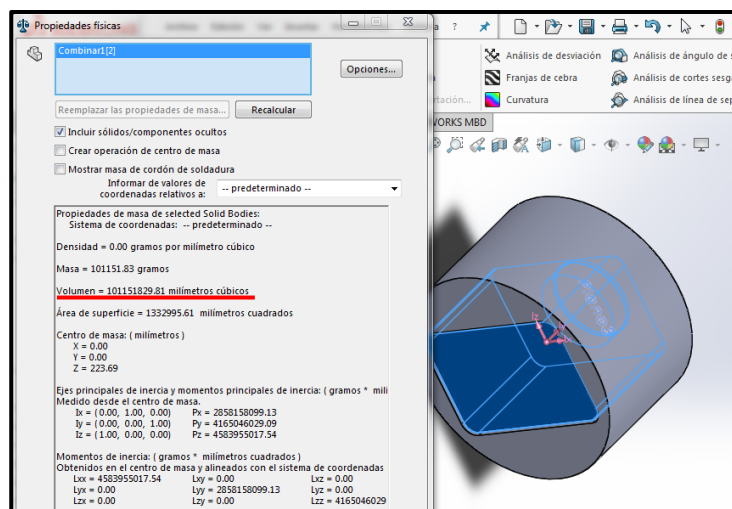


Figura 43. Modelamiento de la camisa para hallar su capacidad volumétrica.

✓ **Capacidad volumétrica total cilindro – camisa.**

$$V_{\text{cilindro-camisa}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{camisa}} \quad (21)$$

$$V_{\text{cilindro-camisa}} = \frac{\pi D_1^2 h_1}{4} + \frac{\pi D_2^2 h_2}{4}$$

$$V_{\text{cilindro-camisa}} = \frac{\pi(0.18)^2(0.030)}{4} + \frac{\pi(0.25)^2(0.7)}{4}$$

$$V_{\text{cilindro}} = 0.026 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, es el volumen de aceite que tendrá que fluir desde el tanque hasta la camisa del cilindro ayudado por la bomba hidráulica y la válvula check para el llenado rápido en un tiempo de 4 segundos. Teniendo en cuenta la cantidad de aceite que fluirá por el orificio de la válvula check, el depósito de la camisa se llenará con una cantidad

considerable de aceite favoreciendo de esta forma la bajada del cilindro, calculando la cantidad de aceite que fluirá en este tiempo.

✓ **El orificio por el cual fluirá el aceite hidráulico está dado por:**

$$A = 2 * \pi * r * h \quad (22)$$

Donde:

r= radio del orificio

h= altura tanque - orificio

Reemplazando resulta:

$$A = 2 * \pi(0.05m)(0.025m)$$

$$A = 0.0079m^2$$

✓ **La altura del nivel de un tanque y el tiempo que toma su vaciado lo realizamos con la ecuación diferencial obtenida en el modelo matemático para vaciado de tanques. (Plaza Gálvez, 2017)**

$$h = f(t) = \left[\sqrt{h_{max}} - \frac{A_0}{A_w} \sqrt{\frac{g}{2}} t \right]^2 \quad (23)$$

Donde:

h= altura del nivel del tanque

hmax = máximo nivel de altura del agua que tiene el tanque

A₀ = área transversal del orificio

A_w = área constante de la superficie superior del agua

g = gravedad

t = tiempo de vaciado

$$A_0 = \pi * 0.05^2 = 0.0079m^2$$

$$h = \left[\sqrt{0.503m \left(\frac{3}{4}\right) - \frac{0.0079m^2}{0.2m^2} \sqrt{\frac{9.8 \frac{m}{s^2}}{2}} (3s)} \right]^2$$

$$h = \left[\sqrt{0.38m} - 0.04(2.21 \frac{m}{s})(3s) \right]^2$$

$$h = [0.62 - 0.27]^2$$

$$h = 0.12m$$

✓ El volumen desplazado por el orificio será de:

$$Q = 0.2m^2 * 0.12m = 0.0245m^3$$

$$V \text{ desplazado} = 0.026m^3 - 0.0245m^3$$

$$V \text{ desplazado} = 0.002m^3$$

$$V \text{ desplazado} = 0.002m^3 * \frac{6.87gal}{0.026m^3}$$

$$V \text{ desplazado} = 0.396 gal$$

✓ **Calculando el caudal**

$$Q = \frac{V}{t} \quad (24)$$

$$Q = \frac{0.396 \text{ gal}}{4 \text{ s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 5.94 \text{ gal/min}$$

$$HP = \frac{6 * 2025.58}{1714 * 0.85}$$

$$HP = 8.34HP \approx 8HP$$

c) Calculo de la potencia hidráulica a partir de parámetros de prensa de bandejas.

Datos obtenidos:

P=200 Bar

Diámetro del pistón principal=320mm

Diámetro de pistón secundario=70mm

Carrera aproximada pistón principal=780mm

Corriente nominal=12A

Corriente a presión de operación=20-24A

Cálculos

✓ **Potencia del Motor**

$$P_3 = \sqrt{3} * V_L * I_L * \cos\theta \quad (25)$$

$$P_3 = \sqrt{3} * 220 * 12 * 0.98$$

$$P_3 = \sqrt{3} * 220 * 12 * 0.98 = 4481.16W * \frac{1HP}{746W} = 6HP$$

$$P_3 = \sqrt{3} * 220 * 24 * 0.98 = 8962.32W * \frac{1HP}{746W} = 12HP \approx 15HP$$

✓ **Caudal de la Bomba**

$$HP = \frac{Q(GPM)*P(PSI)}{1714*0.85} \quad (26)$$

$$P = 200Bares = 2900$$

$$Q(GPM) = \frac{HP * 1714 * 0.85}{P(PSI)}$$

$$Q(GPM) = \frac{15 * 1714 * 0.85}{2900}$$

$$Q(GPM) = 7.5GPM \approx 8GPM$$

d) Selección de la potencia hidráulica a partir de las alternativas de cálculo

El motor que conjuntamente trabajará con la bomba hidráulica es de vital importancia en el estudio, a continuación, se muestra una tabla comparativa entre las alternativas para discernir la mejor alternativa.

Tabla 12

Comparación de alternativas para la potencia hidráulica.

Datos	Alternativa a)	Alternativa b)	Alternativa c)	Promedio
	a)	b)	c)	
Potencia (HP)	7	8	15	10
Caudal (GPM)	5	6	8	6.33

De acuerdo a los resultados obtenidos el promedio entre las alternativas es una potencia de 10HP y un caudal de 6.33 GPM; la alternativa que más se acerca al promedio general es la b) con una potencia de 8HP y un caudal de 6 GPM para el estudio.

5.9.2. Descripción de los dispositivos hidráulicos

a) Bomba Hidráulica

Considerando los cálculos realizados para obtener el caudal necesario que debe entregar la bomba, se concluye la utilización de una bomba TDZ V10 de desplazamiento constante como se indica en la figura 44, ya que está entrega un caudal de 6 GPM, siendo suficiente para proporcionar la presión necesaria para dar movimiento al cilindro hidráulico principal y los auxiliares se toman en cuenta las siguientes consideraciones de operación ver Anexo 4:

- ✓ Presión de trabajo 135 bares.
- ✓ Un caudal de 6GPM aproximadamente.



Figura 44. Bomba TDZ V10

Fuente: (Oleosisa, 2018)

A continuación, en la tabla 13, se detallan las características de la bomba V10 y en la figura 45 el diagrama de caudal y potencia absorbida.

Tabla 13

Características de la bomba V10

Datos técnicos.	
Velocidad (rpm)	Min: 600; máx. : 3000
Caudal (GPM)	6
Presión (bar)	Continua 155 – intermitente 180

Fuente: (Oleosisa, 2018)

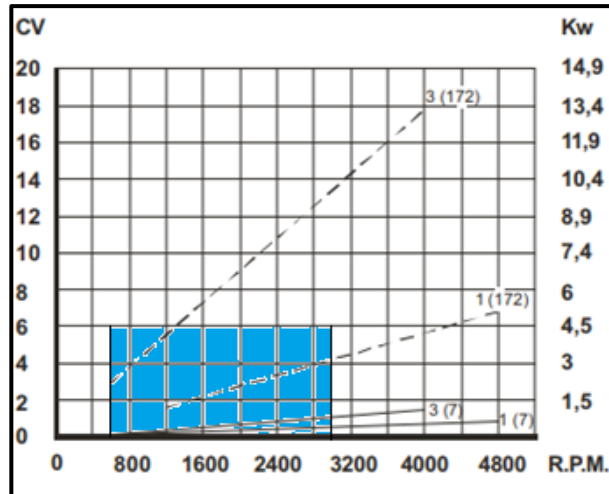


Figura 45. Diagrama de caudal y potencia absorbida

Respecto a las especificaciones de la Serie V10/V20 se puede destacar lo siguiente:

- ✓ Velocidades de 2400 a 4800 dependiendo del tamaño
- ✓ Presiones por encima de 172 bar (2500 psi)
- ✓ Bomba de doble capacidad
- ✓ Es compacta y económica para aplicaciones móviles e industriales
- ✓ Una presión inducida equilibrada de las cargas radiales conduce a una larga vida o duración de la bomba
- ✓ Un diseño eficiente produce caballos de fuerza extra que rentabiliza la inversión

b) Válvula de control direccional.

La válvula de control direccional es una de las partes fundamentales para control de extensión y retracción de los cilindros hidráulicos. Provee la ruta del flujo de la bomba a los cilindros y una ruta de retorno de los cilindros a la reserva de fluido. A continuación, se detallan las consideraciones para la selección de la misma.

- ✓ Voltaje de alimentación 110/220V
- ✓ Presión de trabajo 135 bar

Tomando en cuenta las consideraciones detalladas anteriormente se selecciona la electroválvula de control direccional CETOP 5 ver **Anexo 5**, de marca CAPRONI de modo que es una marca reconocida en el campo hidráulico como se muestra en la figura 46.



Figura 46. Electroválvula de control direccional 4/3

Las características técnicas se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14

Características Válvula de control direccional

Válvula de control direccional CETOP 5	
Alimentación	220VAC
Presión máxima bar	320
Viscosidad mm ² /s	10...800
Temperatura °C	-20... 80

Continua



Grado de filtración mm	0.025
Presión de trabajo bar	160
Corriente de consumo A	0.25

c) Manguera Hidráulica

Debido a que la prensa hidráulica trabaja con presiones altas y se requiere una mayor seguridad se opta por usar la manguera flexible SAE 100 R2AT- DIN-EN 853-2SN como se indica en la figura 47, se toma en cuenta las siguientes consideraciones de operación:

- ✓ Presión de trabajo: 135 Bar.
- ✓ Resistente a los aceites oleo hidráulicos
- ✓ Resistente a la abrasión y a los agentes atmosféricos.



Figura 47. Manguera Flexible SAE 100R2 AT

Fuente: (Hidroca, 2017)

Las características técnicas se encuentran detallados en la Tabla 15.

Tabla 15

Características técnicas Manguera Flexible SAE 100R2 AT

Manguera Flexible SAE 100R2 AT	
Presión de trabajo (bar)	275
Presión máxima de ruptura	1100
Temperatura de trabajo	-40 °C + 100 °C
Cobertura	Goma sintética
Reforzamiento	2 trenzados de acero de alta resistencia

Fuente: (Hidroca, 2017)

d) Adaptadores de conexiones hidráulicos

Considerando la presión de trabajo se concluye usar adaptadores hidráulicos que son conexiones que permiten solucionar problemas de unión entre componentes y flexibles. Estos pueden ser en distintos materiales tales como: acero inoxidable, acero cincado y bronce, todo dependerá del fluido a conducir, en la figura 48 se muestra algunos adaptadores a utilizar.

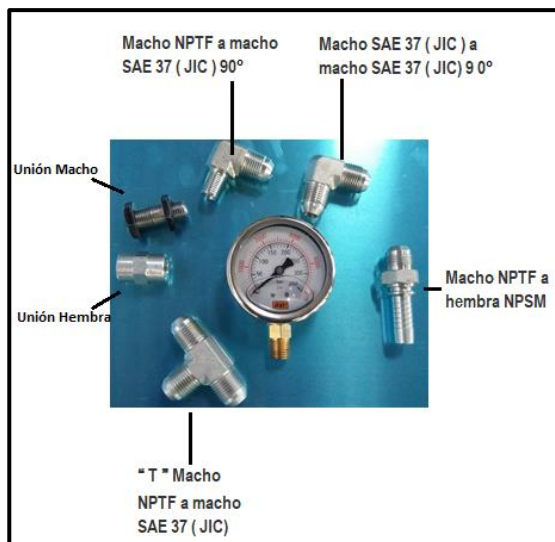


Figura 48. Adaptadores de conexiones hidráulicas.

e) Manómetro.

Para mayor seguridad en nuestro proceso es necesario tener presente nuestra presión de trabajo, para su medición utilizaremos un manómetro de marca AST lleno de glicerina con caja de acero inoxidable diseñado para ser instalado en ambientes donde existan agentes corrosivos, gran cantidad de polvo, vibración excesiva o la presión de línea tenga severa pulsación o golpes de ariete causados por cambios bruscos de presión.



Figura 49. Manómetro AST

f) Presóstato

De modo que el proceso utiliza diferentes valores de presión de trabajo, se usa un presóstato que es un dispositivo que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido, también es conocido como interruptor de presión. El fluido ejercerá una presión sobre un pistón interno, haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja, un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan. Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presóstato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte Anexo 6.



Figura 50. Presóstato AC250V-5A SER JCS-02N

Las características técnicas se encuentran detallados en la Tabla 16.

Tabla 16

Las características técnicas presóstato

Presóstato AC250V-5A SER JCS-02N	
Voltaje V	250V
Corriente operacional A	5

Continua



Presión de operaciones bar	20-210
Presión máxima bar	350

g) Aceite Hidráulico

Se usa un aceite elaborado con bases lubricantes parafínicas altamente refinadas de excelente estabilidad térmica a las que se le agregan aditivos anti desgaste, inhibidores de oxidación y antiespumantes que disminuyen los efectos nocivos del aire en los sistemas hidráulicos. El mismo se recomienda para la lubricación de sistemas hidráulicos donde se requiera un aceite con propiedades anti desgaste tales como: bombas de paletas y engranajes que operan a presiones superiores a 1000 psi y 1200 rpm y en sistemas que tienen bombas de pistón especialmente de tipo axial o que operan entre 3500 y 5000 psi **Anexo 7.**



Figura 51. Aceite Hidráulico

Fuente: (Lubrigras S.A., 2018)

5.10. Diseño eléctrico y electrónico

El diseño del sistema eléctrico – electrónico en los diversos proyectos de automatización es de vital importancia ya que se encargan de controlar, proteger cada una de los sistemas y sensores que intervienen en diversos procesos.

5.10.1. Descripción de los dispositivos de control

a) PLC

El controlador lógico programable es la parte fundamental en la automatización del proceso, debe entregar una respuesta inmediata y estar sujeto a los requerimientos del sistema de prensado, el PLC por otro lado debe ser de fácil adquisición, programación, y principalmente debe tener el puerto de comunicación Industrial requerido.

A continuación, se detallan las consideraciones para la selección del PLC a ser implementado en el sistema de prensado:

- ✓ Voltaje de alimentación 110/220 V.
- ✓ HMI mediante Touch Panel.
- ✓ Lectura del sensor de contacto (interruptor de límite)
- ✓ Lectura de las electroválvulas.
- ✓ Lectura del presostato.

Considerando los requerimientos detallados anteriormente se selecciona el PLC logo 8 con una CPU AC/DC 115/230V **Anexo 8**, de marca SIEMENS como muestra la figura 52:



Figura 52. PLC LOGO

Fuente: (Siemens, 2015)

Además, su programación es fácil y así como la adquisición en el mercado, las características técnicas se detallan en la Tabla 17.

Tabla 17
Características técnicas LOGO 8

PLC LOGO 8 230RCE	
Tipo	AC-DC
Alimentación	115/230 VAC
Entradas Digitales	8 x AC/DC
Salidas Digitales	4 tipo relé / 10A
Memoria	400 bloques
Logo comunicación	Ethernet- Web server

Fuente: (Siemens, 2015)

b) Módulo de expansión digital

De modo que el PLC es modular y al necesitar más entradas y salidas digitales, se incorpora el módulo DM8 230R **Anexo 9** figura 53.



Figura 53. Módulo de expansión digital

Las características técnicas se detallan en la Tabla 18.

Tabla 18
Características técnicas DM8 230R

DM8 230R	
Alimentación	115..240V CA/CC
Entradas	4 digitales
Salidas	4 relés 5A

Fuente: (Siemens, 2014)

c) Touch Panel

Se selecciona una Touch Panel KTP400 Basic HMI figura 54, las características se detallan en la tabla 19, proporciona una interfaz amigable para los operadores de máquinas Anexo 10.



Figura 54. KTP400 Basic

Fuente: (Siemens, 2014)

Tabla 19

Características KTP400 Basic

KTP400 Basic	
Fuente de alimentación	24VDC
Numero de colores	65536
Tipo de pantalla	Táctil
Interfaz	Ethernet, USB
Tamaño pantalla	4" TFT

Fuente: (Siemens, 2018)

d) Fuente de alimentación logo

Para alimentar la pantalla HMI se necesita tener una fuente de alimentación de 24VDC **Anexo 11**, es por eso que se elige LOGO POWER 24 V / 2,5 A figura 55, las características se detallan en la Tabla 20.



Figura 55. Logo Power 24 V / 2,5 A

Fuente: (Siemens, 2019)

Tabla 20

Características Logo Power.

Logo Power 24 V / 2,5 A	
Alimentación	100...240 VAC
Frecuencia	60HZ
Tensión de salida	24VDC
Intensidad nominal	2,5A

Fuente: (Siemens, 2019)

5.10.2. Descripción de los dispositivos de potencia

Los dispositivos de potencia necesarios para la prensa hidráulica se mencionan a continuación:

a) Motor.

Considerando los cálculos realizados para obtener la potencia necesaria del motor, se concluye la utilización de un motor trifásico de 8 HP 60Hz, existente en la empresa figura 56, con su respectivo diagrama de potencia **Anexo 12**.



Figura 56. Motor Trifásico 7HP

5.11. Implementación del sistema mecánico

La implementación del sistema mecánico, inicia con la fabricación de todos los componentes que forman parte de la máquina, teniendo en cuenta la selección de materiales, para la construcción de cada elemento. Posteriormente se detalla el proceso de montaje y ensamblaje de todo el sistema, señalando los métodos de sujeción seleccionados para cada caso.

5.11.1. Mecanismos soporte dispositivos hidráulicos, soporte-guía final de carrera y soporte bomba hidráulica

a) Fabricación Guía lateral para soporte finales de carrera

La fabricación la guía lateral se desarrolló mediante una platina de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor. Esta guía es la encargada de permitir el correcto desplazamiento de los soportes de los finales de carrera; garantizando el correcto funcionamiento de los mismos figura 57.



Figura 57. Guía soporte finales de carrera

b) Fabricación soporte de finales de carrera

Los soportes se construyeron de una plancha de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor. Estos soportes son encargados de fijar los finales de carrera.

c) Fabricación soporte dispositivos hidráulicos

La fabricación del soporte se construyó de una plancha de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor. En el mismo se colocarán los dispositivos hidráulicos; el soporte permitirá un fácil acceso para un futuro mantenimiento de esta figura 58.



Figura 58. Base soporte en acero

d) Fabricación soporte bomba hidráulica

La fabricación del soporte se construyó de una plancha de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor. En el mismo se colocará la bomba hidráulica acoplada al motor; el soporte permite un fácil acceso para un futuro mantenimiento de estos o en su defecto sustitución.

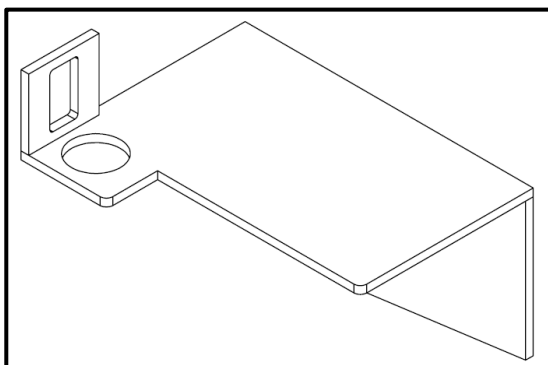


Figura 59. Modelado del soporte para la bomba hidráulica

5.11.2. Montaje soporte dispositivos hidráulicos, soporte- guía finales de carrera y soporte bomba hidráulica.

Se aplica el método de sujeción mediante sujetadores roscados, utilizando tornillos Allen de cabeza cilíndrica M5 x 20.

A continuación, en la figura 60 se muestra el modelamiento del montaje soporte de dispositivos hidráulicos conjuntamente con el soporte-guía finales de carrera.

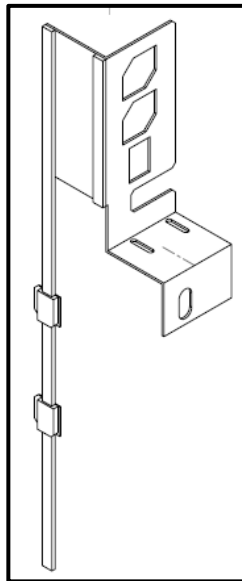


Figura 60. Modelamiento del montaje partes mecánicas

Se muestra el montaje del soporte de dispositivos hidráulicos y el guía-soporte de los finales de carrera en la figura 61 y 62 respectivamente.



Figura 61. Soporte Dispositivos hidráulicos

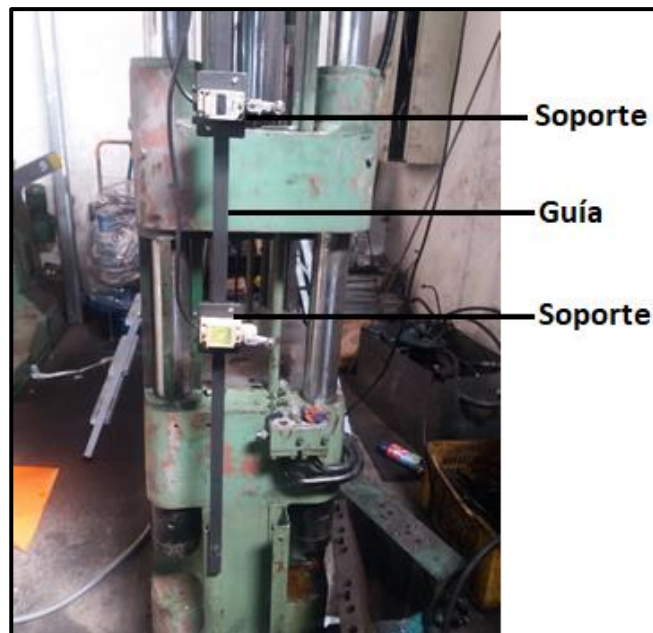


Figura 62. Guía-soporte Finales de Carrera

Montaje del soporte de la bomba hidráulica figura 63.



Figura 63. Soporte de la bomba hidráulica

5.11.3. Mecanismo soporte tablero de control.

a) Fabricación Soporte Tablero de control.

La fabricación del soporte del tablero de control se desarrolló mediante un ángulo estructural de acero ASTM A36 de 6 mm de espesor. Este soporte es el encargado de sujetar el tablero de control en donde están los dispositivos eléctricos y electrónicos; garantizando el correcto funcionamiento de los mismos figura 64.



Figura 64. Soporte Tablero de control

5.11.4. Montaje del soporte y tablero de control

Se aplica el método de sujeción mediante sujetadores roscados, utilizando tornillos Allen de cabeza cilíndrica M5 x 20.

A continuación, se muestra el montaje en la figura 65.

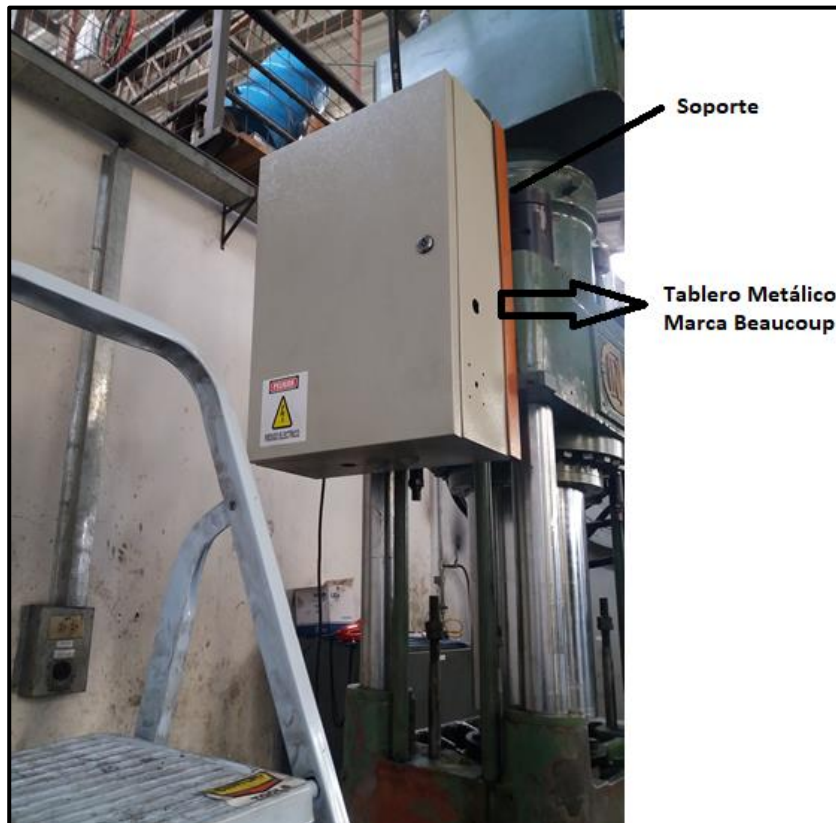


Figura 65. Montaje del soporte y tablero de control

5.12. Implementación del sistema hidráulico

Para la implementación del sistema hidráulico, se toma en cuenta todas las características técnicas de cada uno de los dispositivos empleados, así como también de la presión de trabajo

5.12.1. Montaje y ensamblaje de dispositivos hidráulicos

a) Montaje válvulas direccionales

Para el montaje de las válvulas de control direccional se aplica el método de sujeción mediante sujetadores roscados como pernos y tuercas, así también dependiendo la función de cada sistema se utiliza arandelas planas y de presión. Lo que facilita el ensamblaje y desmontaje de ambos sistemas. Se optó por la utilización de tuercas y pernos de cabeza hexagonal, clase 10.9 tornillo M6X40 rosca métrica negro aleación de acero.

En la figura 66 se muestra el montaje de las válvulas de control direccional.



Figura 66. Montaje Electroválvulas direccionales

b) Montaje manómetros y presóstato

Para el montaje de estos dispositivos se utilizó conectores hidráulicos desmontables diseñados para estar sometidos a una alta presión de trabajo.



Figura 67. Conectores Hidráulicos

En la figura 68 se observa el montaje del manómetro, mismo que indica la presión de trabajo durante el proceso de prensado.



Figura 68. Montaje Manómetro

c) Conexión circuito hidráulico.

Para la conexión entre los dispositivos hidráulicos se usó manguera Flexible SAE 100R2 AT con terminación JIC hembra, la misma que soportará la presión de trabajo que es de 135 bar. La longitud de conexión entre cada dispositivo varía como se puede observar en la figura 69.



Figura 69. Conexión circuito hidráulico.

5.13. Implementación del sistema eléctrico

Para la implementación del sistema eléctrico, se considera las características técnicas de cada uno de los dispositivos empleados, seleccionando las protecciones y cableado adecuados, con el fin de evitar fallas eléctricas futuras.

5.13.1. Tablero de control.

La distribución del tablero de control se efectuó mediante especificaciones técnicas de los dispositivos, con el fin de evitar fallas eléctricas como se presenta en la figura 70. De igual manera, para la selección de los conductores eléctricos, se analizó el calibre dependiendo del voltaje y amperaje con el que va a trabajar cada elemento.

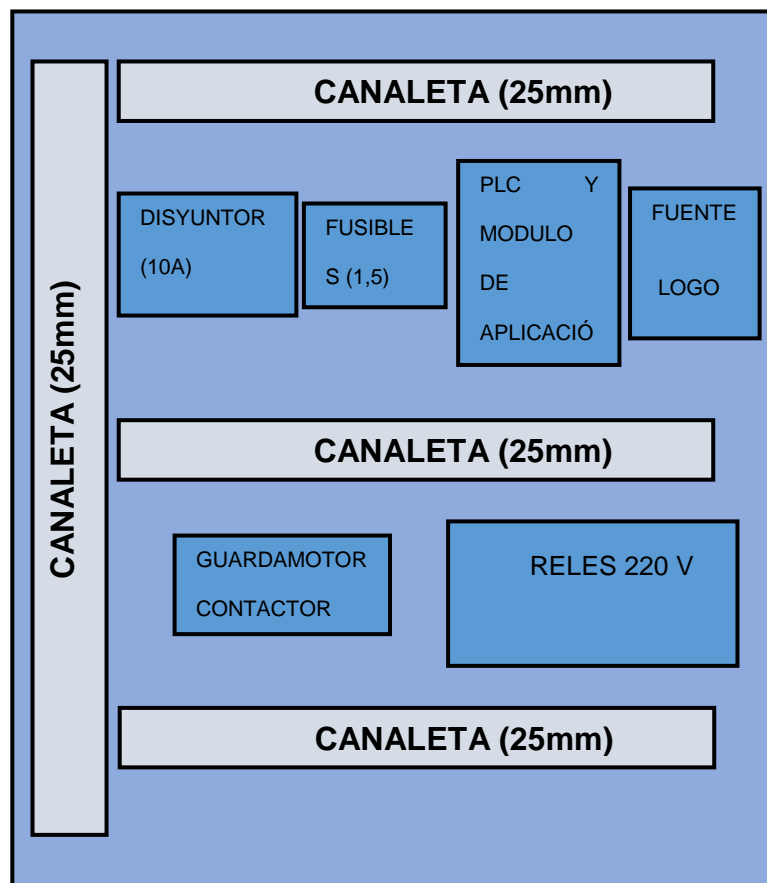


Figura 70. Distribución Tablero Eléctrico

Se seleccionó un conductor eléctrico AGW 14 para la etapa de potencia, teniendo en cuenta que se va a trabajar con una alimentación trifásica de 220V. De igual manera para la etapa de control, se seleccionó un conductor eléctrico AGW 16, tanto para entradas y salidas analógicas y digitales del PLC. Por último, se seleccionó una canaleta de 25 mm para el paso de los diferentes conductores eléctricos y un riel tipo DIN para la distribución y montaje de los dispositivos eléctricos y electrónicos

A continuación, se muestra el ensamblaje del tablero de control en la figura 71:

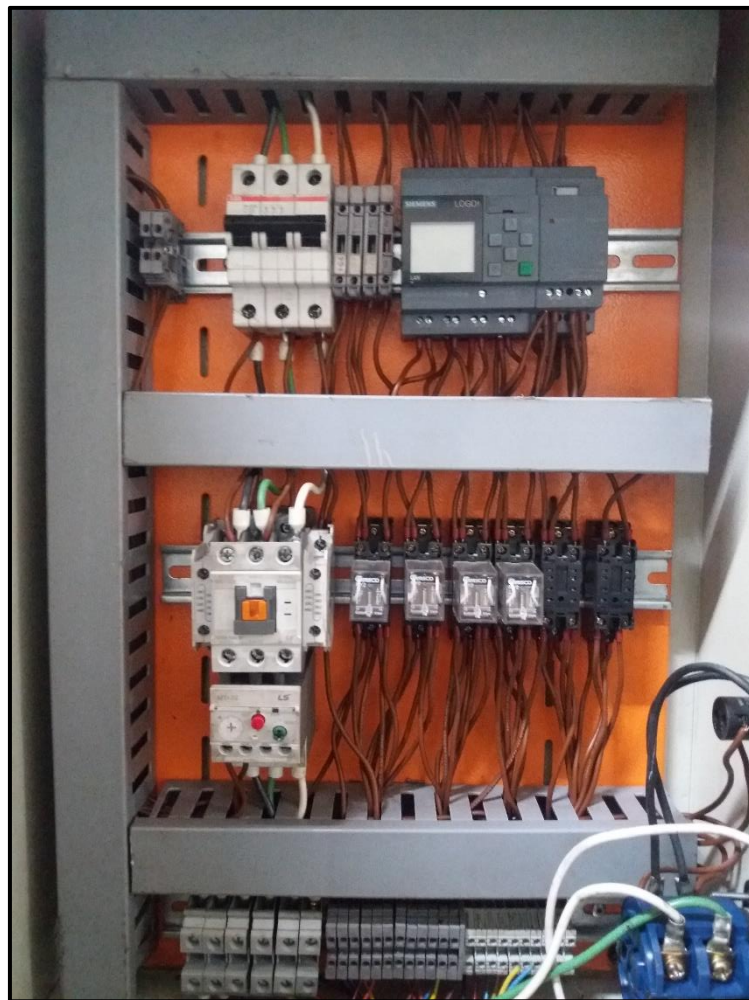


Figura 71. Ensamblaje del tablero de control

5.14. Implementación del algoritmo de control

Para todo sistema automatizado se implementa un algoritmo de control, encargado del control de un proceso, el mismo que debe presentar como característica principal el fácil manejo y entendimiento para el operador. Al disponer de dispositivos de la marca SIEMENS se opta por el manejo del software TIA Portal y el software Logo Soft, son específicos de dicha marca; para la programación del control y HMI del proceso.

A continuación, se detalla la programación de los componentes que intervienen en el software del sistema automatizado de prensado.

5.14.1. Bloques de programación PLC

Para la programación del PLC se analizó el funcionamiento de la máquina, llegando a la conclusión e implementación de dos formas de manejo de control, manual y automático.

En el modo manual, el operario puede controlar el ingreso del material al sistema de prensado, calibrando manualmente la distancia entre la mesa fija y la mesa móvil, dependiendo de la matriz a ser usada. Una vez colocada y fijada la matriz se ingresa la materia prima dentro del sistema, se procede con el encendido y accionamiento de la prensa. De igual manera, se puede controlar manualmente el retiro del material del sistema.

Para el modo automático, el operario debe ingresar el número de piezas a prensar, sin estos datos la máquina no será capaz de dar inicio al proceso. Una vez realizados los pasos requeridos, el operario se encarga de dar inicio al funcionamiento de la máquina. Por motivos de seguridad, se cuenta con 3 paros de emergencia; uno sujeto a

la estructura de la prensa, otro en el control de mando y en el HMI, finales de carrera los mismos que detienen en su totalidad el funcionamiento de la máquina tras un posible atasco **Anexo 13**.

5.14.2. Diseño HMI

Es importante realizar un interfaz simple y centrado en el operador. Para el diseño del HMI es necesaria la configuración del Touch Panel KTP400 Basic, con un protocolo de comunicación Ethernet con el PLC, garantizando así el intercambio de datos y el estado de las variables manejadas en el bloque de programación. Se indica la configuración en la figura 72.

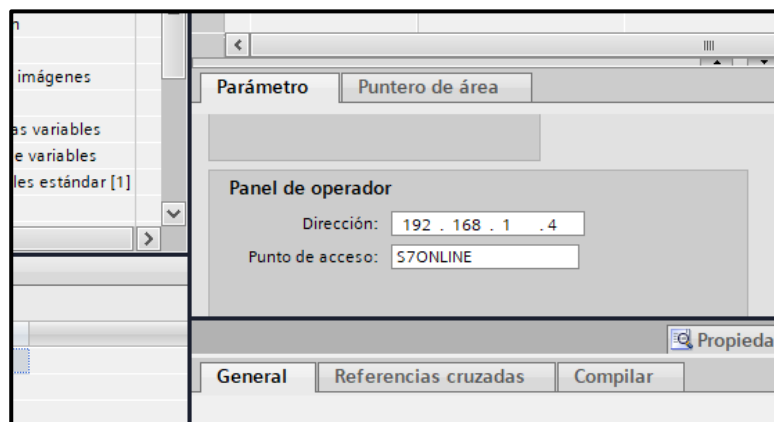


Figura 72. Configuración Touch Panel

Una vez terminada la configuración del Touch Panel, se procede con el diseño del HMI, el software Tía portal posee varias herramientas que facilitan la implementación, facilitando la operación de la máquina.

Se diseñan 2 imágenes, la principal corresponde a los modos de manejo del interfaz hombre máquina y la última ópera accionado por el operario. Mediante los botones,

visor, avisos y más herramientas se procede con la configuración del HMI. En las figuras 73 y 74 se observa el diseño.



Figura 73. Diseño imagen principal

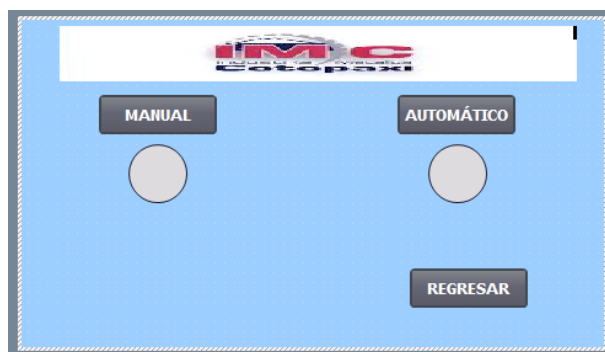


Figura 74. Diseño selección de modo de operación.

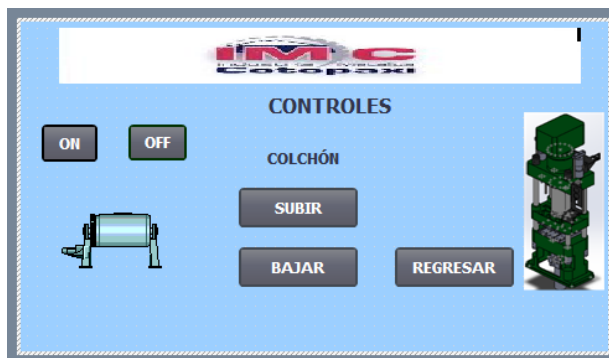


Figura 75. Diseño mando de controles de operación



Figura 76. Diseño control de conteo de prefabricados

5.13. Análisis computacional estudio FEA mediante Ansys Workbench.

Para el análisis de elementos finitos del estudio utilizaremos el paquete Ansys. La interfaz de Ansys Workbench figura 77 está organizada en dos áreas principales la caja de herramientas y el esquema de proyectos.

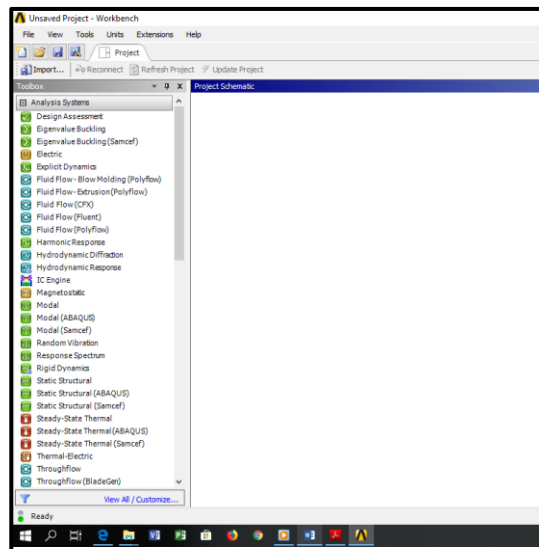


Figura 77. Ansys Workbench

La caja de herramientas figura 78 contiene las plantillas de sistemas que podemos utilizar para construir un proyecto.

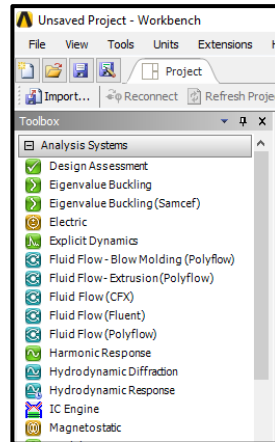


Figura 78. Caja de herramientas Ansys Workbench

El esquema de proyectos figura 79, es el área de la interfaz donde se va a controlar y editar el proyecto que se está creando.

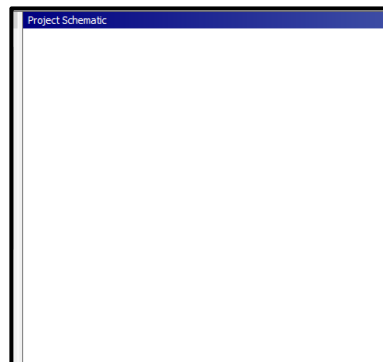


Figura 79. Esquema de proyectos Ansys Workbench

Para el estudio se va utilizar el sistema estático estructural figura 80, el cual contiene bloques de sistema de análisis, estos bloques contienen componentes que son llamados células y están enumerados, necesarios para completar este análisis. En la parte derecha de cada una de las células aparece un indicador de si está correctamente configurado o un signo de interrogación sino hemos introducido ningún tipo de dato.

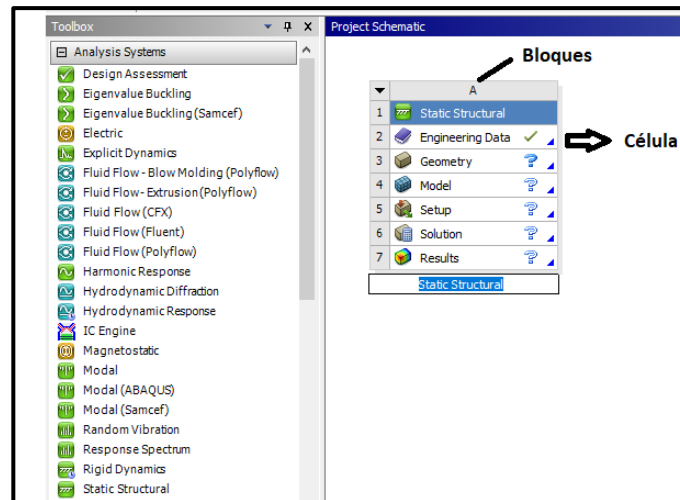


Figura 80. Análisis estático estructural

Para el primer caso de estudio vamos seleccionamos el análisis estático estructural dando doble clic, a este caso llevara por nombre estático base superior figura 81.

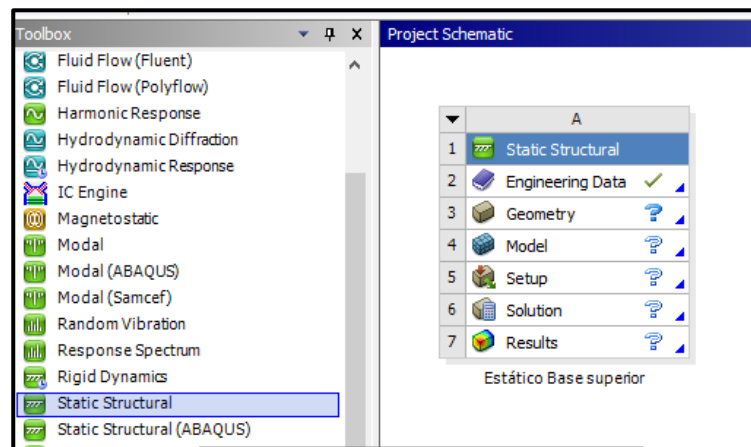


Figura 81. Análisis Estático base superior

La célula engineering data se carga por defecto. Se configura la célula geometría ya sea importando un archivo con extensión Cad mismo que es compatible con Ansys Workbench o creando la geometría desde cero; para el estudio se ha realizado el modelado en el software SolidWorks el mismo que tiene una extensión de archivo

compatible. Se importa el archivo dando clic derecho en la célula geometría y seleccionando importar. El indicador se activará si la geometría fue importada correctamente figura 82.

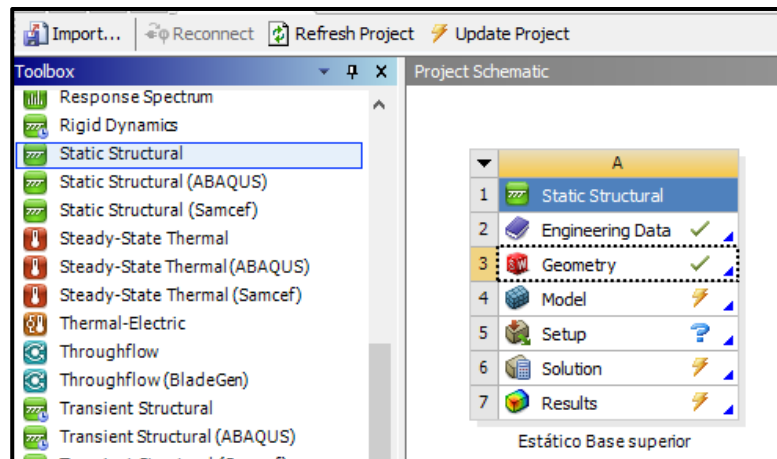


Figura 82. Indicador de geometría activo

5.13.1. Base matriz

Configurada la geometría, se realiza la simulación del modelo para ello se va a la célula model, se accede dando doble clic, en esta se iniciará el modo mechanical; en primer lugar debe cargarse la geometría que se ha editado previamente figura 83 , con este módulo cargado se puede identificar varias partes básicas de nuestra interfaz; aquí existe un árbol esquemático el cual indica por orden todos los modelos que se está editando, se puede tener más de un modelo en cada edición dependiendo el estudio. En el modelo en segundo lugar en forma ordenada indica la geometría que son los datos de entrada, los mallados y los tipos de análisis.

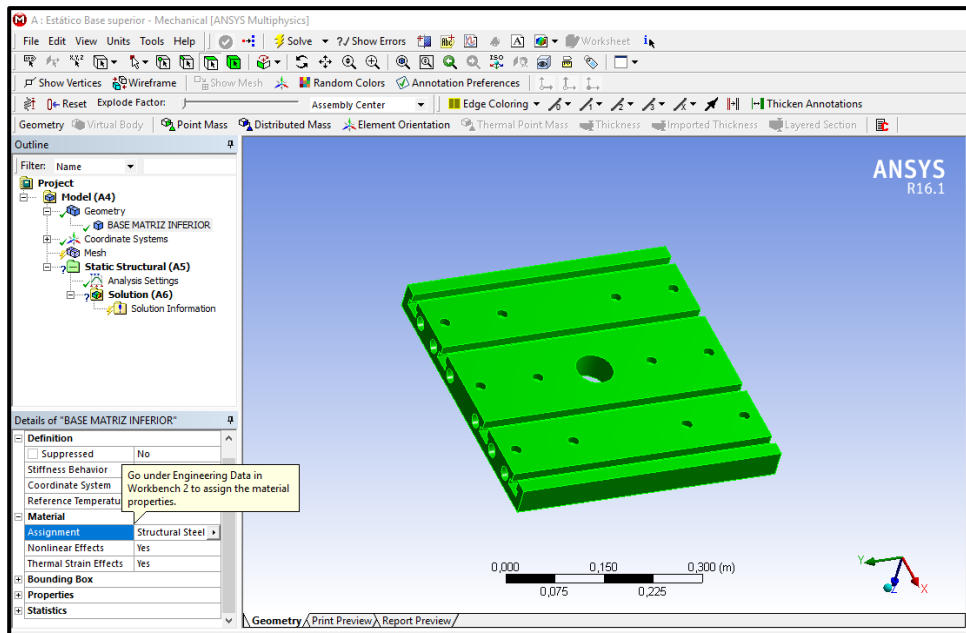


Figura 83. Modo Mechanical Geometría cargada

Para el análisis fijamos la base de la pieza, para ello la rotamos, seleccionamos la cara que va a estar fija mediante la herramienta face, luego accedemos al árbol esquemático static structural y fijamos la pieza figura 84.

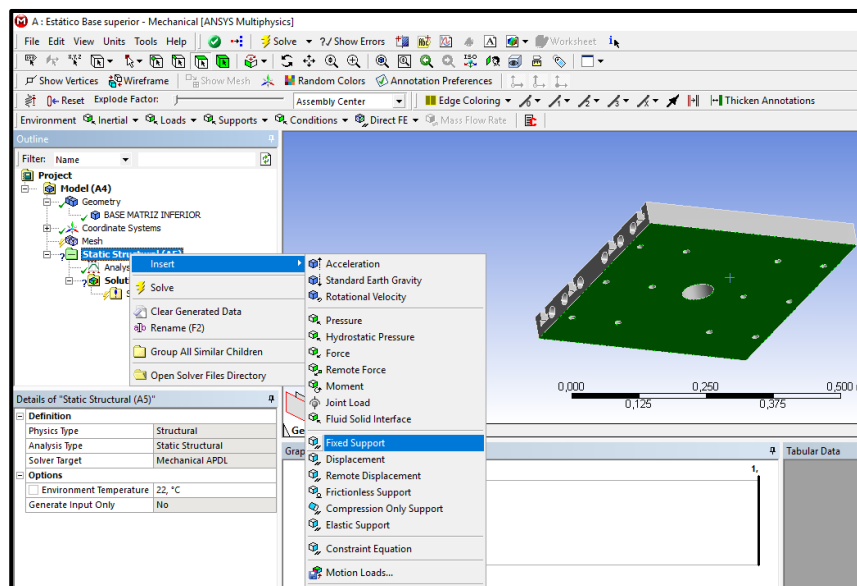


Figura 84. Fijación de pieza para el análisis

Para el análisis computacional se ha determinado aplicar una fuerza de 981 KN como se calculó en el literal 5.7.2 en la pieza como se indica en la figura 85; accediendo a static structural e insertando el parámetro de fuerza seleccionando la dirección a la cual va a ser aplicada.

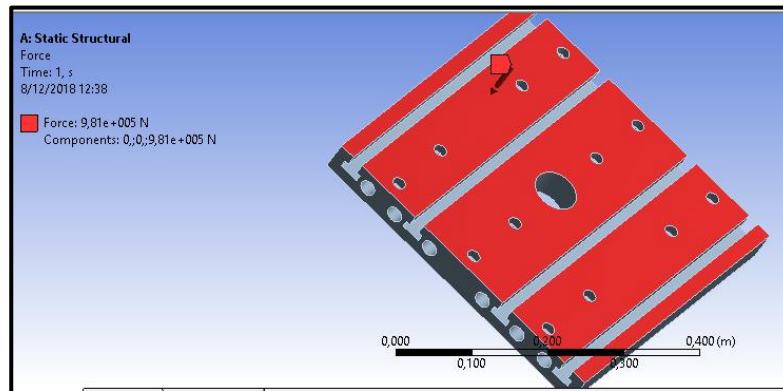


Figura 85. Aplicación de fuerza y su dirección, condiciones de borde.

En la figura 86 se observa un factor de seguridad mínimo calculado de 10,683; según el literal 5.8 se determina que se debe trabajar con un factor de seguridad mayor a 4, encontrándose el valor calculado en un rango óptimo de trabajo para el respectivo estudio.

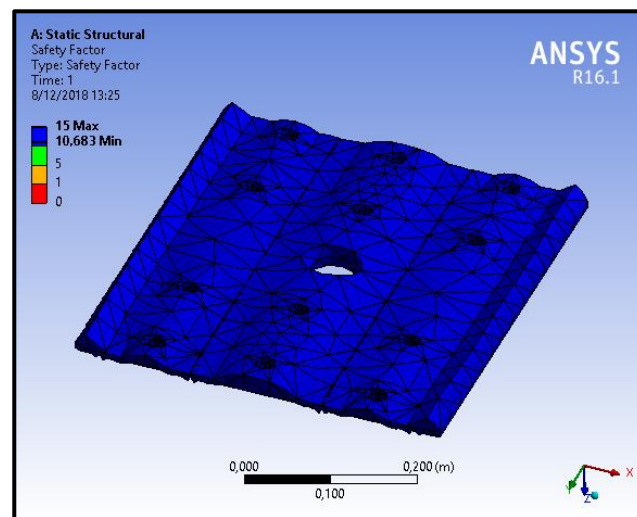


Figura 86. Factor de seguridad base matriz

Una vez finalizado el análisis de este elemento, se procede de la misma forma con el resto de elementos que constituyen la prensa hidráulica.

5.13.2. Cilindro Principal

Para el análisis computacional del cilindro principal se requiere agregar el material empleado a la biblioteca de materiales accediendo a la célula datos de ingeniería y creando una librería propia la misma que va a servir como base de datos de los nuevos materiales agregados figura 87, el asignado para el elemento en el estudio es el acero F1140.

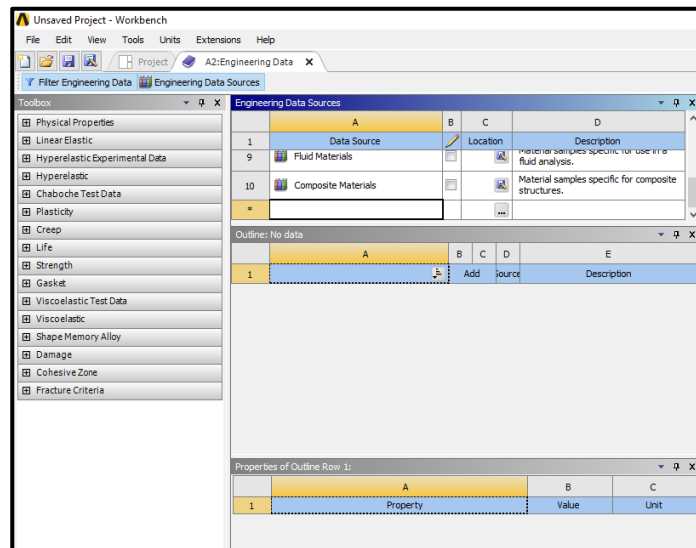


Figura 87. Creación de una nueva librería en la célula datos de ingeniería

Una vez creada la librería, se importa el elemento a analizar a través de la célula geometría, en la célula modelo se especifica una parte fija del elemento para el análisis, así como también se agrega el material, la fuerza y la dirección a la que va a estar sometida para obtener como resultado en este caso el factor de seguridad y el esfuerzo máximo de Von mises.

En la figura 88 se puede observar el esfuerzo máximo de Von Mises 33.189 MPa, obtenido de la simulación, este es mayor al calculado analíticamente que es de 12.79 MPa.

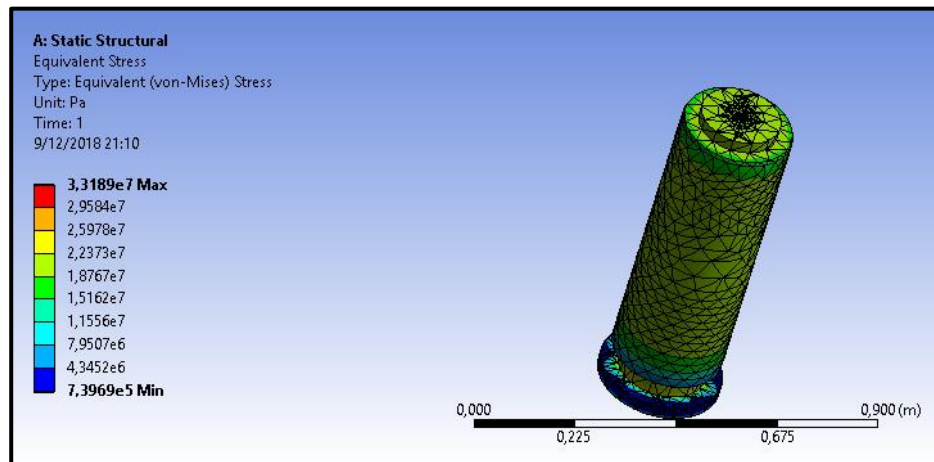


Figura 88. Esfuerzo máximo de Von Mises

En la figura 89 se aprecia el factor de seguridad mínimo calculado que es de 7,53, el mismo que se encuentra en el rango establecido para el diseño, este sería aceptable ya que el calculado analíticamente es de 11.50 para el estudio.

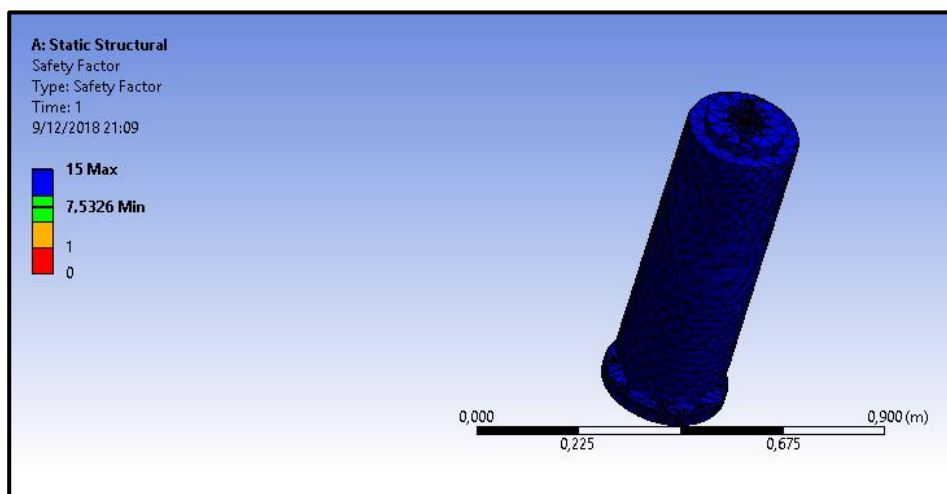


Figura 89. Factor de seguridad para el cilindro en acero F1140

5.13.3. Guía Secundaria.

En la figura 90 se puede observar la tensión máxima de Von Mises de 18,05 MPa después de la guía haber sido sometida a una fuerza de 61,31 KN. Este valor se acerca al calculado analíticamente de 8.027MPa.

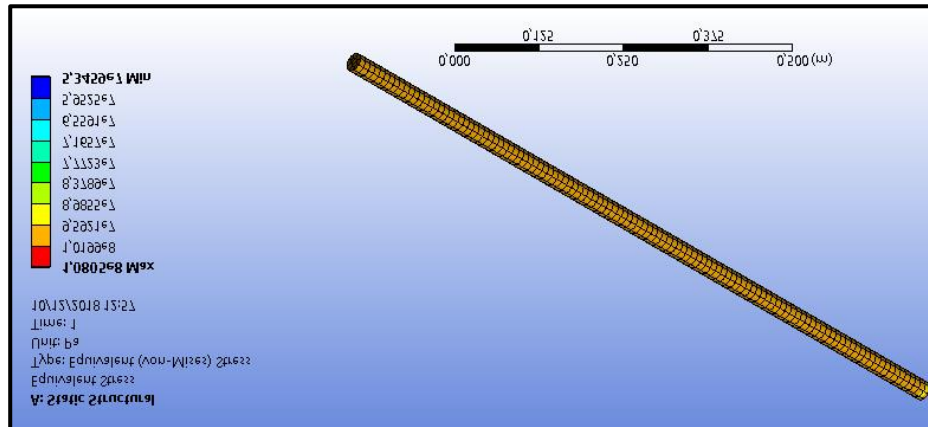


Figura 90. Tensión de Von Mises guía secundaria

Después del análisis computacional el factor de seguridad calculado es de 4,6765 mismo que se encuentra en el rango establecido para el diseño, este sería aceptable ya que el calculado analíticamente es de 19.60 para el estudio figura 91.

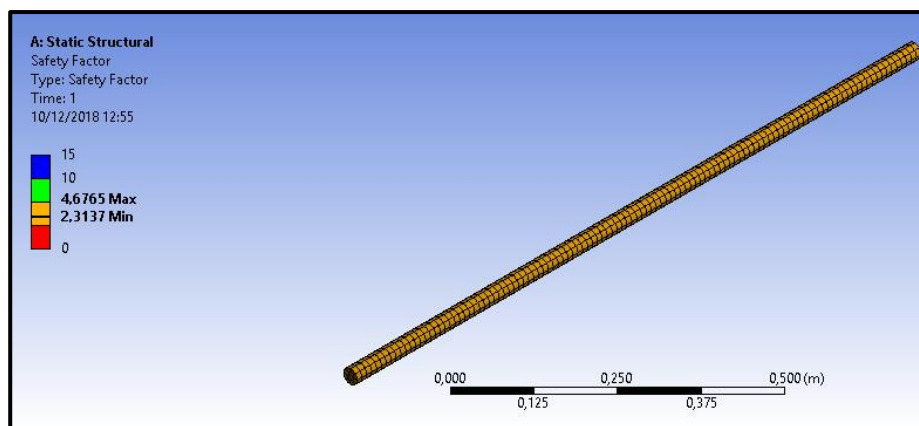


Figura 91. Factor de seguridad guía secundaria.

5.13.4. Pistón Botador

En la figura 92 se observa que se obtuvo mediante el análisis computacional una tensión de 22,429 MPa, este es mayor al calculado analíticamente 11.58MPa. Comparando el resultado con las propiedades mecánicas del material empleado acero AISI 4340, se asegura que no va existir roturas en el elemento.

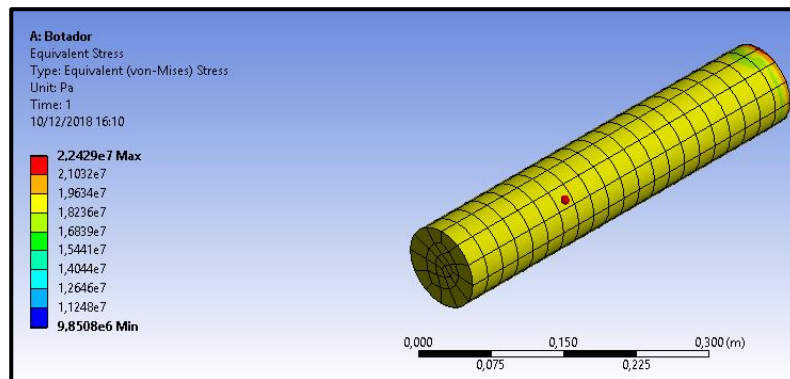


Figura 92. Máxima Tensión

El factor de seguridad que se presenta es de 11,10 mismo que se encuentra en el rango establecido para el diseño, este sería aceptable ya que el calculado analíticamente es de 19.58; por lo tanto, se asegura un correcto funcionamiento sin presentar fallas o en su defecto rupturas, como se presenta en la figura 93.

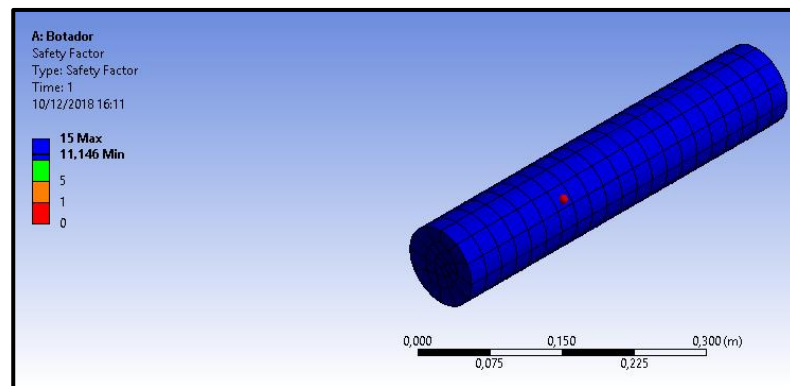


Figura 93. Factor de seguridad botador

5.14. Pruebas y resultados

Terminada la implementación y automatización de la prensa hidráulica, se procede a comprobar el funcionamiento del sistema eléctrico, electrónico, hidráulico y mecánico.

5.14.1. Pruebas eléctricas y electrónicas.

En este literal en primer lugar se comprueba la señal de alimentación, se ejecutó las mediciones respectivas al circuito de potencia de la máquina. Obteniendo como resultado satisfactorio el nivel de voltaje de 220 voltios.

Se comprueba el correcto funcionamiento de la fuente de alimentación Logo Power, verificando que el voltaje de salida y la corriente es de 24V y 2,5 A respectivamente para alimentar el circuito de control y el HMI.

Se verifico que las conexiones tanto del circuito de control y el de potencia son las correctas. También se verifico que la señal de cada sensor llegue al PLC y que exista comunicación con el HMI, como se puede observar en la figura 94 y 95.



Figura 94. Verificación se señales en el logo



Figura 95. Verificación del HMI

5.14.2. Pruebas de funcionamiento.

Para ejecutar la prueba de funcionamiento, se determinó los tiempos de operación mediante una prueba en vacío como se muestra en la figura 96. Estos tiempos corresponden al ciclo completo para el prensado, bajada de mesa móvil, prensado y elevación, con los siguientes resultados tabla 21.



Figura 96. Prueba en vacío del funcionamiento de la prensa.

Tabla 21
Tiempos de operación en vacío

Variable	Tiempo[s]
Bajada	1.5
Prensado	2
Elevación	3

Con los tiempos de operación ya fijados, se procede a una prueba con carga la misma que se realizara con una matriz establecida para una chapa de 15cmx34cm con un espesor de 3mm que constituyen un contenedor figura 97.

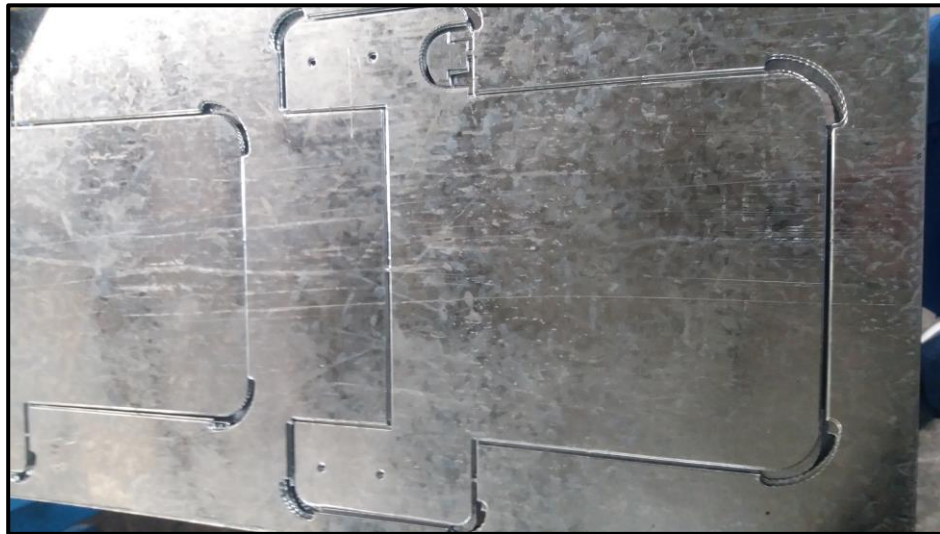


Figura 97. Elemento a ser prensado

En la figura 98 se puede observar el elemento ya sometido al proceso de prensado.



Figura 98. Elemento ya finalizado.

5.15. Validación de la hipótesis.

5.15.1. Hipótesis del proyecto

La hipótesis del estudio es la siguiente:

Con el desarrollo del rediseño y la automatización de la prensa hidráulica se podrá reducir tiempos de producción en la fabricación de elementos de contenedores.

Variable independiente: Rediseñar y automatizar la Prensa Hidráulica.

Variable dependiente: reducción de tiempos de producción en la fabricación de elementos de contenedores.

a) Modalidad de la encuesta

Es de ámbito personal, consiste en realizar una tabla en la cual se mostrará los tiempos de operación de las diversas máquinas que realizan el proceso de prensado.

b) Selección del área o ámbito de estudio.

- Espacio: Maquinas existentes en la empresa I.M.C.
- Tiempo: Lapso de un mes

c) Población

El universo de esta investigación está conformado por 3 industrias metalmeccánicas existentes en el sector de San Buenaventura que conforman un total de 25 prensas en total.

Tabla 22

Universo de la investigación

No.	Industria	Referencia	# Prensas existentes
1	Induce	Vía Aláquez Joseguango junto a la Escuela Manuel J. Calle.	8
2	Industria Metálica Cotopaxi I.M.C.	Avenida Miguel Iturralde, sector Bellavista	13
3	Colaisa Estructuras y Forjados	Vía Aláquez, sector Colaisa	4
Total			25

d) Diseño muestral

La muestra de esta investigación está conformada por 3 prensas hidráulicas existentes en la empresa Industria Metálica Cotopaxi que realizan la fabricación de elementos de contenedores.

Tabla 23

Maquinas Hidráulicas existentes

No.	Nombre	Referencia
1	PR-PH6	De 200 toneladas
2	PR-PH3	De 150 toneladas
3	PR-PH13 (Prensa INMES)	De 100 toneladas

e) Tablas y gráficos de la encuesta.

Una vez realizada la recolección de datos, se procede a tabular la información.

Tabla 24

Tiempos de operación primer ciclo prensas hidráulicas

Variable	PR-PH6	PR- PH3	PR-PH13 (Prensa INMES)
Tiempo de bajada [segundos]	4	3	1.5
Tiempo de prensado [segundos]	2	2	2
Tiempo de subida [segundos]	5	4	3
Tiempo de ingreso y retiro del	14	12	10

Continua



material [segundos]			
Tiempo total de manufactura	25	21	16.5
[segundos]			

En la tabla 24 existen 2 tiempos en concreto que son más factibles para el proceso de prensado 21 segundos y 16.5 segundos; el menor tiempo corresponde al proyecto de estudio.

La tabla 25 muestra una comparación entre la prensa PR-PH3 y la prensa de estudio PR-PH13, basada en el tiempo de producción total, para obtener el número de elementos prefabricados en una jornada diaria por el obrero.

Tabla 25
Número de elementos Prefabricados

Variable	PR-PH3	PR-PH13
Tiempo total de manufactura [s]	21	16.5
Tiempo Jornada diaria [s]	28800	28800
# elementos prefabricados	1371	1745

Se puede verificar que el número total de elementos prefabricados por la prensa PR-PH3 es de 1371 y el de la prensa PR-PH13 es de 1745; obteniendo una mayor productividad con el estudio.

5.16. Análisis Económico

a) Productividad.

Productividad es la capacidad que se tiene para brindar más (más resultados, más ganancias, más dinero, más ventajas, etc.) sin la necesidad de ampliar los capitales implicados. (Ingenioempresa, 2017)

$$Productividad = \frac{Tiempo Real}{Tiempo Disponible} \times \frac{Unidades Producidas}{Unidades Planificadas} \quad (27)$$

Donde:

Tiempo real [Horas]= Tiempo de manufactura unidades planificadas

Tiempo Disponible [Horas]= Tiempo Jornada Diaria= 8 horas

Unidades producidas (PR-PH13)= 1745

Unidades planificadas (PR-PH3)=1371

$$Productividad = \frac{6.28 \text{ horas}}{8 \text{ horas}} \times \frac{1745}{1371}$$

$$Productividad estudio (\%) = 99\%$$

b) Ganancia bruta.

Es la diferencia a favor que espera obtener una empresa. Se obtiene al restar los costos totales de los ingresos totales calculados en un cierto período. Este tiempo, denominado “periodo contable”, es anual en la mayoría de las empresas, aunque también puede ser semestral o incluso trimestral. (Destino Negocio, 2019).

Calcula la diferencia entre los ingresos totales de una entidad, o venta de sus productos y servicios, y los precios de la producción y venta de esos productos y servicios, denominado también como costo de bienes o costo de ventas. (Destino Negocio, 2019)

$$\mathbf{Ganancia\ Bruta = Ingresos\ totales - Costos\ de\ la\ producción} \quad (28)$$

Cada elemento vendido tiene un valor de \$7.25, así mismo como su costo de producción neto es de \$6.25, reemplazamos estos valores en la ecuación 28, se obtiene:

$$\mathbf{Ganancia\ Bruta[\$] = (7.25 \times 1745) - (6.25 \times 1745)}$$

$$\mathbf{Ganancia\ Bruta[\$] = 1745\ dólares}$$

c) Margen de ganancia bruta

$$\mathbf{Porcentaje\ del\ margen\ de\ ganancia\ bruta\ [\%] = \frac{Ganancia\ bruta}{Costos\ de\ producción} \times 100} \quad (29)$$

$$\mathbf{Porcentaje\ del\ margen\ de\ ganancia\ bruta\ [\%] = \frac{1745[\$]}{(6.25 \times 1745)[\$]} \times 100}$$

$$\mathbf{Porcentaje\ del\ margen\ de\ ganancia\ bruta\ [\%] = 16\%}$$

COMPROBACIÓN HIPÓTESIS

Con el desarrollo del rediseño y la automatización de la prensa hidráulica marca INMES esta máquina se encuentra en funcionamiento con un panel de control amigable y entendible para el operador; se redujeron los tiempos de producción en la fabricación de elementos de contenedores, la productividad es un factor determinante para la sobrevivencia de las empresas tradicionales se obtuvo un porcentaje de productividad del 99 % y un porcentaje de margen de ganancia bruta de 16%.

CONCLUSIONES

- Con el uso de paquetes computacionales CAE se pudo determinar que los elementos principales de la prensa hidráulica se encontraban en buenas condiciones.
- Mediante la casa de la calidad se identificó los principales requerimientos del cliente para una posterior determinación de las especificaciones y la readecuación del sistema hidráulico.
- Utilizando el software SolidWord 2018, se desarrolló y simuló un modelo 2D y 3D mecánico previo a la reconstrucción, se logró la simulación y programación de los sistemas eléctrico, electrónico e hidráulico, por medio de los softwares: LOGO SOFT CONFORT V8.2, FESTO HIDRAULIC y TIA PORTAL V13 certificando así que la prensa cumple en forma segura con los requerimientos necesarios para realizar este tipo de trabajo.
- Con el rediseño, automatización, construcción e implementación de la prensa hidráulica se logró reducir tiempos de producción de manera satisfactoria cumpliendo con sus necesidades.
- La calidad de malla no siempre será mejor si se la refina más, es importante que las medidas de expansión de mallado, ortogonalidad y simetría se encuentren en los rangos adecuados, ya que si no se cumplen se tendrá resultados erróneos o a su vez la simulación no finalizara y mostrará errores.
- Se dotó a la empresa I.M.C. planos guías de los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos, ya sea para poner en funcionamiento la prensa que estaba fuera de servicio durante algún tiempo como para futuras aplicaciones.

RECOMENDACIONES

- El cálculo detallado del diseño mecánico y el uso de herramientas CAE, para optimizar el diseño y garantizar la funcionalidad de la prensa hidráulica.
- Realizar un mantenimiento periódico de la prensa, exclusivamente del tanque que alberga el aceite hidráulico, debido a que el aceite por estar expuesto a un uso frecuente se desgasta generando residuos, por lo que perjudica al sistema esforzando el motor.
- Para mejoras en la precisión del prensado se debe considerar las normas de seguridad y procesos de calidad de manufactura, así como también la implementación de un encoder, garantizando una mejor señal en el conteo.
- Se debe tomar muy en cuenta los ajustes y tolerancias especificados en los planos, al momento de la construcción para obtener los resultados esperados de cada una de las piezas.
- Utilizar un software de diseño para modelar el sistema con dimensiones reales ayuda a obtener resultados de diferentes tipos de análisis lo más cercanos a lo real.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aplicaciones de PLC. (15 de Marzo de 2011). Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://aplicacionesdeplc.blogspot.com/2011/03/estructura-de-un-plc.html>

Apolinario, J. A. (2015). *Diseño de una prensa hidráulica de 100 toneladas para el conformado de calaminas de fibrocemento de 1,2 x 0,5 m.* Lima.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación.* Caracas- República Bolivariana de Venezuela: Episteme.

Automatización Industrial. (7 de Septiembre de 2010). *industrial-automática.* Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/valvulas-de-bloqueo.html>

Automatización Industrial. (8 de mayo de 2011). *industrial-automática.* Recuperado el 6 de 2019 de Enero, de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/05/elementos-de-un-circuito-hidraulico.html>

Automatización Industrial. (15 de junio de 2011). *industrial-automática.* Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/06/deposito-hidraulicos.html>

Barba , L. F., & Reyes Teran, O. (2011). *Cálculo y diseño de una prensa hidráulica tipo "C" con capacidad de 20 toneladas.* México.

Basantes Guamushig, E. D., & Palomo Guilcamaigua, A. G. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de corte de chapa metálica automático con HMI,*

mediante el análisis de los buses de datos industriales, para la producción en serie de la empresa Industria Metálica Cotopaxi. Latacunga.

Bolívar, L. H. (20 de Febrero de 2017). *slideshare*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/LuisHumbertoBolivarm/direccin-diferencial>

Bragado Alcaraz , R. (12 de Enero de 2018). *Tiloom*. Obtenido de <https://www.tiloom.com/curva-caracteristica-de-una-bomba/>

Briceño, G. (15 de Noviembre de 2018). *Euston*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <https://www.euston96.com/principio-de-pascal/>

Casco, I., & Culqui, F. (2010). *Reconstrucción y automatización del sistema mecánico, hidráulico y eléctrico de una prensa Sheridan para la empresa Induce del Ecuador. Latacunga.*

Castillo Salgado, F. (10 de Noviembre de 2015). *fernandoestapresentandoalafisica*. Obtenido de <http://fernandoestapresentandoalafisica.blogspot.com/2015/11/flujo-volumetrico-el-caudal-volumetrico.html>

CIFP COROSO. (17 de Enero de 2019). *CIFP COROSO*. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpcoroso/es/node/639>

Cortés Blasxo, D. (24 de Junio de 2014). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/DanielCortsBlasxo/principio-de-pascal-36096245>

Creus, A. (2007). *Neumatica e hidráulica*. México: Alfaomega Grupo Editor.

Cuvi, I., & Lara, O. (2011). *Diseño, reconstrucción y automatización del sistema mecánico, hidráulico y eléctrico de una prensa marca Hidrogarne de 300 toneladas para la empresa Induce del Ecuador*. Latacunga.

Destino Negocio. (1 de enero de 2019). *Destinonegocio*. Obtenido de <https://destinonegocio.com/pe/economia-pe/aprende-a-calculiar-el-margen-de-ganancia-de-tu-negocio/>

Díez de la Cortina León, A. (2008). *Manual de Oleohidráulica*. México: Alfaomega.

Direct Industry. (15 de Noviembre de 2018). Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/manometro-laboratorio-146639.html>

DirectIndustry. (8 de enero de 2017). *directindustry*. Recuperado el 5 de Mayo de 2018, de <http://www.directindustry.es/>

DISAI. (15 de Noviembre de 2018). Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://www.disai.net/producto/presostatos/>

Elmi V., F., & Gutiérrez D., G. J. (2016). Análisis del factor de longitud efectiva para. *Revista Estudiantil URU*, 1-11. Recuperado el 5 de Enero de 2019

FESTO. (7 de Abril de 2015). *slideshare*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <https://es.slideshare.net/ronaldxz/electroneumatica-46751984>

Garzón Zenteno, Y. (6 de Febrero de 2015). *yairgarzonzenteno*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://yairgarzonzenteno.blogspot.com/2015/02/tanque-hidraulico.html>

Grupo Ibermaq. (15 de 11 de 2018). *Ibermaq*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://www.ibermaq.es/producto/componentes-una-red-neumatica/>

Hidraoil. (15 de Noviembre de 2018). *Hidraoil*. Recuperado el 19 de Enero de 2019, de <http://www.hidraoil.es/bombas-hidraulicas/>

Hydroca. (7 de Abril de 2017). *Hidropanama*. Recuperado el 7 de Enero de 2019, de http://hidrocapanama.com/index.php?route=product/category&path=59_163

HNL. (15 de Noviembre de 2018). *HNL*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://www.hnl.com.mx/cilindros-hidraacuteulicos1.html>

Industry S. , Simatic HMI. (2012). *Simatic HMI*.

Ingenioempresa. (27 de Mayo de 2017). *Ingenioempresa*. Obtenido de Ingenioempresa: <https://ingenioempresa.com/productividad/>

Interempresas. (21 de 03 de 2017). Recuperado el 7 de Julio de 2018, de <http://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/10544-La-larga-historia-del-prensado-de-metales.html>

Lubrigras S.A. (2018). *Lubrigras*. Recuperado el 7 de Ebero de 2019, de <http://www.lubrigras.net/catalogo/aceites/aceites-para-motores-gasolina-de-2-y-4-tiempos/>

MAC. (2 de JULIO de 2017). *machinerychina*. Recuperado el 14 de JULIO de 2018, de machinerychina: <http://machinerychina.es/14h-single-action-press.html>

Martínez Valdés, Y., & Riaño Valle, F. (26 de Octubre de 2017). *scielo*. Recuperado el 7 de Enero de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100009

Melgarejo De Gante, J. (26 de Octubre de 2014). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/jmelgarejodegante/automatizacin-industrial-40745782>

Morales, M. (15 de Noviembre de 2018). *Neumática Industrial para todos*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <https://sites.google.com/site/neumaticaparatodos/actuadores-neumaticos/cilindros-neumaticos>

Moreno. (23 de Mayo de 2017). Obtenido de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson Educación.

Oleosisa. (7 de Enero de 2018). *oleosisa*. Recuperado el 7 de Enero de 2019, de <http://www.oleosisa.com.mx/mx/bombas-de-paletas/350-bomba-de-paletas.html>

Olmo, M., & Nave, R. (17 de Enero de 2019). *hyperphysics*. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pasc.html>

Perez, J. M. (2013). *Autómatas y Control*.

Plaza Gálvez, L. F. (2017). Modelo Matemático para Vaciado de Tanques. *Scientia et Technica* , 89-94.

QuimiNet. (3 de Abril de 2007). *quiminet*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <https://www.quiminet.com/articulos/las-valvulas-de-seguridad-20167.htm>

recursostic. (15 de Noviembre de 2018). Recuperado el 9 de Enero de 2019, de http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena9/4q9_sabermas_2c.htm

REHCOSA S.A. (15 de Noviembre de 2018). *rehcosa*. Recuperado el 9 de Enero de 2019, de <http://www.rehcosa.com/producto/r1/>

Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Barcelona: Edicions UPC.

Roldàn, J. (2001). *Prontuario de Hidráulica Industrial*. Madrid: Paraninfo. Recuperado el 9 de Enero de 2019

Sejzer , R. (14 de Octubre de 2016). *ctcalidad*. Obtenido de <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/la-matriz-de-pugh-para-la-toma-de.html>

Siemens. (Junio de 2014). *Automation24*. Recuperado el 6 de Enero de 2019, de https://media.automation24.com/manual/es/logo_system_manual_en-US_en-US.pdf

Siemens. (Junio de 2014). *Automation24*. Recuperado el 7 de Enero de 2019, de <https://www.automation24.es/panel-hmi-siemens-ktp400-basic-pn-6av2123-2db03-0ax0>

Siemens. (19 de Octubre de 2015). *nexinstrument*. Recuperado el 19 de Enero de 2019, de

<http://www.nexinstrument.com/assets/images/pdf/SIEMENSCHINA20102015/25.pdf>

Siemens. (11 de Septiembre de 2018). *w3.siemens*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2018, de <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/logo-text-display/pages/default.aspx>

Siemens. (1 de Enero de 2019). *IndustryMall*. Recuperado el 6 de Enero de 2019, de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6EP3332-6SB00-0AY0>

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Toapanta Pérez, Luis Fernando.

En la ciudad de Latacunga, a los veinticinco días del mes de enero del 2019.

Aprobado por:

Latacunga, 25 de enero del 2019

Ing. Wilson Sánchez

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Katya Torres

DIRECTORA DE CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca

SECRETARIO ACADÉMICO

