



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL
ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍAS
APLICADAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA
AUTOMÁTICA DE 10 TONELADAS**

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

AUTOR:

JUAN ESTEBAN CASTILLO REYES

DIRECTORA: ING. VERÓNICA GREFA, MSc.

D.M. Quito,

2018

DECLARACIÓN

Yo, Juan Esteban Castillo Reyes, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional, y que se ha investigado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo y su respectivo prototipo, a la Universidad Internacional del Ecuador, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

Juan Esteban Castillo Reyes
C.C 1726285271

CERTIFICACIÓN

El docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología Aplicadas Ingeniera Verónica Grefa Aguinda MSc.

CERTIFICA QUE:

El proyecto de investigación denominado “Diseño y construcción de una prensa hidráulica automática de 10 toneladas”, fue desarrollado por el Sr Juan Esteban Castillo Reyes, ha sido debidamente revisado y está en condiciones de ser entregado para que siga lo dispuesto por la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías Aplicadas, correspondiente a la sustentación y defensa del mismo.

Ing. Verónica Grefa Aguinda

C.C 1717621069

DIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por brindarme un día más de vida para culminar una etapa muy importante.

A mis padres Jaime Castillo y Paulina Reyes quienes siempre me han apoyado de manera única e incondicional para cumplir mis deseos y metas propuestas.

Agradezco a mi hermano Sebastian Castillo que siempre me brinda su apoyo fiel y confiable para seguir adelante en todos los momentos.

A mis tíos: Juan Carlos, Klever, Oscar, Diana, Mariana y Maribel por estar pendientes y ayudarme ante toda circunstancia. A mis abuelitos Juan, Mariana, Jaime y Margarita por sus buenos deseos y sabias palabras.

A mi tutora la ingeniera Verónica Grefa quien con su conocimiento, consejos y recomendaciones me han permitido llevar a cabo de manera satisfactoria el proyecto de titulación.

Al Ingeniero Xavier Sánchez que ha guiado y colaborado para el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

GENERALIDADES PRENSA HIDRÁULICA.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.3 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	2
1.6 MARCO DE REFERENCIA.....	2
1.6.1 PRINCIPIO DE PASCAL.....	2
1.6.2 HIDRÁULICA.....	3
1.6.3 PRENSA HIDRÁULICA.....	4
1.6.4 BOMBA HIDRÁULICA.....	5
1.6.5 VÁLVULAS HIDRÁULICAS.....	7
1.6.6 DEPÓSITO DE ACEITE HIDRÁULICO.....	9
1.6.7 CILINDRO HIDRÁULICO.....	9
1.6.8 FILTRO DE SUCCIÓN HIDRÁULICO.....	11
1.6.9 CONDUCTOS DE COMUNICACIÓN.....	12
1.6.10 ACOPLERES HIDRÁULICOS.....	13
1.6.11 TIPOS DE PRENSAS HIDRÁULICAS.....	13
1.6.12 ACEITE HIDRÁULICO.....	14
1.6.13 AJUSTES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LA PRENSA.....	16
1.6.14 PANEL DE CONTROL.....	19
1.6.15 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	19
1.6.16 MEDIDORES DE PRESIÓN.....	20
1.6.17 ACTUADORES ELÉCTRICOS.....	21
1.6.18 INTERFAZ GRÁFICA (HMI).....	23
1.6.19 CONTACTOR.....	23
1.6.20 PULSADORES.....	24
1.6.21 TÉCNICAS DE MANUFACTURA PAR EL PRENSADO.....	25
1.7 ESTADO DEL ARTE DE LAS PRENSAS HIDRÁULICAS.....	30

1.7.1 PRENSA VERTICAL DE 4 PILARES Y32 100T	30
1.7.2 PRENSA JS-LXU 100 T.....	32
1.7.3 PRENSA INDUSTRIAL TEMCO 50 T.....	33
CAPÍTULO II	36
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE LA PRENSA HIDRÁULICA AUTOMÁTICA DE 10 TONELADAS	36
2.1 ESPECIFICACIONES GENERALES	36
2.1.1 ESPECIFICACIONES PARA LA PRENSA HIDRÁULICA AUTOMÁTICA DE 10 TONELADAS	36
2.1.2 VOZ DEL USUARIO.....	38
2.1.3 VOZ DEL INGENIERO	39
2.1.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CASA DE LA CALIDAD ...	39
2.2 DISEÑO CONCEPTUAL.....	40
2.3 ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	40
2.3.1 NIVEL 0 DE LOS MÓDULOS FUNCIONALES.....	41
2.3.2 NIVEL 1 DE LOS MÓDULOS FUNCIONALES.....	41
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS FUNCIONALES.....	43
2.4.1 MÓDULO DE MOVILIDAD DE LA MESA DE TRABAJO	44
2.4.2 MÓDULO DE SUJECIÓN DE LA PIEZA	44
2.4.3 MÓDULO DE CONTROL	45
2.4.4 MÓDULO MOTOR.....	49
2.4.5 MÓDULO BOMBA.....	50
2.4.6 MÓDULO DE CONTROL DEL SISTEMA OLEOHIDRÁULICO	51
2.4.7 MÓDULO ESTRUCTURA	52
2.5 MATRIZ MORFOLÓGICA.....	52
2.6 MATRIZ DE RESIDUOS PONDERADOS.....	55
2.6.1 SELECCIÓN FINAL.....	58
CAPÍTULO III	60
DISEÑO DE LA PRENSA HIDRÁULICA AUTOMÁTICA DE 10 TONELADAS.....	60
3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA.....	61
3.1.1 DISEÑO DE COLUMNAS.....	61
3.1.2 DISEÑO DE LA VIGA SUPERIOR.....	64
3.1.3 DISEÑO DE LA VIGA LATERAL DE LA MESA.....	65
3.1.4 JUNTAS EMPERNADAS.....	65

3.1.5 VIGA DE LA MESA.....	67
3.1.6 BASES DE LA PRENSA.....	68
3.1.7 SOLDADURA DE LAS BASES.....	69
3.1.8 EJES DE LA PRENSA.....	70
3.1.9 PLACA DE SUJECIÓN DEL PISTÓN.....	71
3.1.10 PERNOS DE SUJECIÓN DE LA PLACA SUPERIOR.....	72
3.1.11 PLACA GUÍA.....	72
3.1.12 PLACAS DE SEGURIDAD.....	73
3.1.13 SELECCIÓN DEL MECANISMO DE MOVIMIENTO.....	74
3.1.14 SELECCIÓN DEL CABLE DE TRASMISIÓN DE MOVIMIENTO.....	75
3.1.15 DISEÑO DE LAS JUNTAS EMPERNADAS DEL PISTÓN CON LA VIGA SUPERIOR.....	76
3.1.16 DISEÑO DE LOS EJES GUÍAS.....	77
3.1.17 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	79
3.2 CÁLCULO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	81
3.2.1 CARGA DEL PISTÓN.....	81
3.2.2 DEPÓSITO.....	83
3.2.3 MOTOR ELÉCTRICO.....	85
3.2.4 SELECCIÓN DE CONDUCTOS.....	85
3.2.5 ACEITE HIDRÁULICO.....	86
3.3 DIMENSIONAMIENTO ELECTRÓNICO.....	87
3.3.1 MÓDULO DE CONTROL DE PRESIÓN.....	88
3.3.2 MÓDULO DE CONTROL DE POSICIÓN.....	91
3.3.4 PROTECCIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL.....	92
3.3.5 PROTECCIÓN PARA EL SISTEMA DE ARRANQUE DEL MOTOR.....	93
3.3.6 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.....	93
3.3.7 DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA.....	94
3.3.8 SELECCIÓN DE PULSADORES DE ACTIVACIÓN.....	95
CAPÍTULO IV.....	97
CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS.....	97
4.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.....	97
4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES.....	97
4.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS.....	98
4.1.3 CONSTRUCCIÓN DE LA MESA DE TRABAJO.....	100

4.1.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO	102
4.1.5 ACOPLER PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS.....	103
4.1.6 PANEL DE CONTROL.....	104
4.1.7 ENSAMBLAJE FINAL	107
4.2 PRUEBAS Y RESULTADOS	109
4.2.1 CALIBRACIÓN DE PRESIÓN	109
4.2.2 CALIBRACIÓN DEL SENSOR	110
4.2.3 CALIBRACIÓN DEL RECORRIDO.....	111
4.2.4 PRUEBAS DEL MECANISMO DE MOVIMIENTO DE LA MESA	112
4.2.5 PRUEBAS DE VELOCIDAD DEL SISTEMA HIDRÁULICO	113
4.2.6 PRUEBA DE PRECISIÓN DE LA PRESIÓN	114
4.2.7 PRUEBA DE PRECISIÓN DEL RECORRIDO.....	114
4.3 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LA MÁQUINA	115
CONCLUSIONES.....	116
RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Representación del Principio de Pascal.	3
Figura 1.2 Transferencia de una fuerza del émbolo.	4
Figura 1.3 Prensa hidráulica y sus partes.	5
Figura 1.4 Representación de las partes internas de la bomba de engranajes.....	6
Figura 1.5 Representación de una bomba de paletas y sus partes.....	6
Figura 1.6 Representación de una bomba de pistón radial	7
Figura 1.7 Válvula direccional 4 vías 3 posiciones	8
Figura 1.8 Válvula proporcional de flujo	8
Figura 1.9 Válvula de cierre.....	8
Figura 1.10 Válvula proporcional limitadora de presión.....	8
Figura 1.11 Electroválvula	8
Figura 1.12 Representación de un depósito para prensa hidráulica y sus partes	9
Figura 1.13 Cilindro de simple efecto	10
Figura 1.14 Cilindro de efecto doble.....	11
Figura 1.15 Filtro hidráulico de baja presión y sus partes marca Bosch	12
Figura 1.16 Conductos hidráulicos.	12
Figura 1.17 Acople SAE JIC 37 °.....	13
Figura 1.18 Acople NPTF.	13
Figura 1.19 Acople ORFS.	13
Figura 1.20 Prensa vertical de simple efecto	14
Figura 1.21 Prensa vertical de doble efecto	14
Figura 1.22 Prensa hidráulica de 4 columnas	14
Figura 1.23 Parámetros para un eje y agujero según la norma ISO	16
Figura 1.24 Posiciones de la zona de tolerancia según la norma	17
Figura 1.25 Campos de aplicación de calidad ISO.....	18
Figura 1.26 Ejemplo comercial PLC ARDUINO de DIGGITAL LOGGERS	19
Figura 1.27 Transductor OMEGA PX303-2KG10V	20
Figura 1.28 Manómetro WIKA tipo 133.13	21
Figura 1.29 Motor CD con 4 polos del siglo XX	22
Figura 1.30 Representación de un motor trifásico de inducción tipo jaula de ardilla	22

Figura 1.31 Pantalla gráfica Samkoon SA 070F de 7"	23
Figura 1.32 Contactores línea SIRIUS Siemens	24
Figura 1.33 Pulsadores marca Camsco..	24
Figura 1.34 Accesorios para el montaje de rodamientos..	25
Figura 1.35 Proceso de colocación con prensa.....	26
Figura 1.36 Extracción mediante soporte y apoyo del cilindro de la prensa.....	26
Figura 1.37 Accesorios para el montaje.	27
Figura 1.38 Accesorios para el desmontaje.	27
Figura 1.39 Representación del proceso de centrado en un rodamiento	27
Figura 1.40 Proceso de estampación.....	28
Figura 1.41 Proceso de embutido profundo.	28
Figura 1.42 Proceso de forjado	29
Figura 1.43 Proceso de extrusión.....	29
Figura 1.44 Representación del proceso de cizalla y sus elementos.	30
Figura 1.45 Prensa Y32 100T.	30
Figura 1.46 Prensa JS-LXU 100 T.	32
Figura 1.47 Prensa Industrial TEMCO 50 T	34
Figura 1.48 Sistema de movimiento Prensa Industrial TEMCO 50 T	34
Figura 2.1 Nivel 0 de la maquina.....	43
Figura 2.2 Esquema de la máquina con sus funciones.	42
Figura 2.3 Nivel 1 de la Máquina.....	43
Figura 2.4 Trinquete	44
Figura 2.5 Pasador	44
Figura 2.6 Mordazas	45
Figura 2.7 Accesorios para la prensa	45
Figura 2.8 Sensor magnético IP65	46
Figura 2.9 Encoder 360 1440 PPR	46
Figura 2.10 HMI SIEMENS SIMATIC	48
Figura 2.11 Tablero eléctrico fijo.	48
Figura 2.12 Variador de frecuencia V20 Siemens.	50
Figura 2.13 Arrancador suave EBASEE 2HP.....	50
Figura 2.14 Válvulas mecánicas marca New.....	51
Figura 2.15 Válvulas industriales marca VICKERS	51
Figura 2.16 Viga HEB Acero A36	52

Figura 2.17 Matriz Morfológica.....	53
Figura 3.1 Esquema de la prensa.....	60
Figura 3.2 Gráfico de columna de Euler.....	63
Figura 3.3 Deflexión máxima en una viga con una fuerza central.....	64
Figura 3.4 Factores de diseño para los pernos	66
Figura 3.5 Fuerza que interviene en las bases de la prensa.....	68
Figura 3.6 Base de la prensa	69
Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre de la fuerza aplicada en los ejes.	71
Figura 3.8 Datos técnicos del cable de acero.....	75
Figura 3.9 Representación de un grillete.....	76
Figura 3.10 Propiedades mecánicas de pernos.	77
Figura 3.11 Factores de carga	80
Figura 3.12 Modelado 3D del depósito de la central oleohidráulica.	84
Figura 3.13 Datos técnicos de los filtros de succión marca VERION	84
Figura 3.14 Selección del caudal	86
Figura 3.15 Características técnicas del aceite hidráulico Mobil ATF 220	87
Figura 3.16 Diagrama de bloques electrónico del sistema.....	88
Figura 3.17 Válvula reguladora con piloto remoto.....	89
Figura 3.18 Diagrama de respuesta de la válvula proporcional.....	89
Figura 3.19 Datos técnicos de caudal y presión de la válvula proporcional.	90
Figura 3.20 Características técnicas para la válvula DG4V 3 2C MU H7 60	91
Figura 3.21 Salida del encoder E6B2-CWZ6C en función a los giros	92
Figura 3.22 Arrancador suave.....	93
Figura 3.23 Conductores flexibles marca GENERAL CABLE.	94
Figura 3.24 Conductores de fuerza, marca GENERAL CABLE	94
Figura 3.25 Código fuente y librerías incluidas en el software Arduino IDE.	95
Figura 3.26 Pulsador de Pedal marca Camsco.....	96
Figura 4.1 Flujograma de construcción de las bases.	97
Figura 4.2 Perspectiva de las bases de la prensa.....	98
Figura 4.3 Flujograma de construcción del chasis de la máquina.....	99
Figura 4.4 Chasis de la máquina construido.	99
Figura 4.5 Flujograma de la construcción de la mesa de trabajo.	100
Figura 4.6 Perspectiva de la mesa de trabajo.	101
Figura 4.7 Modelo 3D del mecanismo de calibración y placa guía.....	101

Figura 4.8	Flujograma de construcción de la central oleohidráulica.....	102
Figura 4.9	Perspectiva de la Central Oleohidráulica.	103
Figura 4.10	Herramientas para el montaje o desmontaje de rodamientos.	103
Figura 4.11	Panel de control implementado vista frontal.....	104
Figura 4.12	Panel de control implementado vista lateral.....	104
Figura 4.13	Pantalla de inicio del HMI.....	105
Figura 4.14	Pantalla de selección de modo de trabajo.....	105
Figura 4.15	Pantalla de selección de número de repeticiones.	106
Figura 4.16	Pantalla de selección de presión de trabajo.....	106
Figura 4.17	Pantalla de selección de carrera del vástago.	106
Figura 4.18	Pantalla de inicio de operaciones.....	107
Figura 4.19	Prensa hidráulica implementada.	108
Figura 4.20	Gráfica de la válvula presión en función del voltaje.....	110
Figura 4.21	Gráfica de los datos obtenidos por el sensor de presión.....	111
Figura 4.22	Desplazamiento del pistón con pulsos	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipos de válvulas hidráulicas, marca VICKERS.	8
Tabla 1.2 Tipos de acoples	13
Tabla 1.3 Tipos de prensas.	14
Tabla 1.4 Tipos de aceites hidráulicos comerciales.	15
Tabla 1.5 Datos para realizar ajustes según la norma ISO	18
Tabla 1.6 Características principales de la Prensa Y32 100T.	31
Tabla 1.7 Datos técnicos de la Prensa Y32 100T	31
Tabla 1.8 Parámetros de trabajo de la Prensa Y32 100T.	31
Tabla 1.9 Datos de la Prensa JS-LXU 100T.	33
Tabla 1.10 Datos técnicos de la Prensa JS-LXU 100T.	33
Tabla 1.11 Parámetros de trabajo de la Prensa JS-LXU 100T.	33
Tabla 1.12 Datos de la Prensa Industrial TEMCO.	35
Tabla 1.13 Parámetros de trabajo de la Prensa Industrial TEMCO.	35
Tabla 2.1 Especificaciones técnicas de la prensa.	39
Tabla 2.2 Características para el diseño.	39
Tabla 2.3 Alternativas para el módulo de movilidad de la mesa de trabajo.	44
Tabla 2.4 Alternativas para el módulo de sujeción de la pieza.	45
Tabla 2.5 Alternativas para el módulo de sensor de posicionamiento.	46
Tabla 2.6 Alternativa sensor de presión para la máquina.	46
Tabla 2.7 Alternativa para el pistón en la máquina.	47
Tabla 2.8 Alternativa del PLC para la máquina.	48
Tabla 2.9 Alternativa para interfaz con el operador.	48
Tabla 2.10 Alternativa para el módulo motor.	49
Tabla 2.11 Alternativa control del motor.	50
Tabla 2.12 Alternativa para el módulo de la bomba	51
Tabla 2.13 Alternativa para el módulo de control de flujo.	51
Tabla 2.14 Propiedades Mecánicas del perfil HEB 120, adaptada de.	52
Tabla 2.15 Representación según a matriz Morfológica.	54
Tabla 2.16 Evaluación de los criterios.	56
Tabla 2.17 Criterio de fiabilidad.	57
Tabla 2.18 Criterio de robustez.	57

Tabla 2.19 Criterio de costo.	57
Tabla 2.20 Criterio de mantenimiento.	58
Tabla 2.21 Selección final.	58
Tabla 2.22 Alternativa óptima.	59
Tabla 3.1 Límites de Delfñexión.....	63
Tabla 3.2 Datos técnicos de los nudos galvanizados.	76
Tabla 3.3 Datos de la válvula proporcional de presión y voltaje.....	90
Tabla 3.4 Elementos electrónicos.	92
Tabla 3.5 Librerías para la programación del PLDuino.	95
Tabla 4.1 Proceso de ensamblaje de la máquina.....	107
Tabla 4.2 Resultados de presión y PWM.	109
Tabla 4.3 Datos de la calibración del sensor de presión.	110
Tabla 4.4 Desplazamiento del pistón con pulsos.	112
Tabla 4.5 Tiempos de desplazamiento de la mesa.	113
Tabla 4.6 Prueba de velocidad.....	113
Tabla 4.7 Datos de la precisión de la presión.....	114
Tabla 4.8 Datos de precisión del recorrido.	114
Tabla 4.9 Costos de la máquina.....	115

ABREVIATURAS

A	Área
F	Fuerza
Gl	Galones
USgpm	Galones por minuto americanos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Organización Internacional de Normalización
PSI	Libra por pulgada cuadrada
pulg	Pulgadas
Q	Caudal
rev	Revoluciones
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
T	Toneladas

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar y construir una prensa hidráulica automática de 10 toneladas para la empresa PROMEIN. La empresa actualmente no dispone de la máquina para realizar el trabajo, por tanto, se ve en la necesidad de buscar en otros lugares el servicio y subcontratar, en vista de esta necesidad se propone el desarrollo de la prensa hidráulica que tendrá la capacidad de prestar el servicio en las distintas actividades que puede realizar la prensa.

Con la disponibilidad en la empresa será posible:

- Mejora los tiempos de fabricación porque no es necesario la subcontratación de otro taller.
- Realizar el montaje o desmontaje de piezas será posible evitando tareas manuales.
- Conseguir mayor precisión de ajuste para piezas.
- Reducir de costos de fabricación de piezas en la empresa.
- Mejorar el prestigio de la empresa.

En vista de esta variedad de beneficios, la empresa también auspiciará el desarrollo de la máquina que cuenta con un HMI, controlador lógico programable, central oleohidráulica y chasis.

La prensa hidráulica automática cuenta con dos modos de operación: automático y semiautomático. El modo automático de la máquina es para producción en serie, donde se controla: la presión, el recorrido del vástago y número de repeticiones para prensar, estas variables son controladas por el operador desde una interfaz HMI, que está conectado hacia el PLC donde se determina que actividades debe realizar con los actuadores de la central oleohidráulica.

El modo semiautomático es para trabajos cotidianos en el centro de mecanizado, las piezas que llegan no tienen la misma geometría o dimensiones, en este modo solo se controla la presión de trabajo y el recorrido del vástago es controlado por el operador con 2 pedales uno para ascender y otro para descender. La presión es controlada por una válvula reguladora de presión pilotada y una válvula proporcional electrónica, el trabajo en conjunto permite conseguir un control desde 500 psi hasta

1800 psi según la necesidad, para trabajar en las distintas aplicaciones como enderezar ejes, retirar o colocar rodamientos, bujes, bocines, aplicar ajuste en piezas.

El recorrido del cilindro es controlado por un sistema mecánico acoplado al vástago y a un encoder incremental se controla su desplazamiento desde 0 cm hasta 20 cm; el sistema cuenta la cantidad de desplazamiento por medio de programación es interpretado por el PLC para realizar una actividad preestablecida con la válvula electrónica de 4 vías y 3 posiciones. La visualización de la presión se interpreta desde un transductor de presión, ubicado en la central oleohidráulica y se observa por el operador en la HMI.

La prensa tiene un sistema de movimiento mecánico para la mesa que permite desplazarse a distintas posiciones para trabajar con piezas de diferentes formas. La máquina realiza montaje y desmontaje de: bujes, bocines y rodamientos con accesorios (ejes, acoples) a una presión máxima de 700 PSI controlada por el operador, caso contrario la pieza de trabajo se puede dañar por exceso de ajuste.

ABSTRACT

The objective of this work is to design and build a 10-ton hydraulic press for PROMEIN. The company does not currently have the machine to carry out the work, therefore, it has the need to search in other places, the service and the subcontractor, this view is needed for the development of the hydraulic press service in the different activities that the press can perform.

With the availability, the company will:

- Improve manufacturing times because subcontracting from another workshop is not necessary.
- Carry out assembly or disassembly of the possible parts.
- Achieve greater adjustment precision for parts.
- Reduce the cost of manufacturing parts in the company.
- Improve the prestige of the company.

In view of this variety of benefits, the company will also sponsor the development of the machine.

The automatic hydraulic press has an HMI, programmable logic controller, oleohydraulic central and chassis.

The automatic hydraulic press has two modes of operation: automatic and semi-automatic. The automatic mode of the machine is for series production, where it is controlled: the pressure, the travel of the video and the number of repetitions to press, these variables are controlled by the operator from an HMI interface, which is connected to the PLC which determine what kind of activities must be carried out with the actuators of the hydraulic power plant.

The semiautomatic mode is for everyday jobs in the machining center, the parts that arrive do not have the same geometry or dimensions, in this mode only the work pressure is controlled and the vehicle's travel is controlled by the operator with 2 pedals one for ascend and the other for descend movement.

The pressure is regulated by a pressure regulating valve and an electronic proportional valve, the work together, allows a control from 500 psi up to 1800 psi as needed, to work on additional functions such as straightening shafts, removing or placing the bearings, bushings apply adjustment in pieces.

The travel of the cylinder is controlled by a mechanical system coupled to the steering wheel and an incremental encoder controls its displacement from 0 cm to 20 cm; the system counts the amount of displacement by the programming means is interpreted by the PLC to perform a pre-established activity with the 4-way, 3-position electronic valve. The visualization of the pressure can be seen from a pressure transducer, located in the oil hydraulic power station and observed by the operator in the HMI.

The press has a mechanical movement system for the table that allows you to move to different positions to work with pieces of different shapes. The machine performs assembly and disassembly of: bushings, horns and bearings with accessories, a maximum pressure of 700 PSI controlled by the operator, otherwise the work piece can be damaged by excessive adjustment.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES PRENSA HIDRÁULICA

1.1 TEMA

Diseño y construcción de una prensa hidráulica automática de 10 toneladas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos de prensado en la empresa PROMEIN, son realizados de manera manual o en la mayoría de los casos enviados hacia otros establecimientos a fin de subcontratar el servicio para piezas que requieren ser prensadas, la disponibilidad de horarios causa una dependencia para el centro de mecanizado que interviene en el aumento de costos para sus clientes. En vista de la necesidad se plantea implementar una prensa hidráulica automática de 10 toneladas junto a un juego de herramientas que faciliten el montaje y desmontaje de bujes, bocines, rodamientos, etc. Con la máquina en el taller se obtendrá: disponibilidad en el centro de mecanizado, reducción de gastos por subcontratación, eficiencia en los trabajos y disminución de tiempos muertos.

1.3 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuáles son las ventajas de la implementación de la prensa automática en la empresa PROMEIN?
- ¿Qué nuevas prestaciones puede brindar la empresa con la construcción de la prensa hacia sus clientes?
- ¿Qué máquinas son capaces de realizar trabajos similares o existen empresas ecuatorianas que realice este tipo de prensas?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una prensa hidráulica automática de 10 toneladas.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Documentar el estudio de las técnicas de prensado para diferentes materiales.
- Diseñar y dimensionar los componentes y mecanismos para la prensa hidráulica.
- Construir una estructura mecánica capaz de proporcionar y soportar 10 toneladas de ajuste.
- Implementar el sistema electrónico y de control para los modos automático y semiautomático en la prensa hidráulica.
- Implementar una interfaz HMI que permita configurar los parámetros de: presión, desplazamiento y fuerza de prensado para distintas aplicaciones y materiales.
- Elaborar un protocolo de pruebas de funcionamiento.

1.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Luego de haber concluido la construcción de la prensa está en capacidad de desmontar bujes, columnas, bocines, (piezas de distintas formas geométricas) que necesitan presiones menores o iguales a 10 toneladas de ajuste, donde la máquina cuenta con dos modos de uso, automático y semiautomático controlado por una HMI.

1.6 MARCO DE REFERENCIA

1.6.1 PRINCIPIO DE PASCAL

Una aplicación del principio de Pascal es la prensa hidráulica, consta de dos cilindros de distinto diámetro cada uno con su émbolo, unidos por un sistema de comunicación como muestra la Figura 1.1. El líquido se llena en toda la superficie del sistema de comunicación, cuando se aplica una fuerza en el émbolo menor se transmite la misma fuerza en el émbolo mayor, con esto se demuestra que la presión del líquido se transmite en todos sus puntos [1].

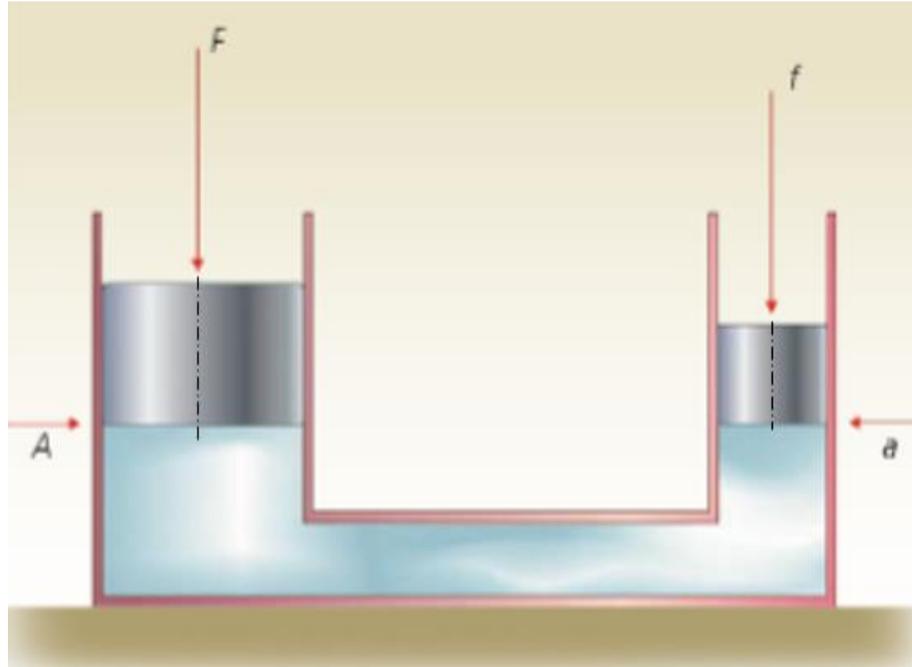


Figura 1.1 Representación del Principio de Pascal, la presión en el émbolo menor es la misma que el émbolo mayor: $\frac{F}{A} = \frac{f}{a}$, adaptada de [2].

La presión que se transmite es la relación entre la magnitud de una fuerza aplicada sobre un área, las unidades de presión son: Pa (N/m^2), PSI (lbf/pulg^2).

1.6.2 HIDRÁULICA

La hidráulica es la ciencia que estudia la presión y flujo del líquido. En la Figura 1.2 se muestra que la hidráulica es la difusión, regulación y movimientos de una fuerza que se transmite por un fluido. La ciencia que estudia la hidráulica es la Hidrodinámica que considera que:

- Los fluidos son líquidos incompresibles, la densidad no varía al cambio de presión.
- Se considera despreciable la pérdida por viscosidad, porque es un líquido óptimo para fluir.
- La velocidad es independiente en cada punto.

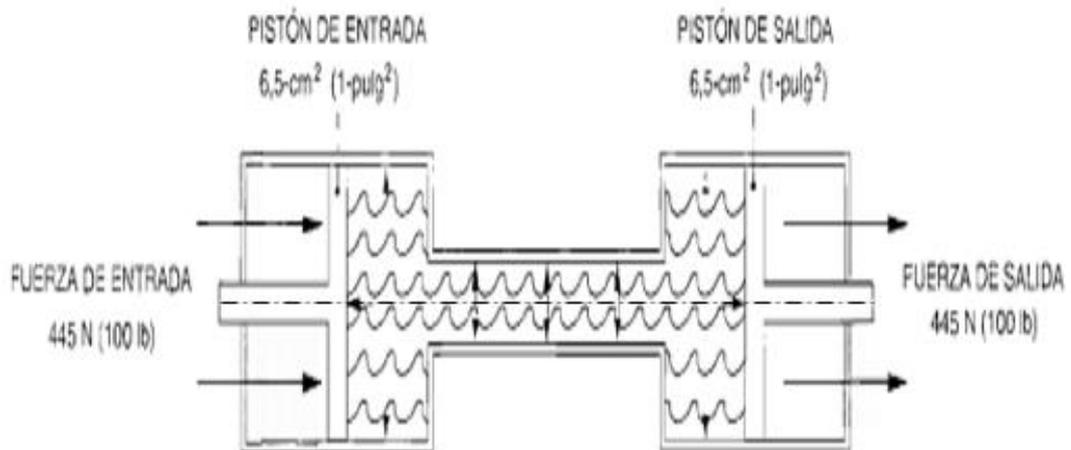


Figura 1.2 Transferencia de una fuerza del émbolo, de la parte izquierda hacia la derecha con la misma área, fuerza y presión [3].

Se maneja algunas definiciones que son:

Presión. - Relación de una fuerza aplicada a un área específica.

Caudal. - Cantidad de flujo por cantidad de tiempo.

Fluido Hidráulico. - Líquido que transmite potencia por esfuerzos mecánicos por medio de presión.

A continuación, con los principios mencionados se muestra la aplicación de la prensa hidráulica con sus elementos.

1.6.3 PRENSA HIDRÁULICA

La prensa es una máquina herramienta que permite realizar esfuerzos de compresión o tracción en un área determinada para deformar, colocar, quitar, etc. piezas de distintas formas y tamaños (rodamientos, bujes, vigas, entre otras), constan de las siguientes partes disponibles en la Figura 1.3.

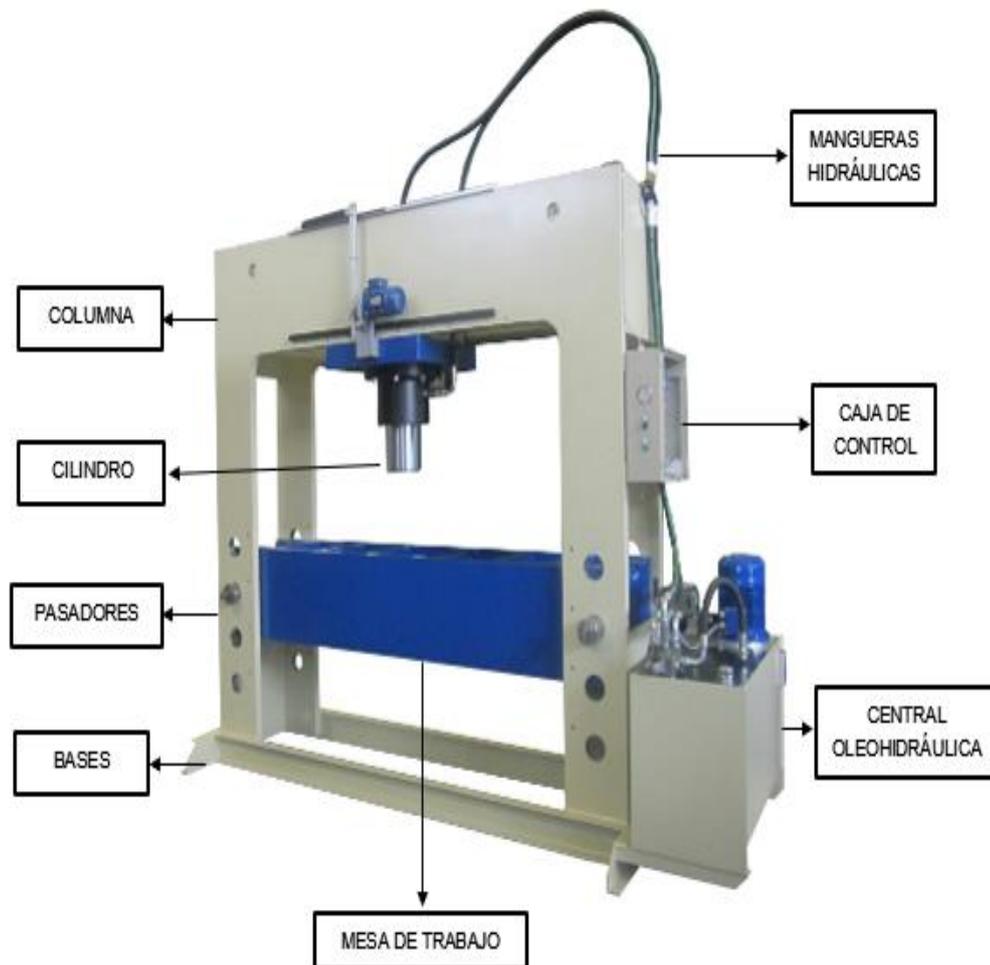


Figura 1.3 Prensa hidráulica y sus partes, adaptada de [4].

La bomba hidráulica está en la central oleohidráulica, es encargada de impulsar el fluido con presión del tanque hacia la placa distribuidora (manifold), válvulas direccionales y reguladoras de presión hidráulicas, manómetro y cilindro.

1.6.4 BOMBA HIDRÁULICA

La bomba es una máquina que utiliza energía mecánica que se transfiere a un fluido para aumentar el caudal, velocidad y presión. Las bombas en sistemas hidráulicos pueden ser: de engranajes, paletas y pistón radial.

1.6.4.1 Bomba de engranajes

La bomba de engranajes consta de dos piñones que forman una transmisión aislada como muestra la Figura 1.4, produce caudal y aumentos de presión al transportar el fluido entre los dientes de los engranes. Uno de los engranajes está conectado hacia el eje impulsor, el cual transmite el movimiento hacia el segundo engranaje.

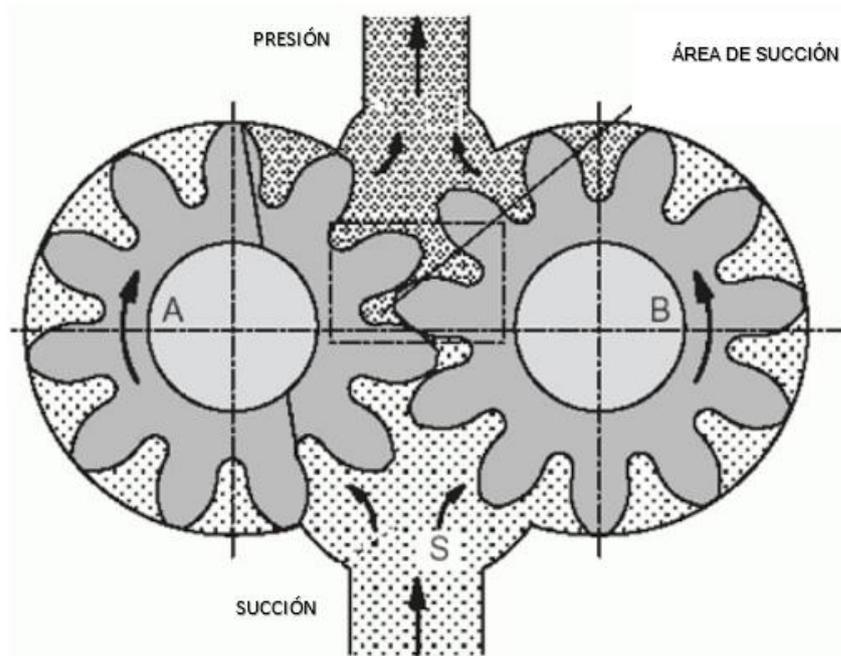


Figura 1.4 Representación de las partes internas de la bomba de engranajes [5].

1.6.4.2 Bomba de paletas

La bomba de paletas posee un conjunto de aletas con cinemática radial (Figura 1.5), cuenta con una cámara de bombeo que limita la cantidad de fluido a ser impulsado. El rotor, paletas y resorte giran para tomar el fluido e impulsarlo hacia la salida.



Figura 1.5 Representación de una bomba de paletas y sus partes [5].

1.6.4.3 Bomba de pistón radial

Las bombas de pistón radial son bombas eficientes en el campo hidráulico por sus capacidades de trabajo y caudal, (Figura 1.6), la carrera de los pistones es perpendicular al eje de la flecha. En el bloque central de la bomba se aloja una leva y los pistones cuentan con una zapata ubicada sobre la misma. En la succión usa la válvula de retención desde la carcasa, la descarga es por otra válvula de retención hacia un múltiple común acoplado a la salida.

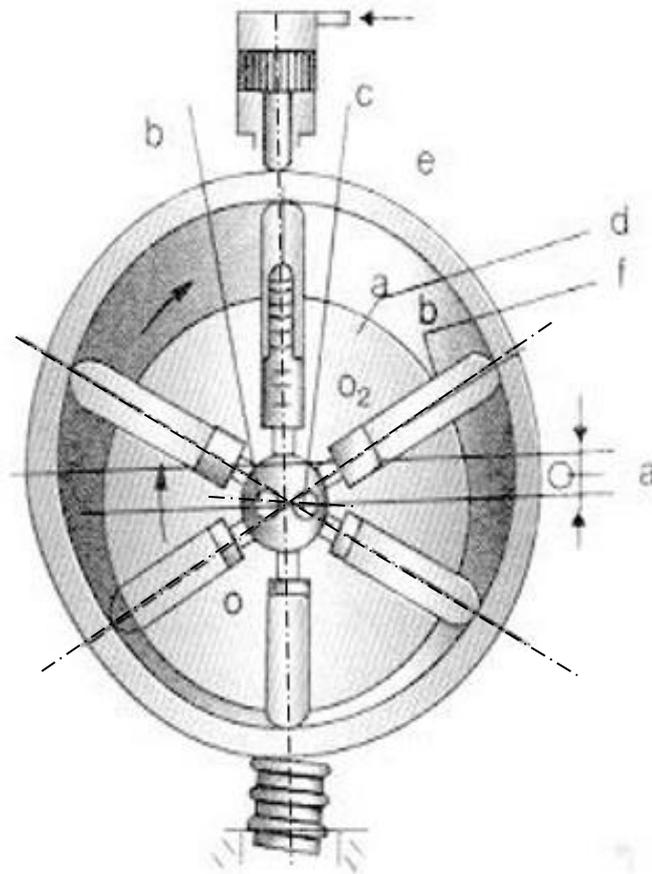
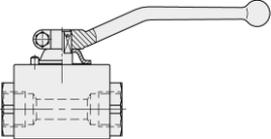


Figura 1.6 Representación de una bomba de pistón radial [5].

1.6.5 VÁLVULAS HIDRÁULICAS

La válvula es un dispositivo que permite: regular, parar, controlar, estrangular, aliviar presión de un fluido en actuadores o depósitos. En la Tabla 1.1 está disponible la clasificación de las válvulas hidráulicas.

Tabla 1.1 Tipos de válvulas hidráulicas, marca VICKERS, [6].

Tipo de válvula	Característica	Imagen
Válvula de control direccional	Permite dirigir el flujo hacia un lugar determinado donde pueden activar actuadores.	 <p data-bbox="1023 663 1374 719">Figura 1.7 Válvula direccional 4 vías 3 posiciones.</p>
Válvula de control de flujo proporcional	Proporciona modificaciones en la presión y caudal del fluido para los actuadores por medio de un control corriente o tensión.	 <p data-bbox="1075 999 1326 1055">Figura 1.8 Válvula proporcional de flujo.</p>
Válvula de cierre	Cierra el paso del fluido en un sentido.	 <p data-bbox="1031 1305 1369 1339">Figura 1.9 Válvula de cierre.</p>
Válvula limitadora de presión	Limitan la presión en un área de trabajo del circuito, son elementos de seguridad y control.	 <p data-bbox="1043 1576 1358 1666">Figura 1.10 Válvula proporcional limitadora de presión.</p>
Electroválvula	Es una válvula electromecánica, que permite controlar el flujo que pasa por una tubería, funciona por corriente eléctrica que activa a una bobina.	 <p data-bbox="1038 1962 1358 1995">Figura 1.11 Electroválvula.</p>

1.6.6 DEPÓSITO DE ACEITE HIDRÁULICO

Es un tanque que almacena aceite hidráulico, debe ser hermético, evitar que el aceite se contamine y elimina impurezas del fluido por medio de un sistema de filtrado en el circuito. Consta de algunos elementos para controlar o monitorear el funcionamiento de la unidad oleohidráulica (Figura 1.12) como: indicador de nivel, conexiones para la bomba y manifold, drenaje, entre otros permiten tener un control visual de la unidad oleohidráulica.

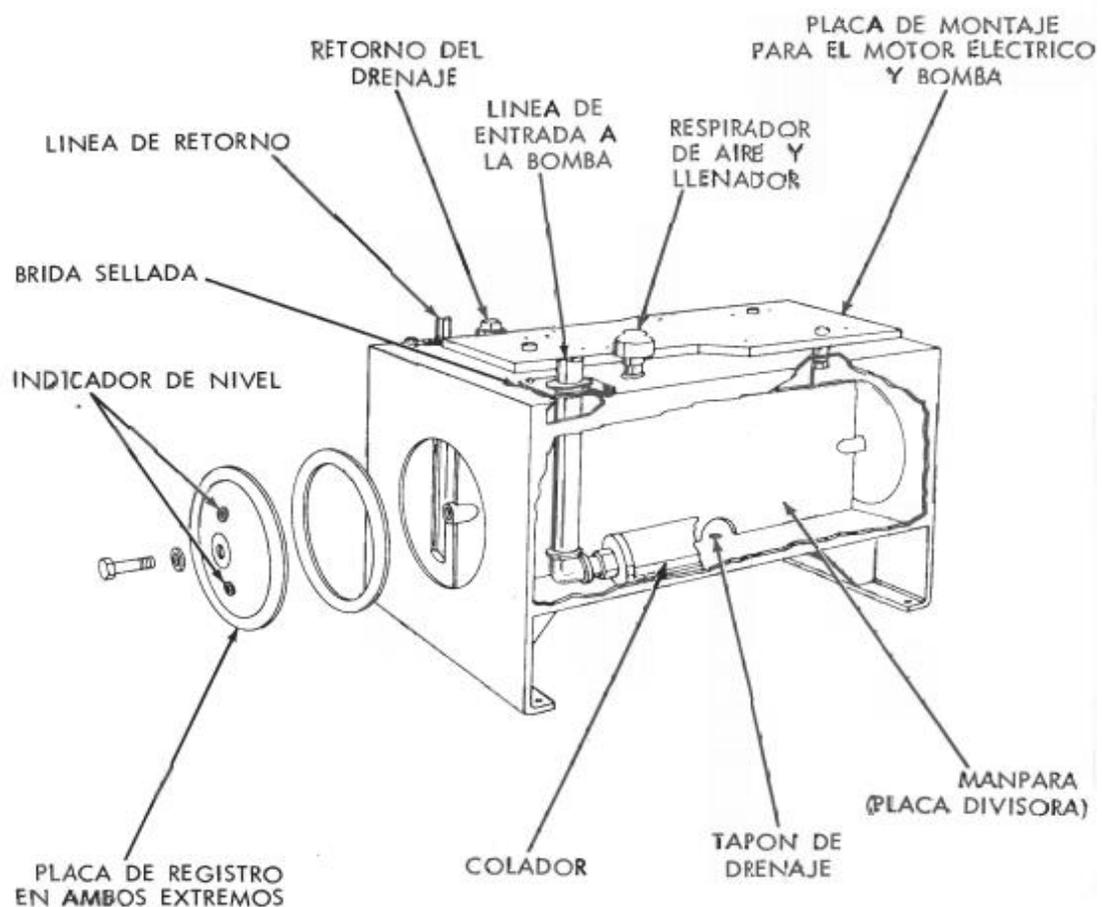


Figura 1.12 Representación de un depósito para prensa hidráulica y sus partes [7].

1.6.7 CILINDRO HIDRÁULICO

Los cilindros son actuadores mecánicos responsables de transmitir potencia hidráulica en desplazamientos lineales para comprimir o traccionar. Se encuentran disponibles en doble o simple efecto (Figura 1.13, Figura 1.14) con un émbolo, vástago, cilindro y sellos hidráulicos.

1.6.7.1 Cilindro de simple efecto

El cilindro de simple efecto permite traccionar o comprimir, el retorno del vástago se realiza por un sistema mecánico: gravedad o peso de la carga, tiene un orificio donde ingresa el aceite hidráulico. En la Figura 1.13, en la parte inferior derecha se visualiza el símbolo del actuador y los componentes.

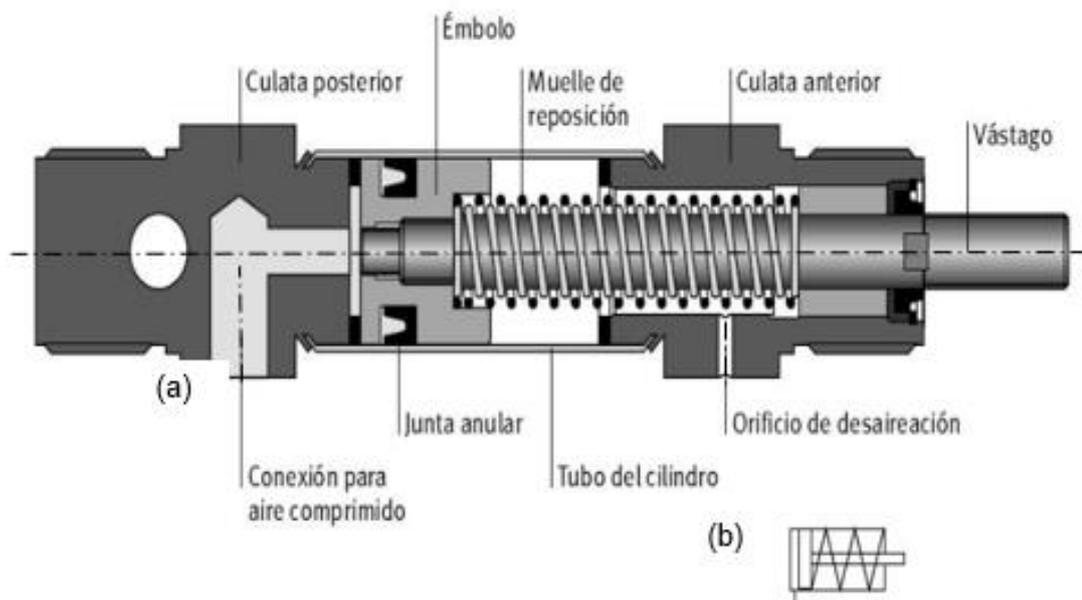


Figura 1.13 Cilindro de simple efecto. a) Partes internas. b) Símbolo común, adaptada de [8].

1.6.7.2 Cilindro de doble efecto

El cilindro de doble efecto genera movimientos en dos sentidos para comprimir y traccionar. Consta de dos orificios, uno para impulsar el vástago y otro para retraerlo por medio del aceite hidráulico proveniente de la bomba.

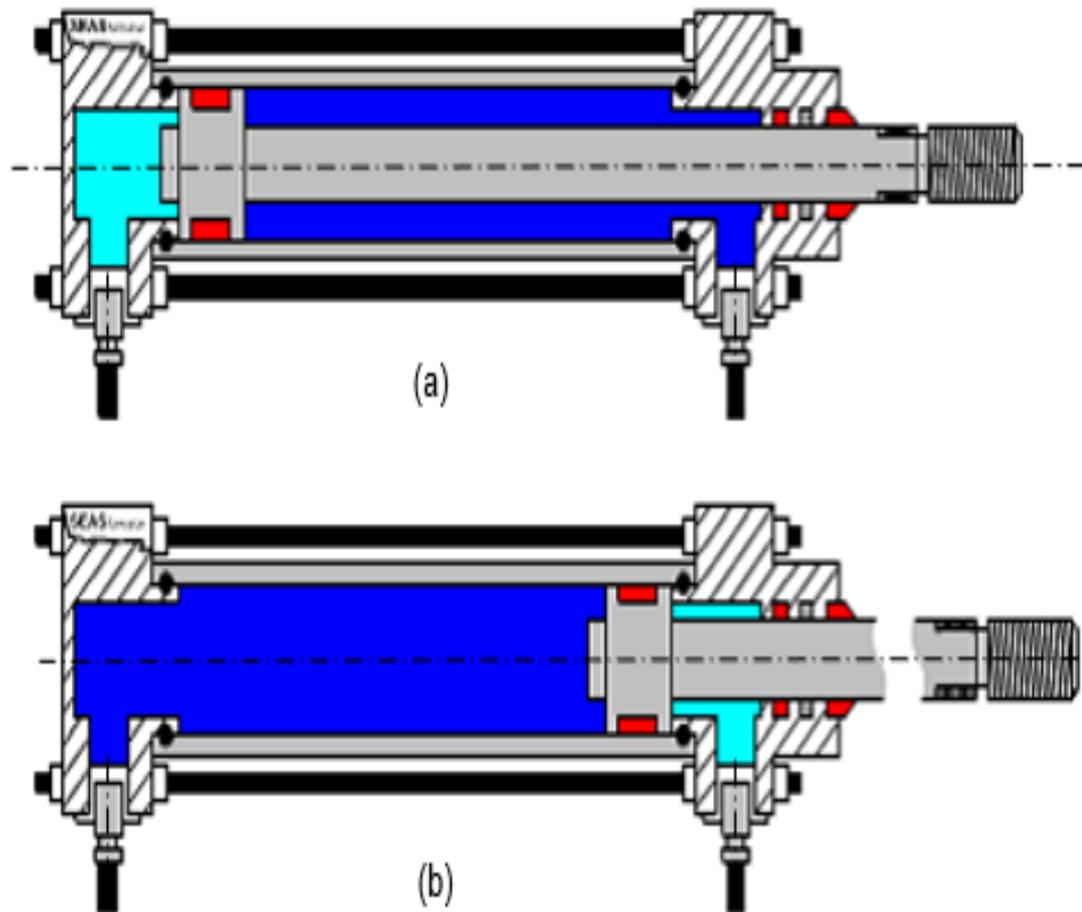


Figura 1.14 Cilindro de efecto doble. a) El vástago dentro del cilindro retraído por aceite hidráulico. b) El vástago está impulsado por aceite hidráulico, adaptada de [8].

1.6.8 FILTRO DE SUCCIÓN HIDRÁULICO

Los filtros son elementos que no permiten la contaminación de partículas para mantener la vida útil de los elementos y aceite, se utiliza filtros de impulsión en la línea de alta presión del sistema que está dirigido hacia actuadores y válvulas. El filtro de retorno actúa sobre el depósito y trabaja a baja presión. Los elementos filtrantes se caracterizan por la retención de agua y residuos sólidos en el rango $3\ \mu\text{m}$ (micras), para garantizar un correcto funcionamiento libre de impureza. En la Figura 1.15 se observan las partes fundamentales de un filtro junto a su carcasa.

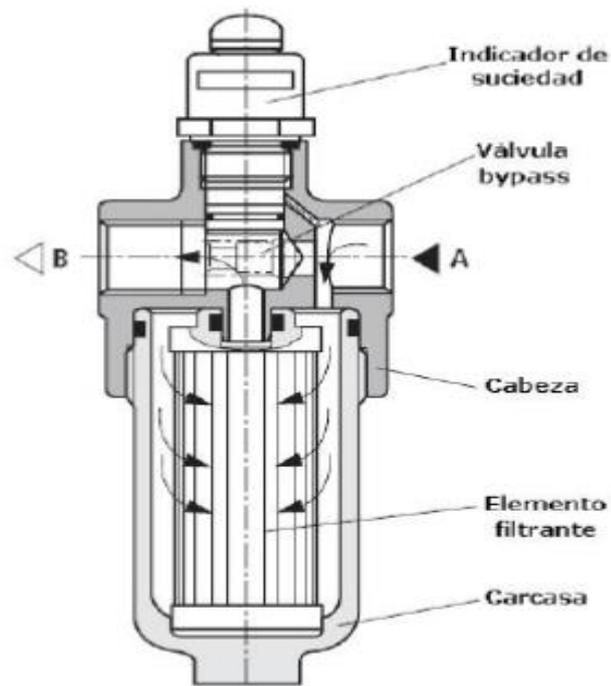


Figura 1.15 Filtro hidráulico de baja presión y sus partes marca Bosch [9].

1.6.9 CONDUCTOS DE COMUNICACIÓN

La transmisión del fluido en el sistema se realiza por medio de mangueras, las cuales son normadas por SAE 100R2 [15], a continuación, en la Figura 1.16 se menciona los diámetros de mangueras disponibles en el mercado y la presión de máxima operación

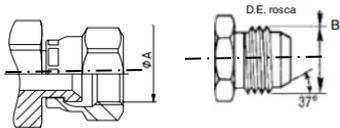
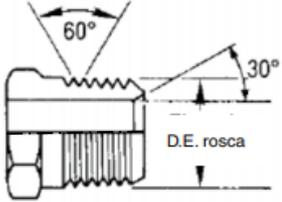
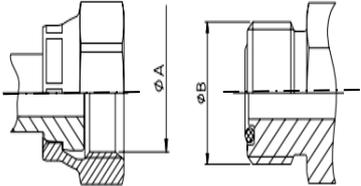
TAMANO NOMINAL [pulg]	TUBERIA O.D. [pulg]	DIAMETRO INTERIOR [pulg]						
		STANDARD CEDULA 40	EXTRA PESADO CEDULA 80	DOBLE EXTRA PESADO CEDULA				
		CEDULA 10	CEDULA 20	CEDULA 30	CEDULA 40	CEDULA 60	CEDULA 80	CEDULA 160
1/8	0,405				0,269		0,215	
1/4	0,54				0,384		0,302	
3/8	0,675				0,493		0,423	
1/2	0,84				0,622		0,546	0,466
3/4	1,05				0,824		0,742	0,614
1	1,315				1,049		0,957	0,815

Figura 1.16 Conductos hidráulicos, adaptada de [7].

1.6.10 ACOPLES HIDRÁULICOS

Los acoples hidráulicos (Tabla 1.2) son responsables de unir, sujetar y hermetizar los conductos de comunicación, actuadores, fuentes de potencia o dispositivos hidráulicos en un sistema.

Tabla 1.2 Tipos de acoples [10].

Tipo de acople	Característica	Descripción Gráfica
SAE JIC 37 °	Se los conoce como conexiones JIC, cuentan con cono hembra de 37°. que permite evitar fugas por medio de este ángulo en la manguera. Se apoyan en la norma ISO 12511-5, SAE J516.	 <p>Figura 1.17 Acople SAE JIC 37 °.</p>
Rosca cónica National Pipe Taper Fuel (NPTF)	Usa una rosca para realizar la junta y permeabilizarla, cuenta con una superficie de estanqueidad 30° se usa en máquinas americanas.	 <p>Figura 1.18 Acople NPTF.</p>
Anillo de sello de cara (ORFS)	Son las terminales más usadas en Máquinas Original Equipen Manufacture (OEM), cuentan con alta estanqueidad además de buena resistencia a vibraciones.	 <p>Figura 1.19 Acople ORFS.</p>

1.6.11 TIPOS DE PRENSAS HIDRÁULICAS

Existen gran variedad de prensas según el propósito a realizar, el método de aplicación de fuerza y otros parámetros para su clasificación disponible en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Tipos de prensas.

Tipo de prensa	Característica	Descripción Gráfica
Vertical de simple efecto	Utiliza un cilindro de efecto simple, el descenso es por el sistema hidráulico y ascenso del vástago se realiza mecánicamente. Su aplicación está en talleres mecánicos automotrices.	 <p data-bbox="1054 618 1417 680">Figura 1.20 Prensa vertical de simple efecto [4].</p>
Vertical de doble efecto	Funciona en dos sentidos ascenso y descenso del cilindro comandado por el sistema hidráulico donde se puede colocar o retirar rodamientos, enderezar columnas o ejes; aplicaciones en mecánicas industriales.	 <p data-bbox="1054 1032 1417 1095">Figura 1.21 Prensa vertical de doble efecto [4].</p>
Prensa hidráulica de 4 columnas	La prensa hidráulica tiene 4 columnas para dar soporte a toda la estructura y con un cilindro de doble efecto; el sistema es automatizado se usa para realizar piezas termoformadas a más de la central oleohidráulica cuenta con sistema de calentamiento para las chapas de acero para la producción en serie de piezas de autos, son usadas en industria mecánica.	 <p data-bbox="1054 1525 1417 1588">Figura 1.22 Prensa hidráulica de 4 columnas [11].</p>

1.6.12 ACEITE HIDRÁULICO

El aceite hidráulico es un fluido de consistencia grasa que transmite potencia para controlar los actuadores y dirigir esfuerzos mecánicos por medio de una variación de presión y caudal en el fluido. Cuenta con las siguientes características:

- Transmite potencia aplicando el principio de Pascal.
- Reduce la fricción y desgaste.
- Lubrica y protege piezas del sistema.

Propiedades del aceite hidráulico:

- Color: Permite tener una idea de cuán refinado es.
- Viscosidad: Es la oposición del fluido a cualquier movimiento interno de sus moléculas
- Índice de viscosidad: Variación de viscosidad del aceite con la temperatura.

La Tabla 1.4 cuenta con las características de los aceites hidráulicos comerciales disponibles.

Tabla 1.4 Tipos de aceites hidráulicos comerciales [12], [13].

Aceite	Características	Aceite comercial
ISO 68	Limpieza del sistema y alto rendimiento en condiciones severas.	TELLUS 68 de SHELL, RANDO OIL HD 68 de TEXACO y DTE OIL 26 de MOBIL.
	Reducción de desgaste en el sistema.	
	Provee una larga vida del aceite y equipo.	
	Previene la corrosión interna.	
	Reduce efectos de la humedad.	
	Provee una protección contra la oxidación y el desgaste.	
ISO 46	Aplicaciones industriales.	DTE OIL 25 de MOBIL, TELLUS 46 de SHELL
	Larga vida del fluido.	
	Previene el desgaste.	
	Eficiente para los sistemas hidráulicos.	
	Excelente para trabajos hidráulicos de precisión.	
ISO 32	Larga vida del fluido.	DTE OIL 24 de MOBIL, TELLUS 32 de SHEEL
	Limpieza del sistema.	
	Reducción de desgaste.	
	Aplicaciones en máquina de control numérico.	

1.6.13 AJUSTES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LA PRENSA

Cuando dos piezas están acopladas, la relación entre sus medidas antes del ensamble se conoce como ajuste o apriete, estos pueden ser:

- Ajuste móvil cuando hay un movimiento del eje respecto al agujero, es un apriete presente entre la dimensión máxima del eje y la mínima del agujero.
- Ajuste indeterminado donde el movimiento o la inmovilidad del eje con el agujero depende de las tolerancias donde se encuentra el apriete.
- Ajuste fijo es donde no existe movilidad respecto al agujero en el que se une.

En la Figura 1. 23 se muestra las medidas máximas y mínimas para un ajuste entre un eje y agujera.

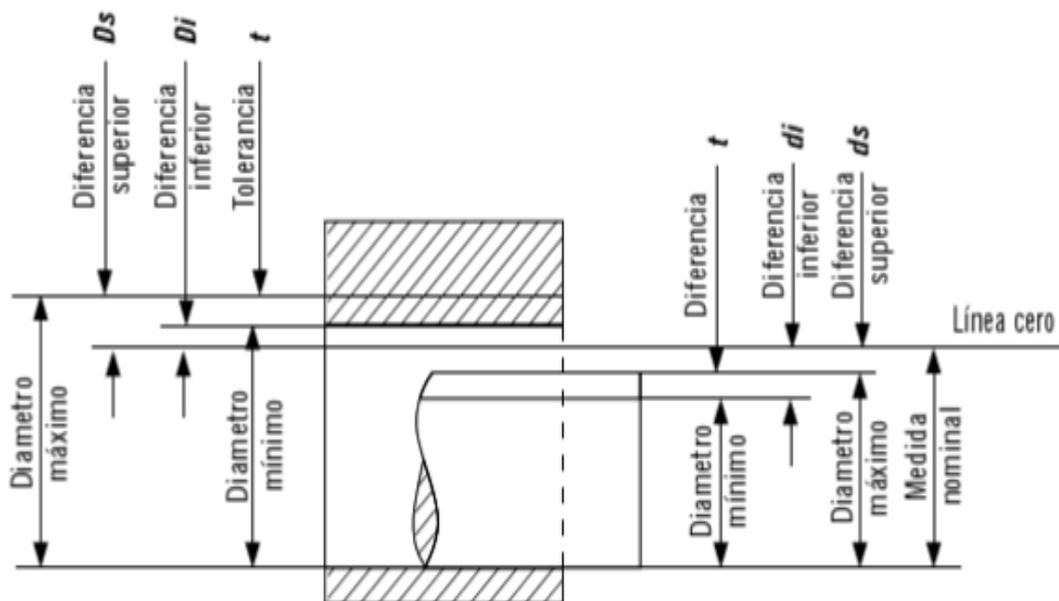


Figura 1.23 Parámetros para un eje y agujero según la norma ISO [14].

Donde:

Medida máxima es la mayor de las medidas de los límites.

Medida mínima es la menor de las medidas de los límites.

Medida nominal es la medida para construcción.

Líneas de referencia es la medida nominal.

Desviación superior es la diferencia entre la medida máxima y la mínima.

Desviación inferior es la diferencia entre la medida mínima y la distancia nominal.

En el sistema ISO se identifican a los ejes con letras minúsculas y los agujeros con letras mayúsculas disponibles en la Figura 1.24.

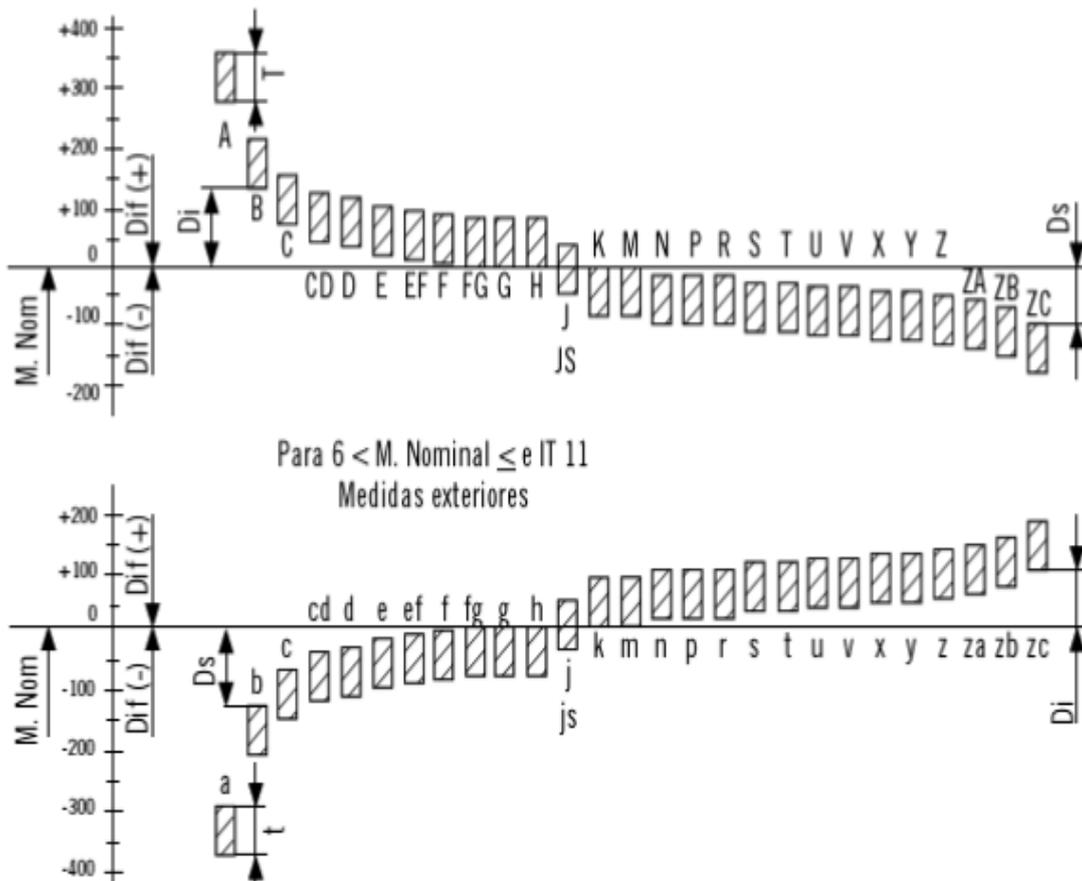


Figura 1.24 Posiciones de la zona de tolerancia según la norma ISO [14].

La línea de referencia “*M. Nom*” muestra la medida nominal en la Figura 1.24, donde la tolerancia está dada en micras. Los agujeros se muestran con letras mayúsculas y los ejes con minúsculas para conseguir las distintas calidades de ajuste. Las combinaciones entre las letras según el agujero y eje dan como resultado los aprietes, con la Figura 1.25 se observa la calidad para los aprietes.

Calidades	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Campo de aplicación	Calibres y piezas de gran precisión						Piezas mecanizadas y ajustadas						Tolerancias de acabado para piezas no ajustadas							
							Calibres de trabajo			Construcción de máquinas			Piezas laminadas estiradas, forjadas o fundidas							

Figura 1.25 Campos de aplicación de calidad ISO [14].

El campo de aplicación según la Figura 1.25, de la prensa hidráulica va desde 7 hasta 18 variando la combinación de letras para conseguir el ajuste apropiado según la aplicación.

Para realizar un ajuste en un eje y agujero es necesario establecer la calidad y diámetro, en un eje de diámetro 80 con calidad h7, y la perforación 80 con calidad H6, para obtener un ajuste fijo, los datos de la Tabla 1.5 están en micrómetros, que son 0.001mm.

Tabla 1.5 Datos para realizar ajustes según la norma ISO [14].

	≤ 3	>3-6	>6-10	>10-18	>18-30	>30-50	>50-80	>80-120	>120-180	>180-250	>250- 315	>315-400
H6	+6	+8	+9	+11	+13	+16	+19	+22	+25	+29	+32	+36
H7	+10	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57
H8	+14	+18	+22	+27	+33	+39	+46	+54	+63	+72	+81	+89
H9	+25	+30	+36	+43	+52	+62	+74	+87	+100	+115	+130	+140
H11	+60	+75	+90	+110	+130	+160	+190	+220	+250	+290	+320	+360
g5	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	-17	-18
h5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J5	+2	+2.5	+3	+4	+4.5	+5.5	+6.5	+7.5	+9	+10	+11.5	+12.5
k5	+4	+6	+7	+9	+11	+13	+15	+18	+21	+24	+27	+29
f6	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	-56	-62
g6	-2	-4	-5	-6	-7	-9	-10	-12	-14	-15	-17	-18
h6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J6	+3	+4	+4.5	+5.5	+6.5	+8	+9.5	+11	+12.5	+14.5	+16	+18
m6	+8	+12	+15	+18	+21	+25	+30	+35	+40	+46	+52	+57
p6	+12	+20	+20	+29	+35	+42	+51	+59	+68	+79	+88	+98
e7	-14	-20	-25	-32	-40	-50	-60	-72	-85	-100	-110	-125
f7	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	-56	-62
h7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La tolerancia en el eje es de 0,030 mm con medida máxima 80,00 mm y mínima 79,97 mm, el agujero es de 0,019 mm con medida máxima de 80,019 mm y mínima de 80,00 mm, con estas calidades se aplica un ajuste fijo entre las dos piezas.

1.6.14 PANEL DE CONTROL

El panel de control es el sistema que comanda la máquina, este permite implementar un proceso mecatrónico traducido en un desarrollo dinámico entre dos modos de funcionamiento, automático y semiautomático, con los paneles de control se obtiene mayor seguridad y optimización del proceso.

1.6.15 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Los controladores lógicos programables, permiten implementar controles secuenciales para desarrollar máquinas que funcionen automáticamente. Este dispositivo es el cerebro que comanda y controla grandes centros por medio de varias técnicas de control establecidas. Cuenta con un número determinado de entradas y salidas para conectar periféricos que funcionen de acuerdo a lo programado. Los dispositivos pueden utilizar diferentes lenguajes de programación como Ladder, C++, entre otros. La elección del PLC (Figura 1.26), depende de la aplicación y conocer el número de periféricos que se conectarán.



Figura 1.26 Ejemplo comercial PLC ARDUINO de DIGGITAL LOGGERS [15].

1.6.16 MEDIDORES DE PRESIÓN

1.6.16.1 Transductor de presión OMEGA PX303-2KG10V

El dispositivo disponible en la Figura 1.27 transforma presión en una señal eléctrica, por medio de la deformación física de extensómetros que están unidos al diafragma del transductor de presión cableados por un puente de Wheatstone, donde la deformación produce un cambio proporcional de resistencia según la presión [16].



Figura 1.27 Transductor OMEGA PX303-2KG10V [16].

1.6.16.2 Manómetro modelo 656 de Frente abierta de acero inoxidable.

Los manómetros de la serie 656 se observan en la Figura 1.28, son adecuados para entornos corrosivos en aplicaciones de procesamiento químico, petroquímica, refinería, energía marina, alimentos y productos farmacéuticos. Este tipo de manómetros llenos de líquido ofrecen una serie de ventajas en las diferentes aplicaciones que se ha mencionado [17].



Figura 1.28 Manómetro WIKA tipo 133.13 [17].

1.6.17 ACTUADORES ELÉCTRICOS

El motor es un actuador eléctrico encargado de transformar energía eléctrica en energía mecánica, en la prensa el motor impulsa a la bomba para encontrar el flujo y presión requerida según el dimensionamiento del sistema.

1.6.17.1 Motor de corriente continua

Los motores de corriente continua transforman a energía mecánica por el movimiento del rotor y la circulación de corriente de los imanes en el estator. Pueden girar en sentido horario y antihorario en función de la polaridad del voltaje en cada terminal (Figura 1.29). La velocidad se puede regular en función de la entrada de voltaje con elementos de electrónica de potencia.

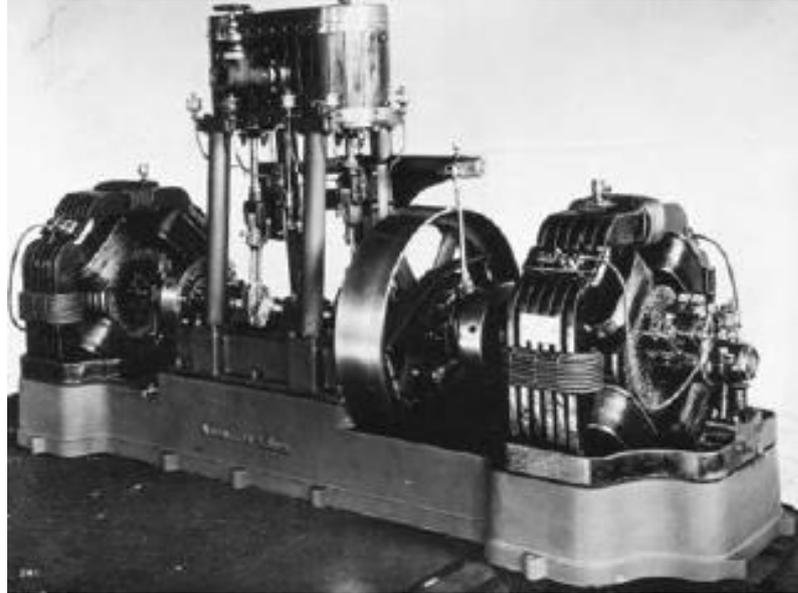


Figura 1.29 Motor CD con 4 polos del siglo XX [18].

1.6.17.2 Motor trifásico de inducción jaula de ardilla

Para obtener movimiento mecánico en el motor disponible en la Figura 1.30, es necesario aplicar un voltaje trifásico al estator que fluye con las corrientes que producen un campo magnético que gira en sentido opuesto a las manecillas del reloj. Están disponibles en el mercado a precios accesibles, en el caso de controlar la velocidad es necesario un variador de frecuencia según la potencia del motor o con un arrancador suave en base a los datos de placa del motor.

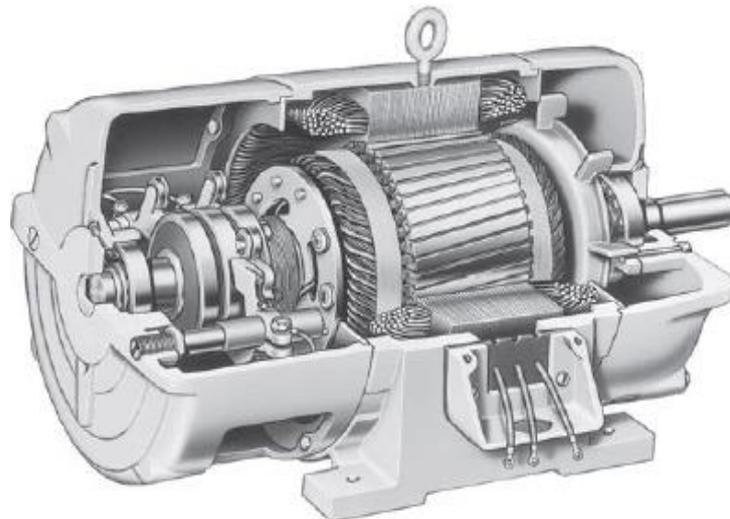


Figura 1.30 Representación de un motor trifásico de inducción tipo jaula de ardilla [18].

1.6.18 INTERFAZ GRÁFICA (HMI)

Es una interfaz asistida por un ordenador. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo". [19]

Esta interfaz garantiza un trabajo dinámico con la máquina que se visualiza en la Figura 1.31 para su trabajo de manera que el usuario solo opera observando el proceso a través de la interfaz.



Figura 1.31 Pantalla gráfica Samkoon SA 070F de 7" [20].

1.6.19 CONTACTOR

Es un mecanismo electromecánico que se aprecia en la Figura 1.32, recibe una señal del controlador lógico programable y permite activar o desactivar, actuadores, motores, etc. Este dispositivo al recibir una señal interrumpe o permite el paso de corriente eléctrica.



Figura 1.32 Contactores línea SIRIUS Siemens [21].

1.6.20 PULSADORES

Los pulsadores son dispositivos que permiten o no el paso de corriente para enviar señales hacia el controlador lógico programable, pueden ser normalmente abierto o cerrado dependiendo la necesidad de la aplicación, La presentación puede ser como botón o pedal disponible en la Figura 1.33.



Figura 1.33 Pulsadores marca Camsco. a) Botones. b) Pedal, adaptada de [22].

1.6.21 TÉCNICAS DE MANUFACTURA POR EL PRENSADO

El proceso de prensado consiste en compactar y extraer elementos o crear piezas con distintas temperaturas, formas y tamaños.

1.6.21.1 Extracción o colocación de rodamientos

Para colocar rodamientos en piezas que han sido ajustados previamente en el torno o fresadora con un apriete móvil o fijo es necesario accesorios como ejes para instalar un rodamiento con una prensa.

Para extraer el rodamiento de ejes o piezas con ajuste es necesario acoples junto a la presa para retirar la pieza.

Para las dos actividades mencionadas es necesario compactar realizando un esfuerzo de compresión por el sistema oleohidráulico con distintos accesorios en cada caso (Figura 1.33, Figura 1.34, Figura 1.35).

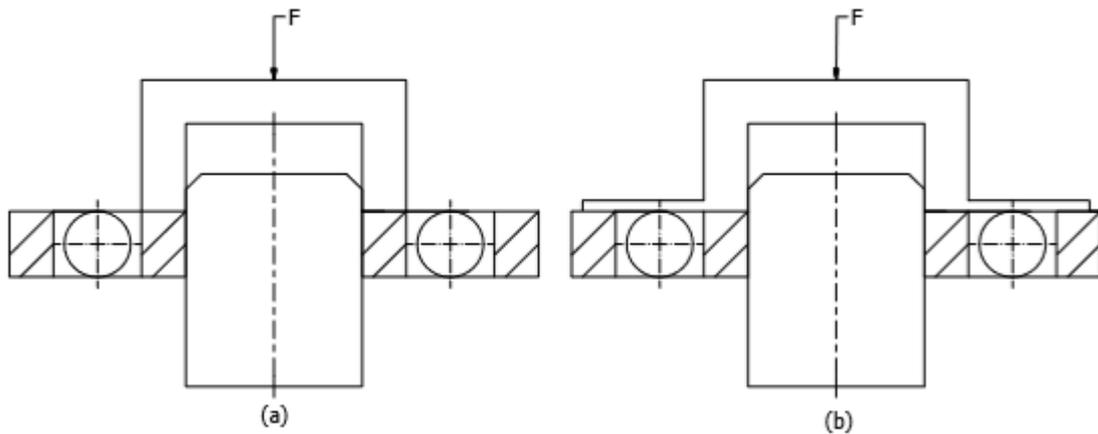


Figura 1.34 Accesorios para el montaje de rodamientos. a) Accesorio para la pista interna del rodamiento. b) Accesorio para las dos pistas del rodamiento, adaptada de [23].

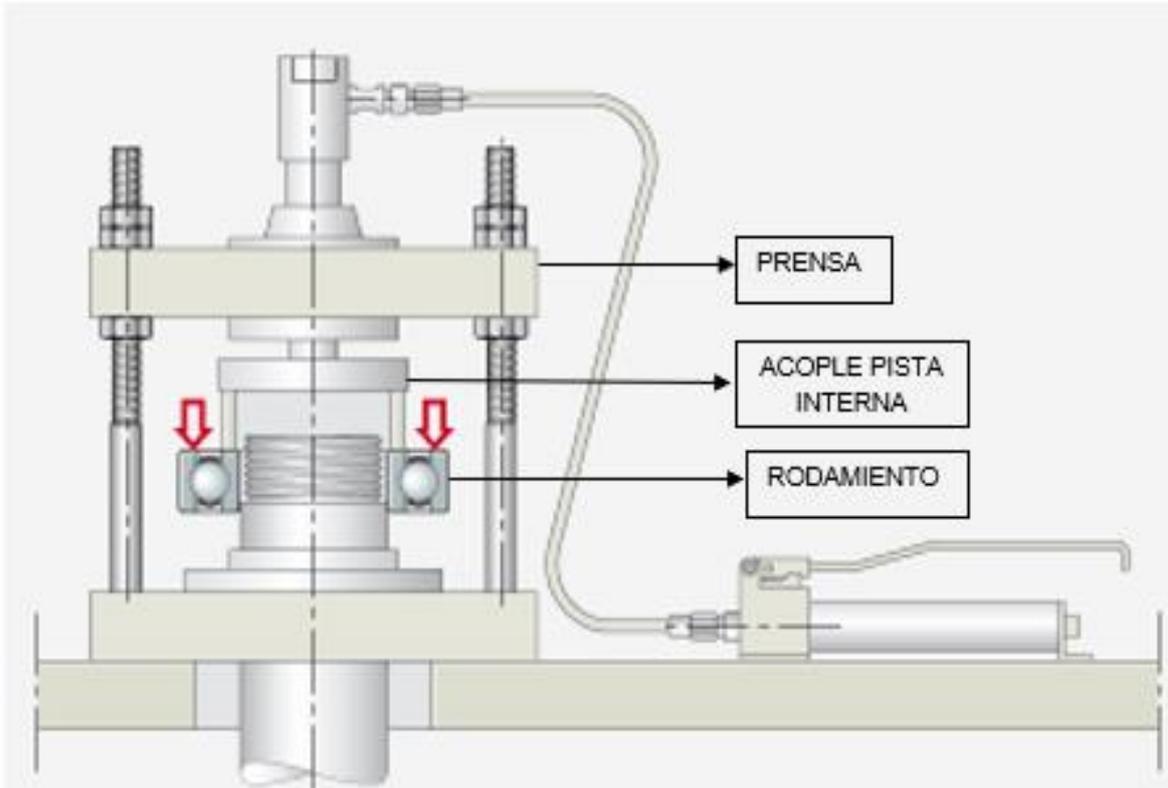


Figura 1.35 Proceso de colocación con prensa, adaptada de [23].

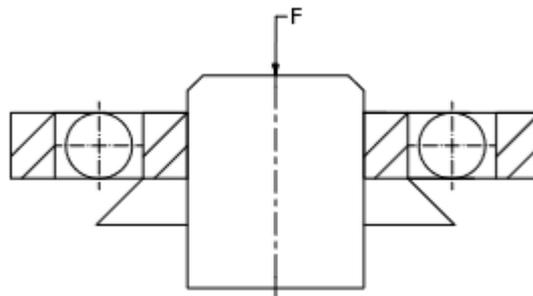


Figura 1.36 Extracción mediante soporte y apoyo del cilindro de la prensa, adaptada de [23].

Para el desarrollo de las actividades fundamentales en la prensa es necesario utilizar accesorios rápidos que faciliten el montaje y desmontaje del cilindro para optimizar el tiempo, además los accesorios deben estar en la capacidad de montar o desmontar las piezas como rodamientos, bujes, bocines sin dañar otras partes (Figura 1.37).

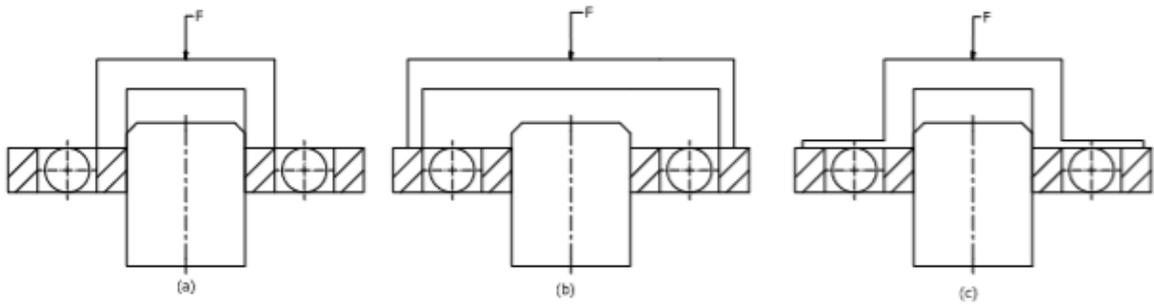


Figura 1.37 Accesorios para el montaje. a) Acople para el anillo interior del rodamiento. b) Accesorio para anillo exterior. c) Herramienta para anillo interno y externo, adaptada de [24].

En el caso del desmontaje es necesario otro tipo accesorios, disponible en la Figura 1.38 son soporte del rodamiento y extracción por parte del cilindro, uso de un separador se usa sin necesidad de una prensa.

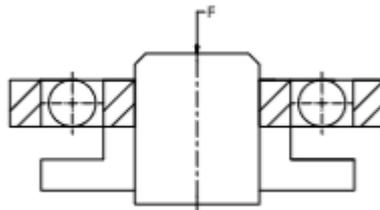


Figura 1.38 Accesorios para el desmontaje, soporte específico, adaptada de [24].

El rodamiento debe estar centrado a escuadra en el eje o agujero para garantizar un correcto proceso de prensado disponible en la Figura 1.39.

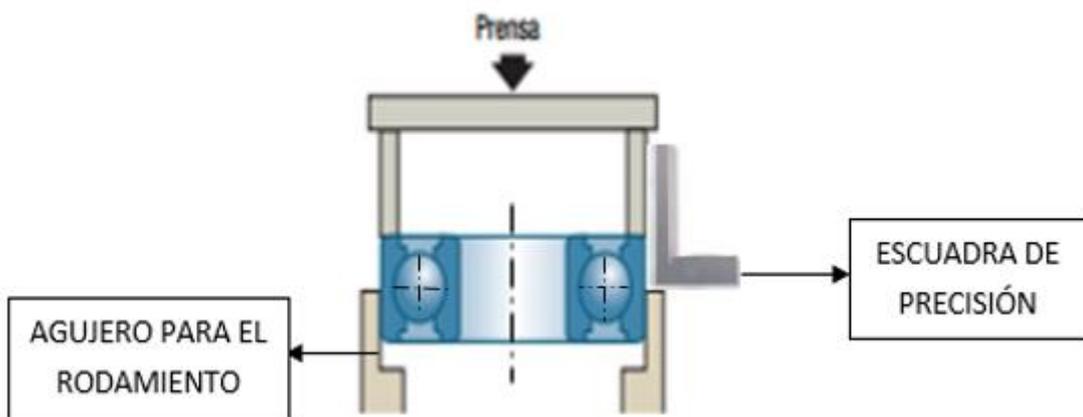


Figura 1.39 Representación del proceso de centrado en un rodamiento, adaptada de [24].

1.6.21.2 Proceso de estampado

El proceso de estampado en metales es un de proceso de manufactura en el cual se somete a un esfuerzo de compresión una plancha metálica o de acero que se ubica

entre dos moldes, es un proceso de fabricación en serie dependiendo del grosor de la chapa (Figura 1.40).

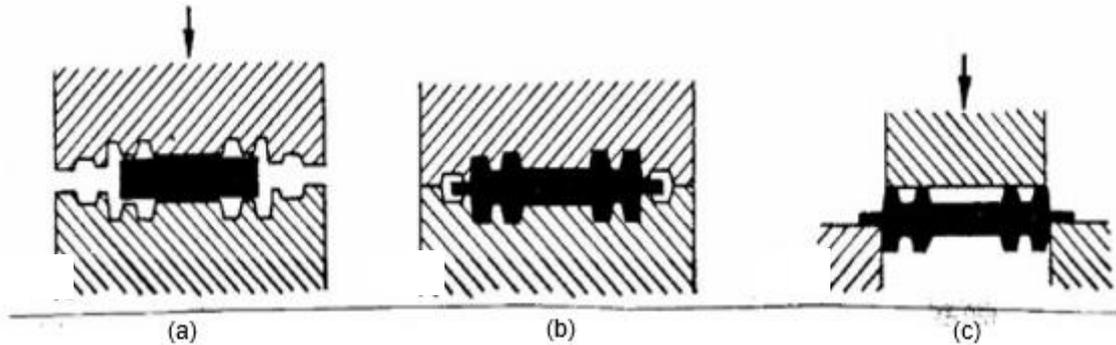


Figura 1.40 Proceso de estampado. a) Disposición de estampado. b) Pieza formada. c) Corte de rebaba, adaptada de [24].

1.6.21.3 Proceso de embutido profundo

El embutido profundo es un esfuerzo de compresión que realiza la central oleohidráulica con un punzón en el vástago del pistón y una matriz disponible en la Figura 1.41, se realiza este proceso de manufactura para producción en serie como latas de conservas o bebidas con distintos espesores de chapa metálica.

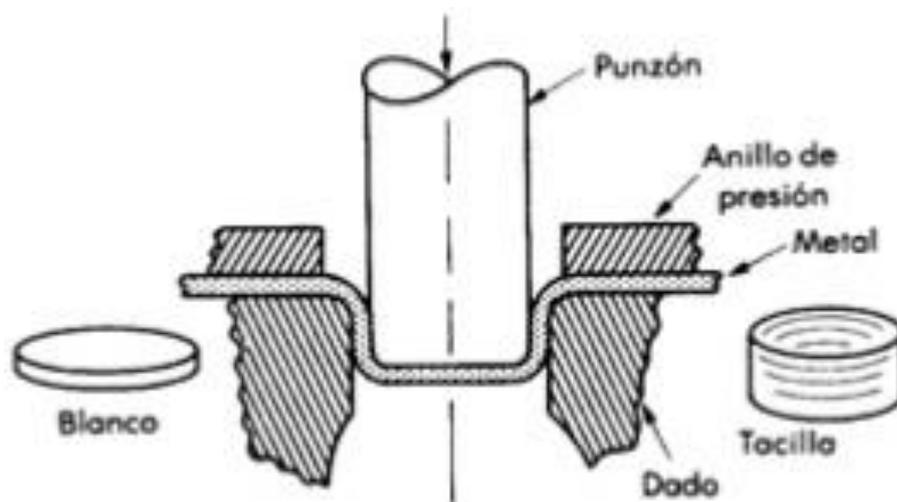


Figura 1.41 Proceso de embutido profundo [25].

1.6.16.4 Proceso de forjado

El forjado consiste en compactar una pieza que previamente se ha calentado en el caso del acero entre 800 °C a 1000 °C o se trabaja en frío con dados disponibles en la Figura 1.42, el primero ubicado en el vástago del cilindro y el otro en la mesa, esta actividad de manufactura sirve para realizar piezas estructurales en metales.

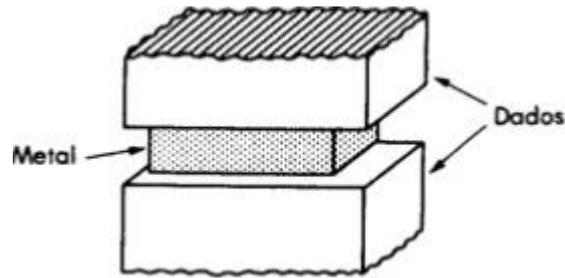


Figura 1.42 Proceso de forjado [25].

1.6.16.5 Proceso de extrusión

Este proceso consiste en forzar a una pieza metálica a pasar por un orificio con ayuda de un sistema oleohidráulico que compacta a la pieza en caliente o frío para obtener secciones solidas de distintas dimensiones en una misma pieza evitando ensambles en metales. (Figura 1.43).

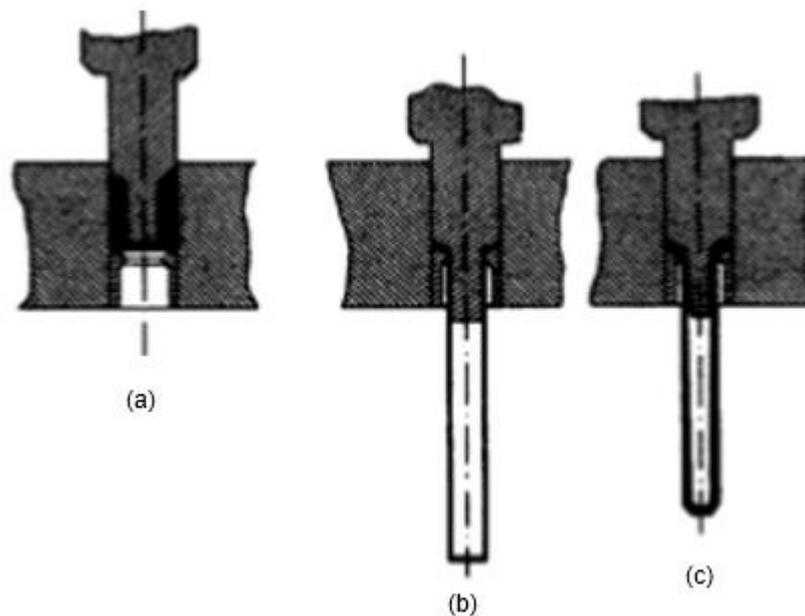


Figura 1.43 Proceso de extrusión. a) Inicio del proceso. b) Transición del extruido. c) Piezas extruida, adaptada de [25].

1.6.15.6 Proceso de cizalla

El proceso de manufactura consiste en compactar una chapa metálica, polímero, aluminio, bronce con un punzón sobre una matriz disponible en la Figura 1.44. La ventaja de esta técnica de manufactura es realizar cortes con precisión de acuerdo con el diseño de la matriz.

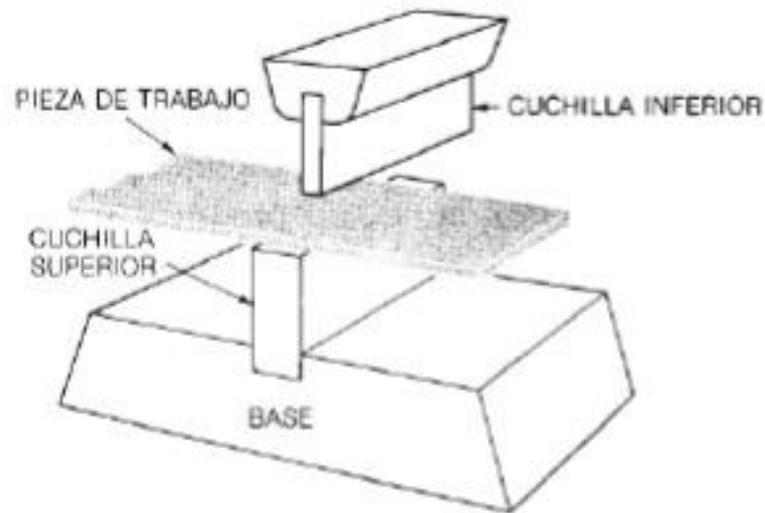


Figura 1.44 Representación del proceso de cizalla y sus elementos [25].

1.7 ESTADO DEL ARTE DE LAS PRENSAS HIDRÁULICAS

Las máquinas disponibles en el mercado permiten mayor prestación y eficiencia en el desarrollo de trabajos que garantizan un buen producto final, la innovación, es parte esencial, a continuación, se mencionan dando lugar a tres máquinas de distintos fabricantes cuyas características servirán de referencia para realizar el diseño y construcción de la prensa.

1.7.1 PRENSA VERTICAL DE 4 PILARES Y32 100T

La prensa hidráulica vertical de cuatro pilares Serie Y32 100 T (Figura 1.45) es una máquina de la empresa Wuxi KLT Precision Hydraulic Machinery Factory. La Tabla 1.6 muestra datos de placa de la prensa.



Figura 1.45 Prensa Y32 100T [11].

Tabla 1.6 Características principales de la Prensa Y32 100T [11].

Voltaje:	220V/380V (de acuerdo a su voltaje local)	Lugar del origen:	China (Continental)	Marca:	KLT
Número de Modelo:	Y32-100t	Peso:	4t	Energía (kW):	7,5 kW
CNC o no:	CNC	Garantía:	2 años después de la entrega	Condición:	Nuevo
Certificación:	ce	Dimensión (LxHxA):	2076mmx1200mmx3300mm	Fuente de energía:	Hidráulico

La Tabla 1.7 muestra características para aplicaciones de la prensa y la Tabla 1.8 indica datos técnicos de operación en la máquina.

Tabla 1.7 Datos técnicos de la Prensa Y32 100T [11].

Parámetro	Característica
Aplicación	Maquinaria de ingeniería, rodamientos partes de autos metalurgia.
Número de columnas	4
Material para trabajo	Plásticos y chapa metálica.
Usos	Compactar, extracción, estiramiento de metales y plásticos.
Modos de operación de ajuste	Manual, automático y semiautomático.
Modo automático	Producción en serie

Tabla 1.8 Parámetros de trabajo de la Prensa Y32 100T [11].

Parámetro	Unidad	Valor
Fuerza Nominal	kN	1000
Fuerza de expulsión	kN	200
Max. la presión del líquido	MPa	26.2
Tiempos de slider	mm	500
Max. altura de la abertura	mm	900

Carrera de expulsión		mm	200
Velocidad de control deslizante	Velocidad de ralentí	mm/s	100
	Velocidad de trabajo	mm/s	8-15
	Velocidad de retorno	mm/s	60
Dimensión total	L. R.	mm	2076
	F. B.	mm	1200
	sobre el suelo	mm	3300
Potencia del motor		kW	7,5
Peso		T	4

1.7.2 PRENSA JS-LXU 100 T

Prensa de 100 toneladas fabricada por la empresa Jiangsu Longxu Heavy Machinery Co., Ltd., considera adoptar sistemas CNC para el desarrollo de maquinaria, cuenta con líneas de investigación, desarrollo, producción y ventas, la prensa se muestra en la Figura 1.46.



Figura 1.46 Prensa JS-LXU 100 T [26].

Los datos de placa de la máquina están disponibles en la Tabla 1.9.

Tabla 1.9 Datos de la Prensa JS-LXU 100T [26].

Voltaje:	380 V 50 HZ	Lugar del origen:	China (Continental)	Marca:	JS. LXU
Número de Modelo:	YLX	CNC o no:	No	Garantía:	1 año
Condición:	Nuevo	Fuente de energía:	Hidráulico	Color:	Personalizable

Los datos técnicos en aplicaciones están disponibles en la Tabla 1.10 y en datos de operación de la máquina están disponibles en la Tabla 1.11.

Tabla 1.10 Datos técnicos de la Prensa JS-LXU 100T [26].

Parámetro	Característica
Aplicación	La mesa se puede ajustar según los pasadores
Material para trabajo	Plásticos y chapa metálica.
Usos	Montaje, desmontaje, estampado, enderezado.

Tabla 1.11 Parámetros de trabajo de la Prensa JS-LXU 100T [26].

Especificación	20T	40T	60T	80T	100TA
Presión de trabajo (MPa)	18	23	30	31,5	31,5
Recorrido (mm)	200	200	200	240	240
Área de trabajo (mm)	360x400	400x460	400x460	500x450	500x500
Potencia del Motor (KW)	2,2	3	3	5,5	5,5
Velocidad de descenso(mm/s)	12	6,5	6	9	7,5
Velocidad de ascenso (mm/s)	19	9,5	8	13	10
Peso (kg)	240	370	380	860	1200

1.7.3 PRENSA INDUSTRIAL TEMCO 50 T

TEMCO Industrial cuenta con una prensa de 50 toneladas eléctrica hidráulica, es rápida de fácil operación, tiene un sistema de posicionamiento con piñón-rueda dentada donde el objetivo es dar desplazamientos verticales de la mesa; además, para asegurar el sistema tiene pasadores que garantizan la seguridad del operario,

con el sistema de posicionamiento se obtiene eficiencia en la movilidad del sistema (Figura 1.47, Figura 1.48).



Figura 1.47 Prensa Industrial TEMCO 50 T [27].

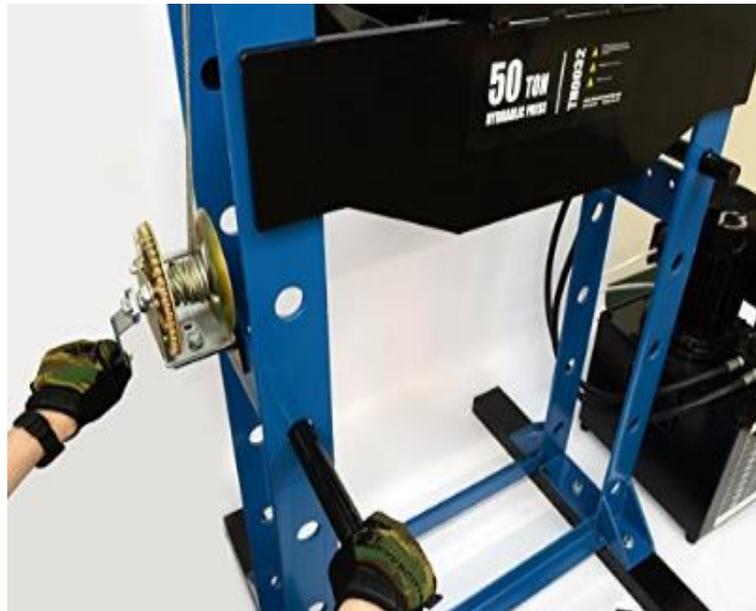


Figura 1.48 Sistema de movimiento Prensa Industrial TEMCO 50 T [27].

Los datos están disponibles en la Tabla 1.12 y Tabla 1.13.

Tabla 1.12 Datos de la Prensa Industrial TEMCO [27].

Voltaje AC	240 V Trifásico	Marca	TEMCo
Corriente	6.8 Amperios	Dimensión (L×W×H):	18 x 48 x 71 pulgadas
Condición	Nuevo	Fuente de energía	Hidráulica

Tabla 1.13 Parámetros de trabajo de la Prensa Industrial TEMCO [27].

Parámetro	Unidad	Valor
Fuerza Nominal	kN	500
Bomba Hidráulica	HP	5
Superficie de la cama	pulg	12 x 12.75
Voltaje AC	V Trifásico	240
Corriente	Amperios	6.8
Dimensiones nominales	pulg	18 x 48 x 71

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE LA PRENSA HIDRÁULICA AUTOMÁTICA DE 10 TONELADAS

En el presente capítulo se analiza módulos de solución de acuerdo con los criterios mencionados por la empresa, el ingeniero y funciones de la máquina que muestra resultados sin dar preferencias las características para el diseño.

2.1 ESPECIFICACIONES GENERALES

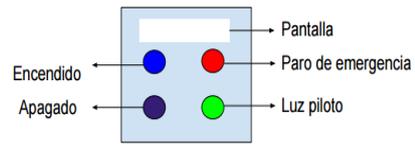
Para el desarrollo de las funciones de la máquina es necesario usar la norma VDI 2221, “establece las etapas del problema a resolver y la secuencia más recomendable para llevarlas a término” [28].

De acuerdo con la normativa del desarrollo QFD (Diseño para la calidad) es necesario considerar especificaciones, criterios de la empresa y el ingeniero.

2.1.1 ESPECIFICACIONES PARA LA PRENSA HIDRÁULICA AUTOMÁTICA DE 10 TONELADAS

En la Tabla 2.1 se muestran los requerimientos por parte de la empresa y el ingeniero.

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas de la prensa.

Empresa cliente: Promein		Producto: Diseño y construcción de una prensa hidráulica automatizada con una capacidad máxima de 10 toneladas.		Fecha inicial:29-05-2017
Empresa de ingeniería: Esteban Castillo				Última revisión: 2-06-2017
				Página 1/2
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Fuerza	7/2/2017	E+I	R	Fuerza máxima útil de 10 toneladas.
Dimensión	7/2/2017	E	R	Área vertical útil de 1200 x 1800 mm
Función	7/2/2017	E	R	La máquina debe contar con un panel de control con indicadores de las distintas operación y elementos de seguridad. 
Energía	7/2/2017	E	R	Usar energía trifásica 220 voltios.
Seguridad y ergonomía	7/2/2017	I	R	El panel de control está ubicado a una altura regulable para que personas de distintas alturas puedan controlar la máquina sin inconvenientes dando adaptabilidad con el usuario.
Función	7/2/2017	E	D	Dada la posibilidad de que se supere la capacidad nominal de la prensa de 10 toneladas es considerable utilizar un sistema de apoyo por medio de un cilindro mecánico hidráulico que aporte la capacidad de fuerza para obtener el prensado en una pieza que supere la capacidad de esta.
Función	9/11/2016	I	R	Varios modos de operación (automático y semiautomático).
Señales y control	9/11/2016	E+I	R	Cilindro de doble efecto capaz de proporcionar las 10 toneladas de fuerza y trabajo para una presión de 12,47 MPa. Calculado con un émbolo de 100mm.
Asp legales	9/11/2016	I	R	Documentar el estudio de las técnicas de prensado para diferentes materiales.

Fuerzas	9/11/2016	I	R	Configurar los parámetros de: presión acudiendo a catálogos disponibles el cilindro estándar más próximo a la necesidad es el de 14 MPa, el desplazamiento de 200 mm y fuerza que depende del accesorio para aplicar las 10 toneladas según el acople.
Señales y control	9/11/2016	I	R	Implementar una interfaz HMI.
Movimientos	9/11/2016	I	R	La prensa contará con un puente móvil que se desplazará verticalmente a lo largo de 1800mm, en el chasis de la estructura por medio de un mecanismo rueda trinquete y adicionalmente pasadores para sujetar la mesa.
Movimientos	9/11/2016	I	R	Para el desplazamiento del puente móvil se pretende utilizar energía manual o energía de un motor.

Dónde:

Propone:

E= Empresa

I=Ingeniero

R/D:

R = Requerimiento

D = Deseo

2.1.2 VOZ DEL USUARIO

La empresa Promein es un centro de mecanizado que actualmente no cuenta con el servicio de prensado, este factor ha llevado a incurrir en costos extras para realizar trabajos, mal manejo de piezas e insatisfacción en los clientes. Considerando la no existencia de la máquina es necesario diseñar y construir de una prensa hidráulica automática de 10 toneladas que cuente con las siguientes especificaciones:

- Que sea práctica.
- Facilitar el montaje de las piezas en la prensa.
- Prensar varios tamaños de piezas.
- Que esté dimensionada estructuralmente para una capacidad mayor de 10 toneladas.
- Que sea de fácil mantenimiento.

- Que trabaje con voltaje trifásico voltaje 220 V.
- Que su capacidad de prensado de 10 toneladas.
- Que cuente con un panel de control.

2.1.3 VOZ DEL INGENIERO

Después de obtener los requerimientos por parte del usuario es necesario describir en especificaciones técnicas para analizar las competencias, correlaciones y comparaciones técnicas.

- Ergonomía.
- Herramientas estándar para montaje.
- Desplazamiento de la mesa de trabajo (con mandos manuales).
- Dimensionamiento para 15 toneladas de carga útil en la estructura.
- Materiales.
- Desmontable.
- Convertidor 220V/24V/12V.
- Dimensionamiento del motor, bomba, pistón, válvulas para la fuerza útil de 10 toneladas.
- HMI y PLC para el control e interfaz con el operador.

2.1.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CASA DE LA CALIDAD

De acuerdo con los resultados del Anexo A.1, la casa de la calidad, se determina que las características (Tabla 2.2) que tienen mayor influencia en el diseño son:

Tabla 2.2 Características para el diseño.

Parámetro	Porcentaje
Ergonomía	18%
Desplazamiento de la mesa de trabajo (con mandos manuales)	15%
Convertidor 220V/24V/12V	12%
Dimensionamiento del motor, bomba, pistón, válvulas para la fuerza útil de 10 toneladas	11%
Velocidad de descenso de 12 mm/s y de retorno de 19mm/s. Presión de trabajo de 18MPa	11%
Herramientas convencionales (Destornillador plano, estrella, playo, pinzas.)	11%

Los requisitos mencionados deben ser indispensables en el diseño para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados.

1. Las correlaciones que se han realizado en el ANEXO A.1, son necesarias y se designan con valores disponibles de acuerdo con los aspectos solicitados por la empresa y el ingeniero. Otra particularidad que influye en la máquina es la presencia de un panel de control donde se controla velocidades, presión y recorrido del pistón con un HMI y PLC, garantiza el manejo y acoge uno de los rasgos de mayor influencia como la ergonomía para el trabajo de los operarios.
2. Frente a la competencia el valor agregado es el uso de un PLC y HMI que permite aplicar la ingeniería mecatrónica para la automatización. El diseño que se usará es adaptativo porque el sistema existe en otras máquinas, a grandes escalas.
3. Respecto a los compromisos se debe tener particular cuidado con el sobredimensionamiento, la máquina necesita ser robusta donde el diseño de los elementos debe variar medidas y materiales que involucra criterios apropiados para que la máquina sea desmontable. Los mandos que se usan deben ser ergonómicos para los usuarios y garantizar la adaptabilidad del dispositivo hacia el usuario. Para facilitar el montaje y desmontaje de piezas en la prensa se debe utilizar herramientas convencionales. El convertidor de energía está seleccionado en base al controlador lógico programable.

2.2 DISEÑO CONCEPTUAL

El diseño conceptual contiene las características que darán como resultado la etapa de especificaciones para el diseño del producto donde es necesario considerar los criterios obtenidos. Desarrollando una serie de soluciones de donde se debe seleccionar la óptima.

2.3 ESTRUCTURA FUNCIONAL

Describe y resuelve problemas con la disgregación de funciones para continuar con una estructura modular, facilita las actividades de diseño, construcción, implementación, pruebas y resultados.

2.3.1 NIVEL 0 DE LOS MÓDULOS FUNCIONALES

La función global de la máquina tiene entradas de materiales, señales y energías que ingresan hacia la función de donde se obtiene el producto final que es la prensa hidráulica, disponible en la Figura 2.1.

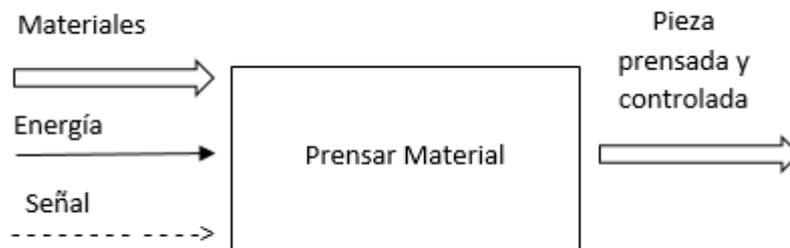


Figura 2.1 Nivel 0 de la Máquina.

Los parámetros que ingresan hacia la función global pueden ser:

- Materiales
 - Acero (Perfil UPN, Perfil HEB, AISI 1018)
 - Pernos
 - HMI-PLC

- Energía
 - Trifásico voltaje 220 V
 - Mecánica-Hidráulica
 - Mecánica-Manual

- Señal
 - Sensores
 - Actuadores

2.3.2 NIVEL 1 DE LOS MÓDULOS FUNCIONALES

Muestra las funciones principales que engloban a toda la máquina para obtener el producto del nivel 0.

Para establecer las funciones se muestra la Figura 2.2, se observa una prensa con las funciones del nivel 1.

1. Regular Mesa
2. Posicionar Pieza
3. Sujetar Pieza
4. Accionar pistón
5. Mover sistema
6. Transferir energía al fluido
7. Control de presión y desplazamiento
8. Sostener elementos
9. Visualizar control

En el diagrama de la Figura 2.3 se indican los módulos funcionales con sus respectivas conexiones.

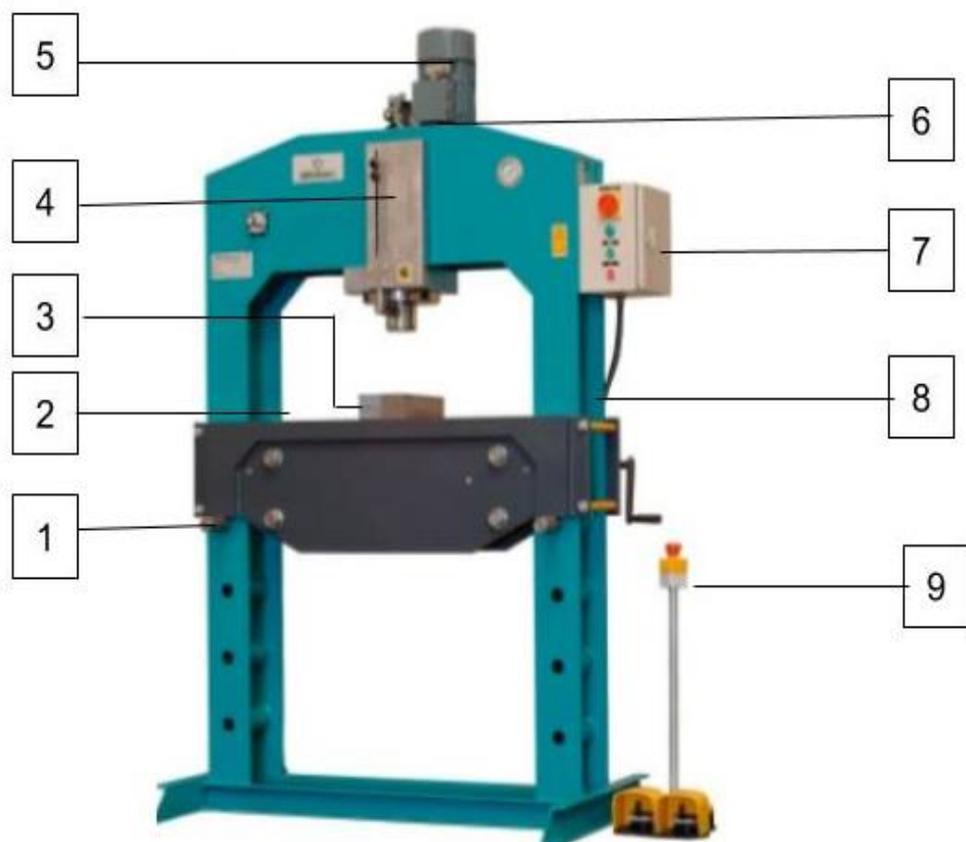


Figura 2.2 Esquema de la máquina con sus funciones [4].

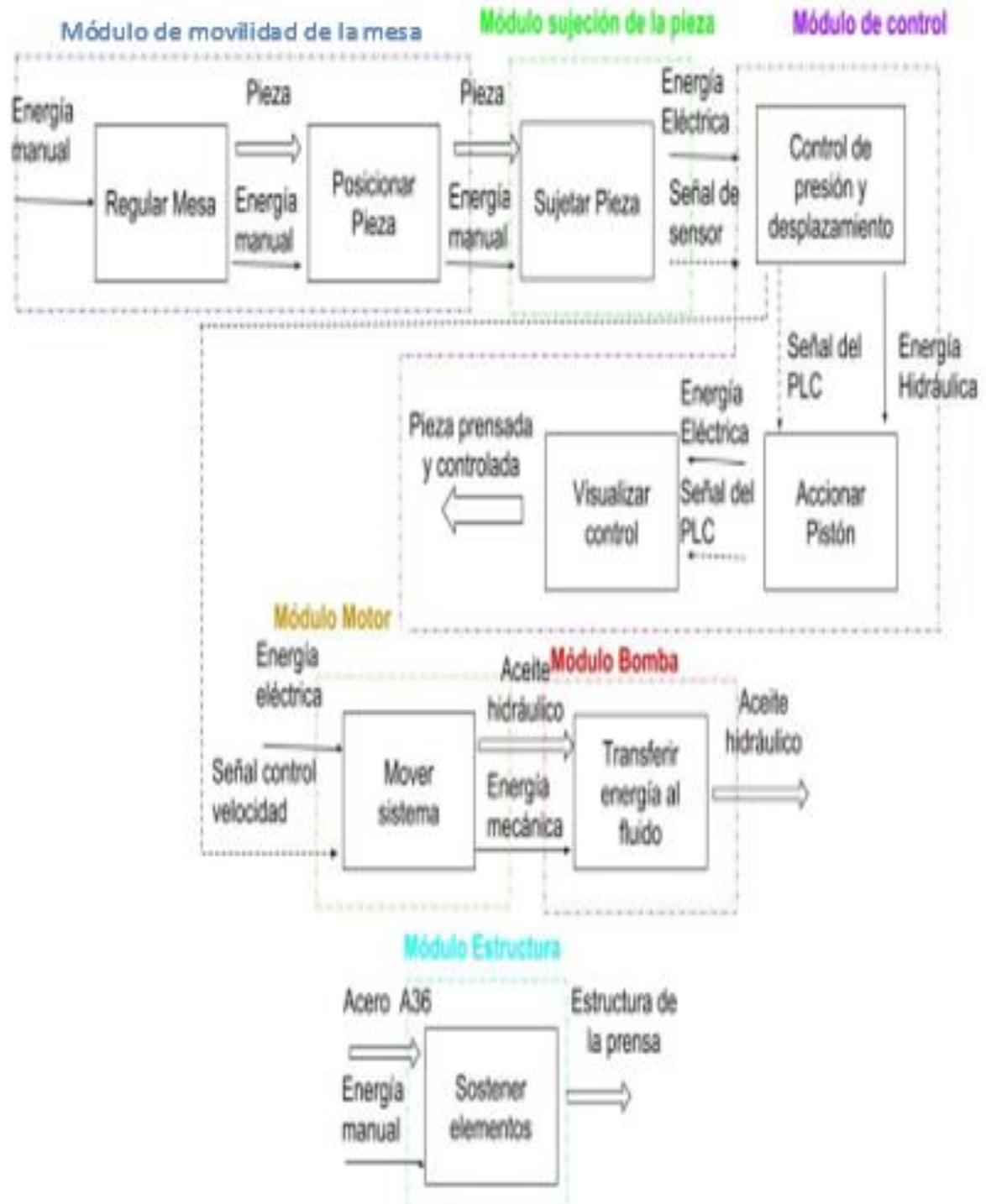


Figura 2.3 Nivel 1 de la Máquina.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS FUNCIONALES

Culminado el Nivel 1 para dar solución a todos los módulos se muestran posibles alternativas de solución.

2.4.1 MÓDULO DE MOVILIDAD DE LA MESA DE TRABAJO

La movilidad de la mesa de trabajo maneja dos posibles alternativas disponibles con sus características en la Tabla 2.3.

Trinquete Manual: El mecanismo está impulsado de manera mecánica, con una rueda dentada y gatillo que permite el desplazamiento de la mesa.

Pasador - Manual: Las columnas de la prensa tienen orificios nivelados en cada extremo donde los pasadores soportan la carga del pistón, mesa y pieza.

Tabla 2.3 Alternativas para el módulo de movilidad de la mesa de trabajo.

Alternativa	Ventaja	Desventaja
<p>1. Trinquete Manual</p>  <p>Figura 2.4 Trinquete [27].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Enclavamiento del sistema en cualquier posición de la mesa. • Operación de un solo operario 	<ul style="list-style-type: none"> • Admite cargas moderadas de acuerdo con el dimensionamiento del trinquete
<p>2. Pasador- Manual</p>  <p>Figura 2.5 Pasador [27].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Soportan altas cargas sobre la mesa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionamiento limitado por los orificios de los pasadores en la estructura • Movilidad con 2 operarios

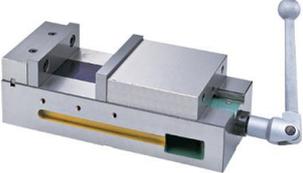
2.4.2 MÓDULO DE SUJECIÓN DE LA PIEZA

La sujeción de la pieza en la mesa utiliza herramientas universales por distintos tamaños y formas geométricas que pueden tener en el centro de mecanizado. Las alternativas están disponibles en la Tabla 2.4.

Sujeción por mordazas: Por un tornillo de potencia brinda un ajuste apropiada para evitar la movilidad de la pieza en la mesa de trabajo.

Placas de apoyo en las vigas de la prensa, extractores para piezas y accesorios del émbolo: Con el uso de placas de acero y extractores se extrae o ajusta piezas (bujes, rodamientos).

Tabla 2.4 Alternativas para el módulo de sujeción de la pieza.

Alternativa	Ventaja	Desventaja
<p>1. Mordazas</p>  <p>Figura 2.6 Mordazas [29].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil montaje • Gran precisión 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitación de área de sujeción • Alto costo
<p>2. Placas de apoyo, extractores y accesorios del émbolo</p>  <p>Figura 2.7 Accesorios para la prensa [4].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Adaptabilidad para formas geométricas. • Rápido manejo en la prensa 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de precisión

2.4.3 MÓDULO DE CONTROL

El módulo de control está involucrado varias etapas y funciones que se muestran a continuación donde se aprecia los sensores, HMI y PLC.

2.4.3.1 Sensor para el posicionamiento del pistón

Para la detección del recorrido del pistón se ha planteado dos alternativas que pueden ser detectadas por el PLC, (Tabla 2.5).

Sensor magnético: IP65 de la empresa Direct INDUSTRY es un sensor robusto capaz de acoplarse en pequeñas ranuras.

Encoder rotacional: Con un sistema mecánico de polea permite conocer la posición del vástago según el recorrido.

Tabla 2.5 Alternativas para el módulo de sensor de posicionamiento.

Alternativa	Ventaja	Desventaja
<p>1. Sensor magnético</p>  <p>Figura 2.8 Sensor magnético IP65 [30].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de acoplamiento en el cilindro 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad • Alto costo
<p>2. Encoder</p>  <p>Figura 2.9 Encoder 360 1440 PPR [31].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Disponible en el mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Unión con sistema mecánico al vástago del pistón.

2.4.3.2 Sensor para el control de la presión

Conocer la presión de trabajo de la máquina es necesario para establecer un control apropiado según la fuerza que se requiera aplicar. En este control se tienen varias alternativas entre ella, (Tabla 2.6).

Tabla 2.6 Alternativa sensor de presión para la máquina.

Alternativa	Ventaja	Desventaja
1. Transductor	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad para trabajo con el PLC. • Maneja rangos de tensión en función de la presión. • Aplicaciones hidráulicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo • Disponibilidad
2. Sensor de presión diferencial	<ul style="list-style-type: none"> • Trabaja con presiones de 1-600 BAR. • Aplicaciones hidráulicas. • Facilidad para trabajo con el PLC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo • Disponibilidad

Transductor: transforma presión en una señal eléctrica, por medio de la deformación física de extensómetros que están unidos al diafragma del transductor de presión unidos por un puente de Wheatstone.

Sensor de presión diferencial: toma la medida de dos puntos y emite una salida eléctrica.

2.4.3.3 Actuador para la prensa

Para el movimiento de la prensa es necesario un pistón que pueda trabajar de manera eficiente y automático, de acuerdo a las condiciones se aprecian las siguientes opciones, (Tabla 2.7).

Cilindro de efecto simple: Permite traccionar o comprimir, el retorno del vástago se realiza por un sistema mecánico: gravedad o peso de la carga, tiene un orificio donde ingresa el aceite hidráulico.

Cilindro de doble efecto: Genera movimientos en dos sentidos: comprimir y traccionar. Consta de dos orificios, uno para impulsar el vástago y otro para retraerlo por medio del aceite hidráulico proveniente de la bomba.

Tabla 2.7 Alternativa para el pistón en la máquina

Alternativa	Ventaja	Desventaja
1. Cilindro de efecto simple	<ul style="list-style-type: none"> Menor cantidad de elementos en el circuito hidráulico 	<ul style="list-style-type: none"> Un solo sentido de operación. Alto Costo
2. Cilindro de doble efecto	<ul style="list-style-type: none"> Dos sentidos de operación 	<ul style="list-style-type: none"> Alto costo

2.4.3.4 Controlador Lógico Programable

El Controlador Lógico Programable es el encargado de almacenar rutinas preestablecidas por el programador para dar una secuencia lógica con la lectura de sensores y actuadores. (Tabla 2.8)

PLDuino: Cuenta con 8 entradas analógicas, 8 digitales, 6 salidas por relé, es económico, utiliza software libre para la programación y existe facilidad para acoplar periféricos sin necesidad de módulos.

PLC SIEMENS LOGO 230RC: El PLC Siemens cuenta con 6 entradas digitales, 4 salidas digitales por relé, cuenta con versatilidad para acoplarse en cualquier caja de control, el trabajo en instalaciones industriales.

Tabla 2.8 Alternativa del PLC para la máquina.

Alternativa	Ventaja	Desventaja
1. PLDuino	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de programación • Cuenta con sistema de comunicación embebidos. • Manejo de varios protocolos de comunicación USB, RS485, RS232, I2C, SPI 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal calificado para el mantenimiento
2. PLC SIEMENS LOGO	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos accesibles económicamente • Se puede añadir más entradas o salidas. • Cuenta con una pantalla 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo para conexión con otros módulos • Personal calificado

2.4.3.5 Interfaz con el operador

En los objetivos planteados se necesita usar un HMI, en vista que permite la visualización y control de los procesos en tiempo real, (Tabla 2.9).

Tabla 2.9 Alternativa para interfaz con el operador

Alternativa	Ventaja	Desventaja
1. HMI  Figura 2.10 HMI SIEMENS SIMATIC [32].	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo dinámico de la máquina • Visualización del proceso • Control del proceso 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal capacitado para el mantenimiento.
2. Tablero de control  Figura 2.11 Tablero eléctrico fijo [33].	<ul style="list-style-type: none"> • Sencillo • Componentes fáciles de adquirir • Tiene mayor tiempo de estudio 	<ul style="list-style-type: none"> • Funciona para una sola configuración en caso de modificaciones se necesita un nuevo tablero. • Sistema on/off de control.

Con el PLC seleccionado es necesario verificar el tipo de comunicación que se necesita entre el HMI y el PLC (Figura 2.16).

Tablero de control: Es una instalación eléctrica donde se concentran todas las conexiones del sistema, con el uso de indicadores se observa fallas, funcionamiento de la máquina por medio de luces piloto o alertas auditivas, como muestra la Figura 2.17, además se controla el funcionamiento de la máquina

2.4.4 MÓDULO MOTOR

En el sistema hidráulico es necesario un motor que proporciona la energía mecánica para mover la bomba y esta impulse el fluido, la alimentación debe ser trifásica 220V, de acuerdo con la solicitud de la empresa (Tabla 2.10).

Tabla 2.10 Alternativa para el módulo motor

Alternativa	Ventaja	Desventaja
1. Motor de inducción	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo • Alta disponibilidad • Robustos • Bajo mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas corrientes en el arranque. • Sistema de uso según la energía disponible en el medio.
2. Motor DC	<ul style="list-style-type: none"> • Amplio rango de variación de velocidad • Bajo nivel de ruido • Robusto 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de convertidores dependiendo de la aplicación. • Disponibilidad

2.4.4.1 Control arranque del motor

El equipo permite controlar al motor, en la prensa es el actuador que está conectado a la bomba para obtener la presión de trabajo, (Tabla 2.11).

Variador de frecuencia: Permite regular la velocidad del motor además del arranque y parada cuenta con protecciones para sobre corrientes.

Arrancador suave o directo: Permite controlar el arranque y parada de motores cuando se activa o desactiva la señal además cuenta con protección de corrientes.

Tabla 2.11 Alternativa control del motor

Alternativa	Ventaja	Desventaja
<p>1. Variador de frecuencia</p>  <p>Figura 2.12 Variador de frecuencia V20 Siemens [32].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de variedad de velocidades • Sistema electrónico 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo
<p>2. Arrancador suave o directo</p>  <p>Figura 2.13 Arrancador suave EBASEE 2HP [34].</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Económica. • Sencilla de implementar 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad fija en el sistema • Mantenimiento del sistema.

2.4.5 MÓDULO BOMBA

Bomba de engranajes: Consta de dos engranes encerrados, produce caudal al transportar el fluido entre los dientes de los engranajes son robustas, (Tabla 2.12).

Bomba de paletas: Tiene un conjunto de aletas con cinemática radial

Bomba de pistón radial: Son bombas eficientes en el campo hidráulico por sus capacidades de trabajo, tiene pistones perpendiculares al eje deslizante controlado por válvulas en forma de estrella.

Tabla 2.12 Alternativa para el módulo de la bomba

Alternativa	Ventaja	Desventaja
1. Bomba de engranajes	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento sencillo • Capaz de transportar productos viscosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un motor de velocidad variable para variar el flujo
2. Bomba de paletas	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de la velocidad y flujo por las paletas • Costo accesible 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal calificado para el mantenimiento.
3. Bomba de pistón radial	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de la velocidad y flujo por el pistón • Fácil instalación 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo

2.4.6 MÓDULO DE CONTROL DEL SISTEMA OLEOHIDRÁULICO

El control del sistema hidráulico regula, para, controla y alivia la presión en todo el sistema, para dar solución se presentan dos alternativas, (Tabla 2.13):

Tabla 2.13 Alternativa para el módulo de control de flujo

Alternativa	Ventaja	Desventaja
1. Válvulas mecánicas  Figura 2.14 Válvulas mecánicas marca New [35].	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo del sistema no necesita personal calificado. • Disponible en el mercado. • Capaz de transportar productos viscosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control poco preciso • Las válvulas se ubican en el lugar de control donde se las puede manipular.
2. Válvulas proporcionales y electroválvulas  Figura 2.15 Válvulas industriales marca VICKERS [6].	<ul style="list-style-type: none"> • Regula la velocidad y flujo en el sistema de forma automática • Regula al sistema de forma precisa • Automatiza procesos • Control a larga distancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado • No existe abundancia de proveedores

Válvulas mecánicas: Su accionamiento es manualmente, en general sirven para dar paso o no al fluido en el sistema.

Válvulas proporcionales y electroválvulas: Su accionamiento es eléctrico (tensión o corriente), han dado gran paso a la automatización de procesos sus costos son muy elevados

2.4.7 MÓDULO ESTRUCTURA

Para soportar la carga útil de las 10 toneladas es necesario el uso de acero, por disponibilidad en el mercado y criterios de diseño se pretende el uso de perfiles estructurales y placas de A36 cuenta con características relevantes para esta aplicación.

Las propiedades del perfil HEB A36, (Figura 2.16), cuenta con las características mecánicas disponible en la Tabla 2.14

proporcionan características mecánicas para el chasis de la estructura, como muestra la Figura 2.27.

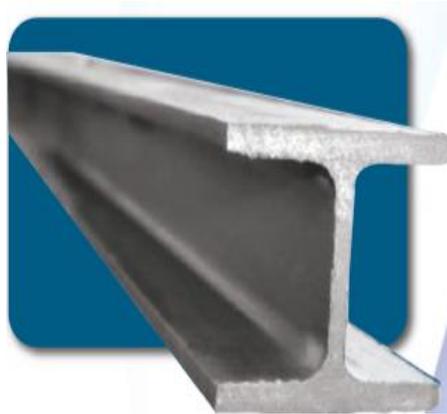


Figura 2.16 Viga HEB Acero A36 [36].

Tabla 2.14 Propiedades Mecánicas del perfil HEB 120, adaptada de [36].

Propiedades Mecánicas	
Resistencia Mecánica	Punto de Fluencia
MPa	MPa
370-520	235

2.5 MATRIZ MORFOLÓGICA

En la matriz morfológica disponible en la Figura 2.17 se muestra las alternativas de solución para los módulos explicados previamente. En la Tabla 2.15 se debe tomar en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa para obtener algunas soluciones y realizar el análisis con el método de residuos ponderados.

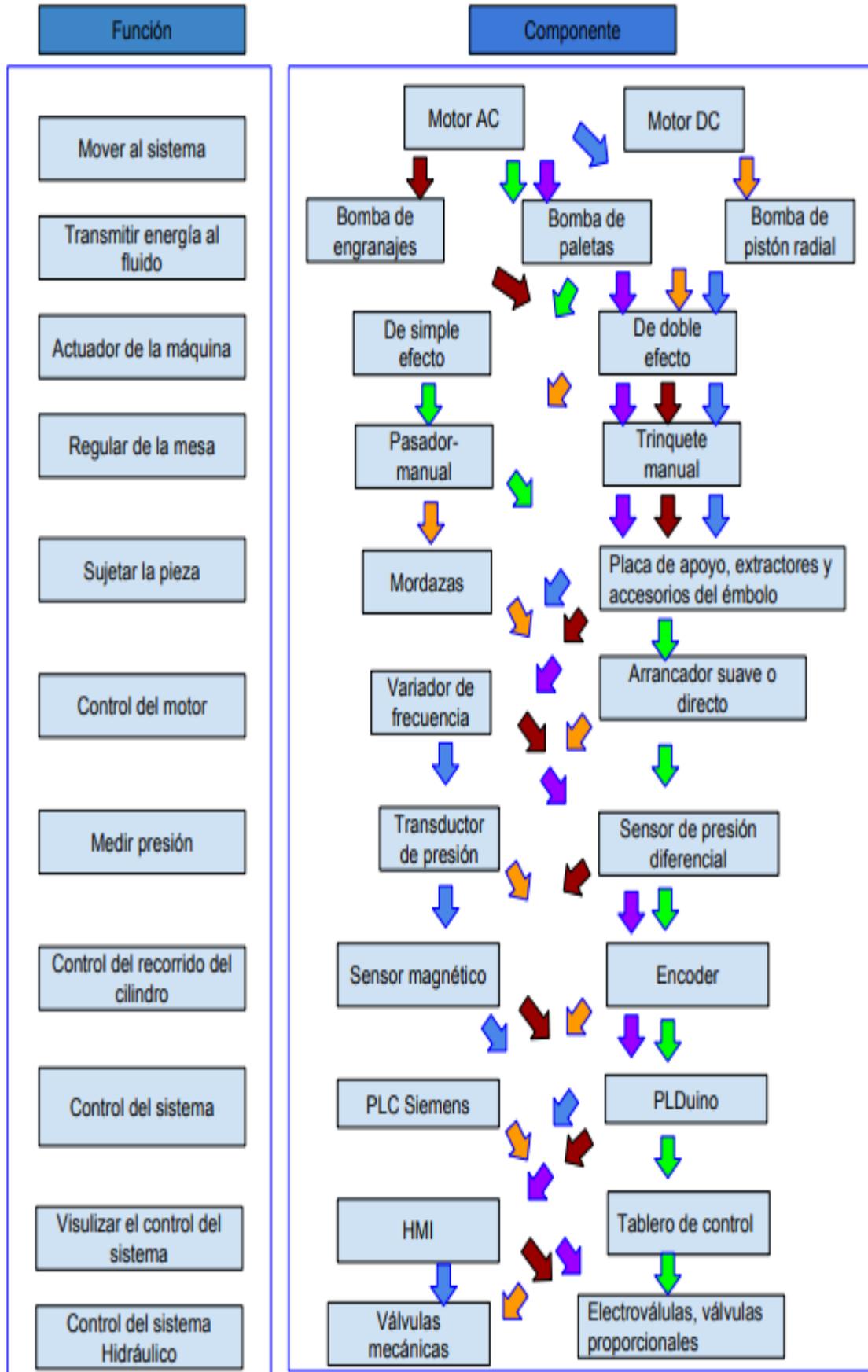


Figura 2.17 Matriz Morfológica.

Por medio de las combinaciones realizadas se encuentran algunas alternativas de solución que se indica en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15 Representación según a matriz Morfológica.

Alternativa	Componente
Alternativa 1	Motor AC
	Bomba de engranajes
	Actuador de doble efecto
	Trinquete manual
	Placa de apoyo, extractores y accesorios del émbolo
	Variador de frecuencia
	Sensor diferencial de presión
	Sensor magnético
	PLDuino
	HMI
	Electroválvulas, válvulas proporcionales
Alternativa 2	Motor DC
	Bomba de pistón radial
	Actuador de doble efecto
	Pasador Manual
	Mordazas
	Arrancador suave o directo
	Transductor de presión
	Encoder
	PLC Siemens
	Tablero de control
	Válvulas mecánicas
Alternativa 3	Motor AC
	Bomba de paletas
	Actuador de simple efecto
	Pasador manual
	Placa de apoyo, extractores y accesorios del émbolo
	Arrancado suave o directo
	Sensor diferencial de presión
	Encoder

	PLDuino
	Tablero de control
	Electroválvulas, válvulas proporcionales
Alternativa 4	Motor AC
	Bomba de pistón radial
	Actuador de doble efecto
	Trinquete manual
	Placa de apoyo, extractores y accesorios del émbolo
	Variador de frecuencia
	Transductor de presión
	Sensor magnético
	PLDuino
	HMI
	Válvulas mecánicas
Alternativa 5	Motor AC
	Bomba de paletas
	Actuador de doble efecto
	Trinquete manual
	Placa de apoyo, extractores y accesorios del émbolo
	Variador de frecuencia
	Sensor de presión diferencial
	Encoder
	PLDuino
	HMI
	Electroválvulas, válvulas proporcionales

2.6 MATRIZ DE RESIDUOS PONDERADOS

La metodología para realizar la selección de la alternativa utiliza un método que no da preferencia hacia lo que el diseñador quiere ejecutar respecto a diseño, se implementa por medio de los residuos ponderados. Para llenar la matriz es necesario considerar varios criterios:

- 1 Si el criterio de las fila es superior al de la columnas
- 0,5 Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas

0 Si el criterio de las filas es inferior al de las columnas

Con estos valores se indica las características que se van a evaluar en las matrices:

- Fiabilidad es la capacidad de la máquina para funcionar correctamente sobre un periodo de tiempo determinado, Es indispensable para el centro de mecanizado utilizar la máquina a su 100% cada vez que se la requiera según la disponibilidad de trabajo.
- Robustez es una característica del diseño donde cumple y sobrepasa las necesidades de la empresa sin afectar drásticamente las dimensiones dando un valor agregado a ser insensible a perturbaciones en la máquina.
- Costo, el factor económico es fundamental puesto que la empresa no tiene ni conviene realizar cambios o gastos que no vengán en la planificación de la construcción de máquina por tanto es un presupuesto limitado para construir la máquina.
- Mantenimiento por conveniencias de las máquinas es necesario que su mantenimiento sea sencillo y que exista periodo prolongados entre ellos, esto exige la búsqueda de elementos diseñados apropiadamente para sacarles provecho y no incurrir en costos extras a causa de malos diseños en la fabricación.

Con el análisis realizado se procede a la evaluación de los criterios disponible en la Tabla 2.16.

Tabla 2.16 Evaluación de los criterios.

Fiabilidad>Robustez>Costo>Mantenimiento						
Criterio	Fiabilidad	Robustez	Costo	Mantenimiento	$\Sigma+1$	ponderación
Fiabilidad		0,5	1	1	3,5	0,35
Robustez	0,5		0,5	1	3	0,3
Costo	0	0,5		1	2,5	0,25
Mantenimiento	0	0	0		1	0,1
				suma	10	1

Para continuar con la evaluación es necesario tomar las alternativas mencionadas en la Tabla 2.15, la alternativa 2 queda fuera porque el motor DC es una de las soluciones, por requerimientos de la empresa no se puede usar.

Ahora con los resultados de la Tabla 2.17 es necesario evaluar con cada alternativa

donde la fiabilidad tiene el 0.33, robustez 0.3, costo 0.25 y mantenimiento 0.1. Por tanto, se evalúa cada alternativa según los resultados mencionados. En la Tabla 2.16, se analiza el criterio de fiabilidad con las alternativas.

Tabla 2.17 Criterio de fiabilidad.

Alternativa 1 > Alternativa 4 > Alternativa 5 > Alternativa 3 > Alternativa 2							
Fiabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\Sigma+$	ponderación
Alternativa 1		1	1	0,5	1	4,5	0,30
Alternativa 2	0		0	0	0	1	0,07
Alternativa 3	0	1		0	0,5	2,5	0,17
Alternativa 4	0,5	1	1		0,5	4	0,27
Alternativa 5	0	1	0,5	0,5		3	0,20
					suma	15	1,00

El siguiente criterio que se analiza es la robustez para cada alternativa disponible en la Tabla 2.18.

Tabla 2.18 Criterio de robustez.

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 4 = Alternativa 5 > Alternativa 2							
Robustez	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\Sigma+$	ponderación
Alternativa 1		1	1	0,5	1	4,5	0,30
Alternativa 2	0		0	0	0	1	0,07
Alternativa 3	0	1		1	0,5	3,5	0,23
Alternativa 4	0,5	1	0		0,5	3	0,20
Alternativa 5	0	1	0,5	0,5		3	0,20
					suma	15	1

En la Tabla 2.19 se analiza el criterio costo el cual será evaluado con cada alternativa.

Tabla 2.19 Criterio de costo.

Alternativa 3 > Alternativa 5 > Alternativa 4 > Alternativa 1 > Alternativa 2							
Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\Sigma+$	ponderación
Alternativa 1		1	0	0,5	0	2,5	0,17
Alternativa 2	0		0	0	0	1	0,07
Alternativa 3	1	1		1	0,5	4,5	0,30
Alternativa 4	0,5	1	0		0,5	3	0,20
Alternativa 5	1	1	0,5	0,5		4	0,27
					suma	15	1

El último criterio es el mantenimiento evaluado en cada alternativa disponible en la Tabla 2.20.

Tabla 2.20 Criterio de mantenimiento.

Alternativa 3 = Alternativa 5 > Alternativa 1 = Alternativa 4 > Alternativa 2							
Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	$\Sigma+$	ponderación
Alternativa 1		1	0	0,5	0	2,5	0,17
Alternativa 2	0		0	0	0	1	0,07
Alternativa 3	1	1		1	0,5	4,5	0,30
Alternativa 4	0,5	1	0		0	2,5	0,17
Alternativa 5	1	1	0,5	1		4,5	0,30
					suma	15	1,00

2.6.1 SELECCIÓN FINAL

Una vez evaluados todos los criterios con cada alternativa se busca determinar cuál es la mejor de todas las presentadas disponible en la Tabla 2.21. Donde se evalúa los resultados de la Tabla 2.16 con el resultado de cada criterio.

Tabla 2.21 Selección final.

Conclusión	Fiabilidad	Fiabilidad	Robustez	Robustez	Costo	Costo	Manteni	Manteni	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,35x0,11	0,11	0,3x0,3	0,09	0,25x0,17	0,04	0,1x0,17	0,02	0,25	1
Alternativa 2	0,35x0,07	0,02	0,3x0,07	0,02	0,25x0,07	0,02	0,1x0,07	0,01	0,07	5
Alternativa 3	0,35x0,17	0,06	0,3x0,23	0,07	0,25x0,3	0,08	0,1x0,3	0,03	0,23	2
Alternativa 4	0,35x0,27	0,09	0,3x0,2	0,06	0,25x0,20	0,05	0,1x0,17	0,02	0,22	4
Alternativa 5	0,35x0,20	0,07	0,3x0,2	0,06	0,25x0,27	0,07	0,1x0,3	0,03	0,23	3

En conclusión, a los criterios que se ha evaluado la alternativa 1, disponible en la Tabla 2.20, es la que más se ajusta a los criterios de evaluación no obstante las alternativas 3,5,4 son soluciones para la máquina, pero con menor prioridad, la Tabla 2.22 indica la solución óptima.

La alternativa 1 es la que más se ajusta con los requerimientos del usuario e ingeniero, donde los criterios de evaluación como el factor costo tiene un menor valor para la evaluación, pero en los otros criterios su puntuación es superior a las otras alternativas.

Tabla 2.22 Alternativa óptima.

Alternativa 1	Motor AC
	Bomba de engranajes
	Actuador de doble efecto
	Trinquete manual
	Placa de apoyo, extractores y accesorios del émbolo
	Variador de frecuencia
	Sensor diferencial de presión
	Sensor magnético
	PLDuino
	HMI
	Electroválvulas, válvulas proporcionales

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA PRENSA HIDRÁULICA AUTOMÁTICA DE 10 TONELADAS

La máquina se divide en los elementos disponibles en la Figura 3.1, cada uno de ellos necesita el diseño mecánico, hidráulico y electrónico apropiado para cumplir sus funciones.

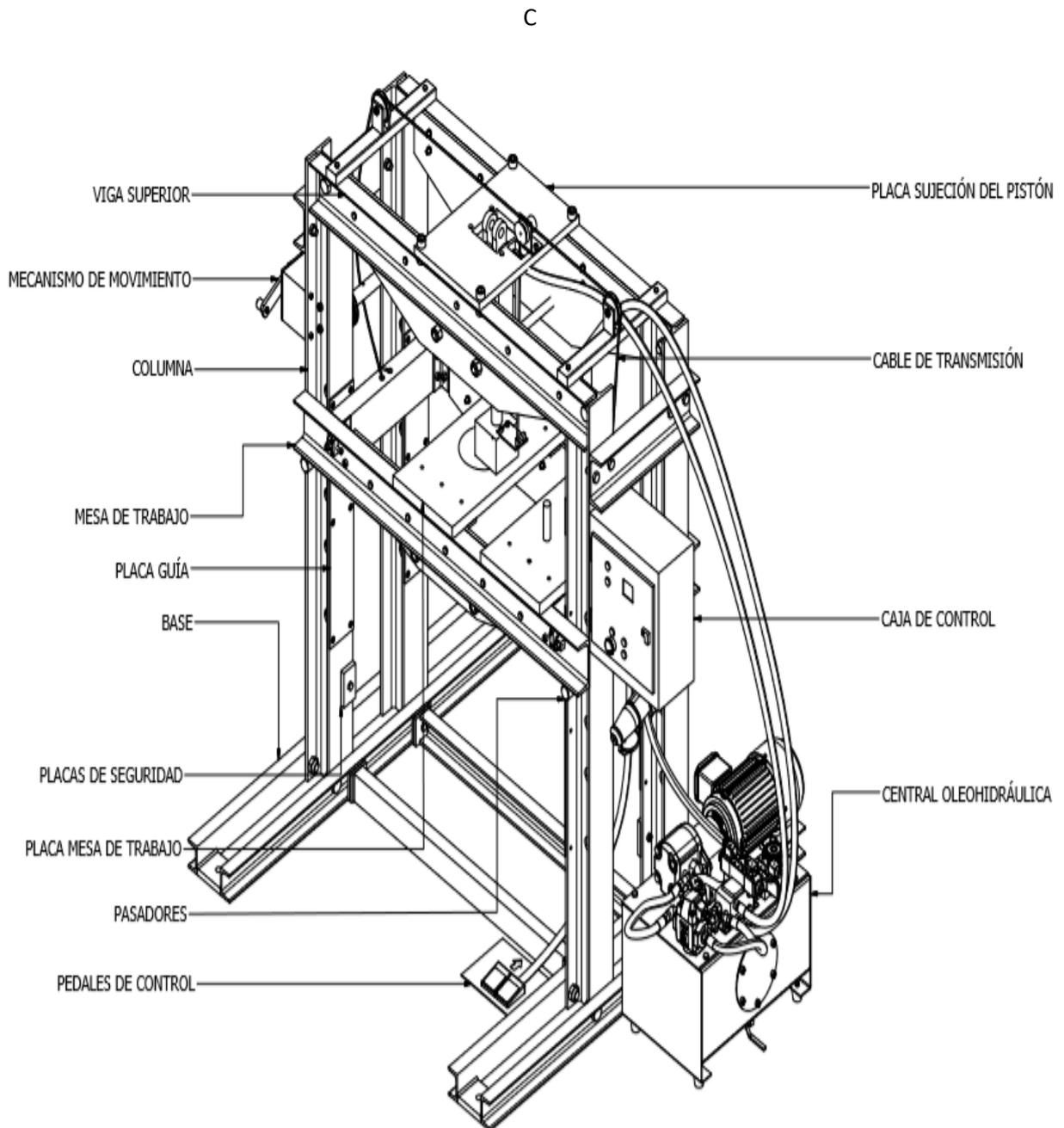


Figura 3.1 Esquema de la prensa.

El chasis de la máquina está formado por 4 columnas con perfil HEB, vigas de perfil UPN para las uniones con las columnas y en la mesa placas para la superficie de trabajo. Los planos: informático, electrónico y mecánicos están disponibles en el Anexo B.

3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA

La fuerza que soporta el chasis de la máquina necesita una estructura robusta y rígida capaz de soportar las 10 toneladas más un esfuerzo adicional por el peso de la pieza de trabajo. En base a la gran magnitud exige un diseño por rigidez que considera la deflexión en los elementos para ser seleccionados, esta sobre el diseño estático, por fatiga a vida finita o vida infinita. En la Tabla 3.1 se muestra parámetros recomendados para elementos en máquinas de acuerdo con la deflexión y longitud.

Tabla 3.1 Límites de Deflexión.

Parte general de una máquina	$y_{max} / L = 0.0005$ a 0.003
Precisión Moderada	$y_{max} / L = 0.00001$ a 0.0005
Alta Precisión	$y_{max} / L = 0.000001$ a 0.00001

Fuente: Resistencia de Materiales, Robert L. Mott [37].

Usando los parámetros disponibles en la Tabla 3.1 la estructura es robusta para satisfacer condiciones de diseño y funcionalidad de la máquina.

3.1.1 DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas en la prensa son el pilar para sostener el chasis por tanto deben ser lo robustas con un valor de seguridad alto que garantice que el diseño soporte toda la carga generada por el sistema oleohidráulico.

La carga que ejerce el pistón es de 10 toneladas más 1 tonelada extra considerando el peso de las vigas superiores y laterales, mesa de trabajo, placa de sujeción del pistón y pieza a trabajar, en total 11 toneladas, se incluye el factor de 1 ton=1000kg, en (1).

$$Pt = 1000 \times g \times F \quad (1)$$

Donde:

Pt carga total, en N;

g gravedad, en m/s^2 ;

F fuerza aplicada por la prensa, en kg.

Como resultado del reemplazo de las 11 toneladas y gravedad de 9,807 m/s², se tiene:

$$Pt = 107877 \text{ N}$$

El cálculo de la carga crítica en las columnas (2), posteriormente el factor de seguridad (3), el factor de esbeltez (4) y la gráfica disponible en la Figura 3.2 confirman trabajar por medio de columnas de Euler [38] en el diseño.

$$P_{cr} = \frac{1,2 \times \pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (2)$$

Donde:

P_{cr} carga crítica, en N;

E módulo de elasticidad del acero, en GPa;

I inercia de la viga, en m⁴;

L longitud de la columna, en m.

Reemplazando los siguientes valores en (2), $E=200\text{GPa}$, $I=2,32 \times 10^{-6}\text{m}^4$ y $L=1,8\text{m}$.

$$P_{cr} = 1696109,793 \text{ N} = 1,69 \times 10^6 \text{ N}$$

$$n = \frac{P_{cr}}{Pt} \quad (3)$$

Donde:

n factor de seguridad;

P_{cr} carga crítica, en N;

Pt carga Total, en N.

$$n = 15,72$$

Para conocer la interpretación hacia el elevado valor de n en las columnas es porque las propiedades mecánicas son valores elevados frente a la carga generada por la estructura en el diseño, además utilizar el perfil HEB 120 aumento un 12% frente al HEB 100 mejorando el factor de seguridad para las columnas.

El factor de esbeltez (4) indica cuán robusta es la columna hacia perturbaciones o inestabilidades.

$$\frac{l}{k} = \sqrt{\frac{2 \times Cx\pi^2 \times E}{S_y}} \quad (4)$$

Donde:

- $\frac{l}{k}$ factor de esbeltez;
 C factor de cada columna según el empotramiento que estas tengan;
 E módulo de elasticidad del acero, en GPa;
 Sy límite a la fluencia, en MPa.

$$\frac{l}{k} = \sqrt{\frac{2 \times 1,2x\pi^2 \times (200x10^9)}{(235 \times 10^6)}}$$

$$\frac{l}{k} = 141$$

$$\frac{l}{k} = \frac{1.8}{0.012} = 150$$

Con la relación establecida se conoce que el factor de esbeltez de la columna es mayor al que proporciona el material, disponible en la Figura 3.2.

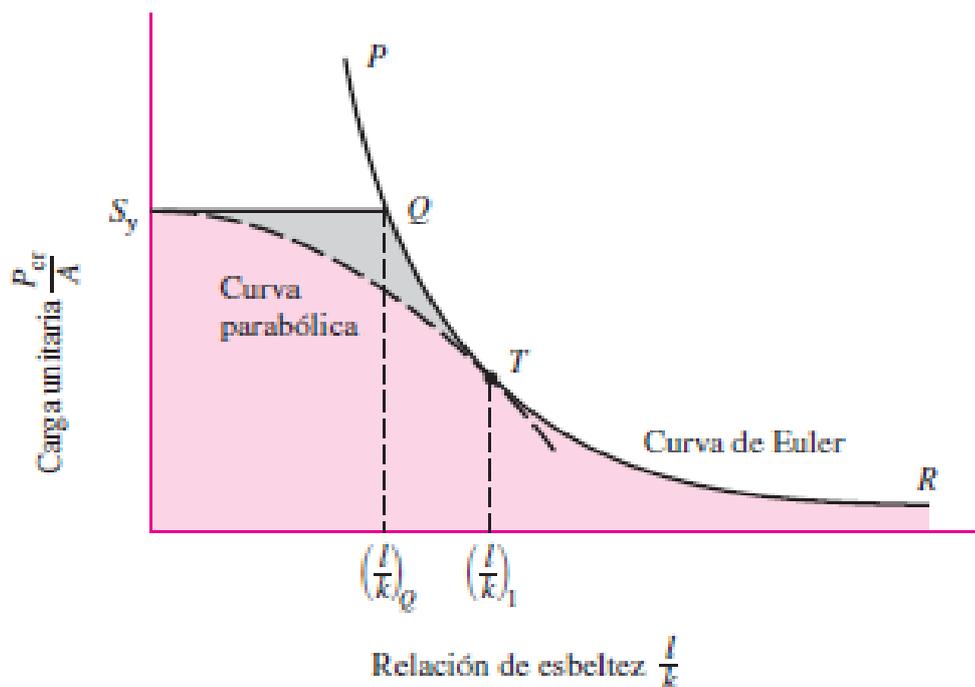


Figura 3.2 Gráfico de columna de Euler, $(\frac{l}{k})_Q = 141$, $(\frac{l}{k})_T = 150$ [38].

Las columnas de longitud 1,8 m están en la capacidad de soportar las 11 toneladas con un factor de seguridad de 15,72, el factor es elevado por motivo de la inercia de la viga HEB 120. La disposición de las perforaciones están ubicadas cada 30cm considerando el recorrido máximo del vástago a partir de la primera perforación existen 2 más hacia arriba y abajo respectivamente con 15 cm.

3.1.2 DISEÑO DE LA VIGA SUPERIOR

La viga superior tiene la capacidad de soportar la carga del pistón para realizar las acciones de prensado donde la Figura 3.3 muestra que la pieza se encuentra a flexión con (5) se calcula la deflexión y se compara con la Tabla 3.1.

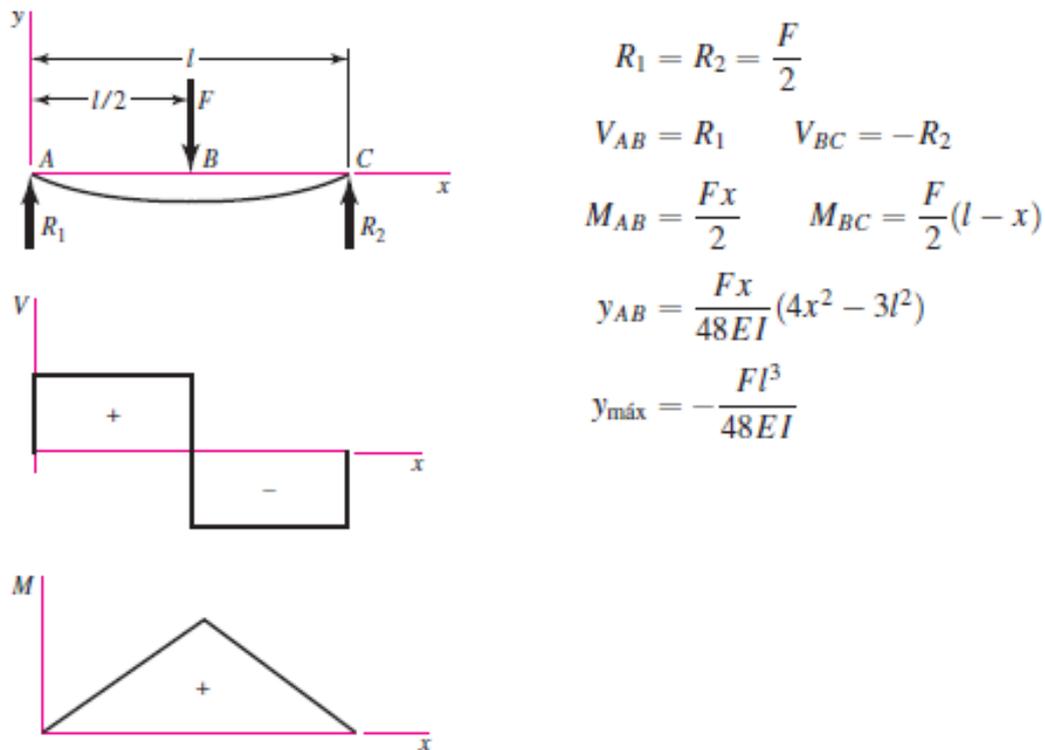


Figura 3.3 Deflexión máxima en una viga con una fuerza central [38].

$$Y_{\text{máx}} = \frac{F \times l^3}{48 \times E \times I} \quad (5)$$

Donde:

$Y_{\text{máx}}$ deflexión, en m;

F fuerza que actúa sobre la viga, en N;

l longitud de la viga, en m;

E módulo de elasticidad del acero, en GPa;

I inercia de la viga, en m^4 ;

Reemplazando los siguientes valores en (5), $F=98000$ N es la carga que ejerce el pistón, $l=1,394$ m, $E=200$ GPa, $I=6,05 \times 10^{-6} m^4$.

$$Y_{m\acute{a}x} = 4,57 \times 10^{-3} m$$

$$\frac{Y_{m\acute{a}x}}{l} = \frac{4,57 \times 10^{-3}}{1,394} = 0,003 m$$

La viga UPN 140 de longitud 1.394 m cumple con requisitos para ser parte general de máquina según la Tabla 3.1., con la deflexión máxima de 0,003 m.

3.1.3 DISEÑO DE LA VIGA LATERAL DE LA MESA

La viga lateral es la unión para formar el marco de la mesa tiene una longitud de 0,5m donde se usa perfil UPN de 140. Utilizando la deflexión máxima (5) de la Figura 3.2 se calcula reemplazando los siguientes datos: $F=107877$ N es la carga que ejerce el pistón además 1 tonelada adicional por peso de la pieza, $l=0,5$ m, $E=200$ GPa, $I=6,05 \times 10^{-6} m^4$.

$$Y_{m\acute{a}x} = 2,32 \times 10^{-4} m$$

$$\frac{Y_{m\acute{a}x}}{l} = \frac{2,32 \times 10^{-4}}{0,5} = 0,00046 m$$

El elemento de viga UPN 140 de longitud 0,5 m satisface condiciones de la Tabla 3.1 para ser un elemento de parte general de máquina, con la deflexión máxima de 0,00046 m.

3.1.4 JUNTAS EMPERNADAS

Las juntas empernadas tienen la capacidad de mantener a toda la estructura unida; además, se debe considerar una dureza apropiada para garantizar un buen factor de seguridad por la carga que se genera en cada perno. Se toma como base la Figura 3.4 donde se maneja un perno A354, grado BD.

Designación ASTM núm.	Intervalo de tamaños, de prueba inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
A307	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo carbono	
A325, tipo 1	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
A325, tipo 2	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
A325, tipo 3	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero no temperizado, T y R	
A354, grado BC	$\frac{1}{4}$ - $2\frac{1}{2}$ $2\frac{3}{4}$ -4	105 95	125 115	109 99	Acero aleado, T y R	
A354, grado BD	$\frac{1}{4}$ -4	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A449	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$ $1\frac{3}{4}$ -3	85 74 55	120 105 90	92 81 58	Acero de medio carbono, T y R	
A490, tipo 1	$\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A490, tipo 3	$\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero no temperizado, T y R	

Figura 3.4 Factores de diseño para los pernos [38].

El área de sujeción (6) necesita ser calcula según el perno a ser utilizado en el diseño, donde se reemplazó con un perno de diámetro, $D=0,0254\text{m}$.

$$A_s = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (6)$$

Donde:

A_s área de sujeción, en m^2 ;

D diámetro de la perforación, en m.

$$A_s = 4,52 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

El torque generado (7), en el área de sujeción da paso al cálculo de n (9) que debe superar el valor de 1 para dar fidelidad al diseño.

$$\tau = \frac{F_s}{A_s} \quad (7)$$

Donde:

τ momento torsor en el perno, en MPa;

F_s fuerza que actúa sobre el perno, en N;

As área de sujeción, en m²;

$$F_s = 49000N$$

$$\tau = 108,407 \text{ MPa}$$

El límite de la fluencia S_y corresponde al perno A354 GRADO BD disponible en la Figura 3.3. Se usa el criterio de la energía de la distorsión con (8) para confirmar datos de los materiales.

$$S_y = 896 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 0.577 \times S_y \quad (8)$$

Donde:

S_{sy} criterio energía de la distorsión, en MPa;

S_y límite a la fluencia del perno, en MPa.

$$S_{sy} = 517 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (9)$$

Donde:

n factor de seguridad;

S_{sy} criterio energía de la distorsión, en MPa;

τ momento torsor en el perno, en MPa.

$$n = 4,76$$

Los pernos A354 GRADO BD de diámetro 0,0254 m son apropiados para soportar la carga generada por la central oleohidráulica con un factor de seguridad de 4,76.

3.1.5 VIGA DE LA MESA

La viga de la mesa debe soportar la fuerza del pistón y la pieza, trabaja con 11 toneladas de carga usa (5) para encontrar la deflexión máxima de la viga sometida a flexión, los datos son $F=107800 \text{ N}$, $l=1,440\text{m}$, $E=200 \times 10^9\text{Pa}$, $I= 6,05 \times 10^{-6}\text{Pa}$.

$$Y_{max} = 5,54 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\frac{Y_{max}}{l} = \frac{5,54 \times 10^{-3}}{1,440} = 0,003 \text{ m}$$

La viga UPN 140 de longitud 1,440 m cumple con requisitos para ser parte general de máquina según la Tabla 3.1. con la deflexión máxima de 0.003 m.

3.1.6 BASES DE LA PRENSA

La Figura 3.5 muestra como es el comportamiento de las vigas donde interviene la carga de la prensa, usa perfil UPN 80 unido por soldadura, la Figura 3.5 indica la deflexión máxima (10) para la viga.

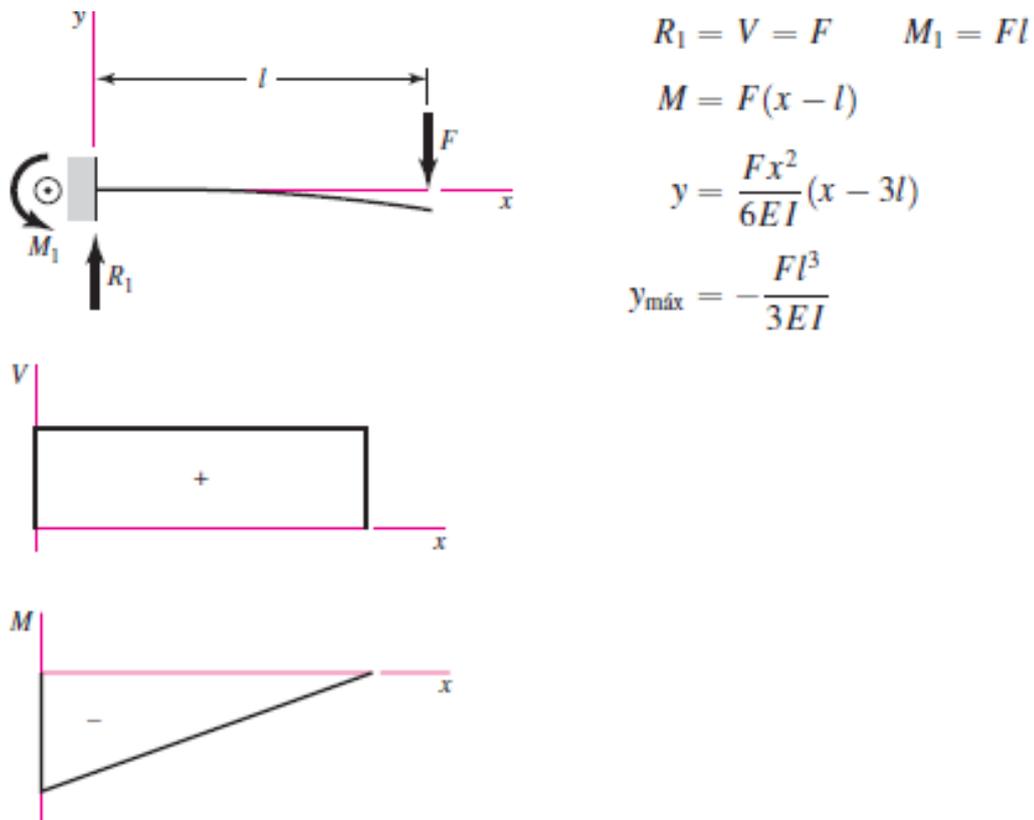


Figura 3.5 Fuerza que interviene en las bases de la prensa [38].

$$Y_{\text{máx}} = \frac{F \times l^3}{3 \times E \times I} \quad (10)$$

Donde:

$Y_{\text{máx}}$ deflexión, en m;

F fuerza que actúa sobre la viga, en N;

l longitud de la viga, en m;

E módulo de elasticidad del acero, en GPa;

I inercia de la viga, en m^4 .

Reemplazando los siguientes valores en (10), $F=49000$ N es la carga que ejerce el pistón, pero se le considera la mitad por motivo que son 2 bases, $l=0,8$ m, $E=200$ GPa, $I=2,12 \times 10^{-6} \text{m}^4$.

$$Y_{\text{máx}} = 0,00123 \text{m}$$

$$\frac{Y_{\text{máx}}}{l} = \frac{0,00123}{0,8} = 0,001 \text{ m}$$

Comparando con el resultado de deflexión máxima de 0,001 en la Tabla 3.1, la viga UPN 80 de longitud 0,8 m es parte general de máquina.

3.1.7 SOLDADURA DE LAS BASES

La soldadura de las bases disponible en la Figura 3.6, corresponde a un diseño estático donde la carga se divide para las 4 por el número de columnas, la fuerza es de 26969,25 N para cada columna donde considera 10 toneladas de fuerza y 1 de carga extra por la pieza. El área del elemento soldado se obtiene con (11), el esfuerzo (12) y el factor de seguridad para la soldadura (13).

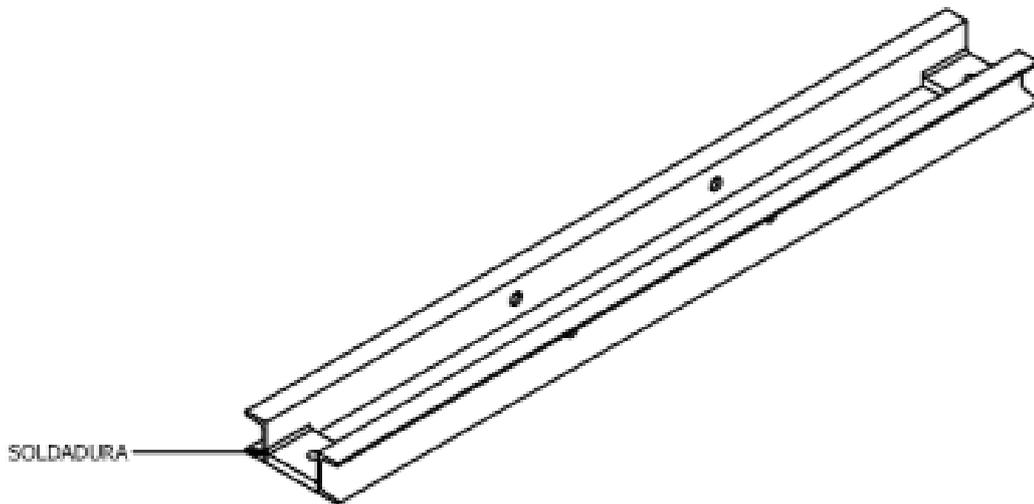


Figura 3.6 Base de la prensa

$$A = 1,414 \times h \times d \quad (11)$$

Donde:

A área, en m^2 ;

h altura del cateto de la soldadura, en m;

d longitud del cateto, en m;

Reemplazando los valores de $h=0,003175$ m y $d=0,1$ m.

$$A = 0,000448 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (12)$$

Donde:

σ esfuerzo, en MPa;

F fuerza, en N;

A área, en m^2 .

$$\sigma = 60,19 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{SSy}{\sigma} \quad (13)$$

Donde:

n factor de seguridad;

SSy criterio de la energía de la distorsión, en MPa;

σ esfuerzo, en MPa;

$$n = 3,3$$

Para comprobar el factor de seguridad se recurre al libro Prontuario de Larburu [39] (pg. 217) donde recomienda una soldadura mínima de 3mm o máximo 5 mm considerando el espesor del perfil UPN 80 aplicando un proceso SMAW con un electrodo E6011 de 1/8 de pulgada.

3.1.8 EJES DE LA PRENSA

Los ejes de la prensa se encuentran sometidas a la fuerza de la Figura 3.7, esta indica cual es el valor que fleja con las fuerzas (14) que actúan sobre el elemento.

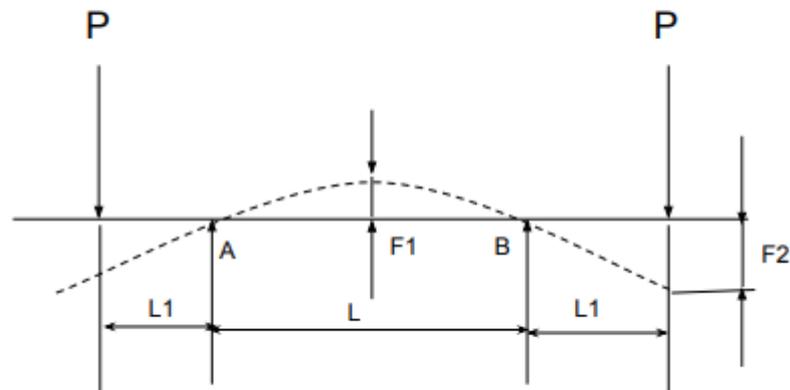


Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre de la fuerza aplicada en los ejes, adaptada de [37].

$$f = \frac{P \times L^2 \times L_1}{8 \times E \times I} \quad (14)$$

Donde:

- P fuerza que actúa sobre el eje, en N;
- L longitud entre apoyos, en m;
- L_1 longitud fuera de los apoyos, en m;
- E módulo de elasticidad del acero, en Pa;
- I inercia de la viga, en m^4 .

El eje es de 0.038m de diámetro, la carga es de 53900 N, $L=0,650$, $L_1=0,2$ m, $E=200$ GPa, $I = 2,12 \times 10^{-6}m^4$

$$f = 2,52 \times 10^{-3}m$$

Los ejes de AISI 1018 de diámetro 0.38 m y longitud 0.65 m cuenta con la deflexión máxima de $2,52 \times 10^{-3}m$, este resultado indica que los ejes son parte general de máquina.

3.1.9 PLACA DE SUJECIÓN DEL PISTÓN

La placa de sujeción del pistón soporta las 10 toneladas de fuerza del sistema hidráulico debe tener la capacidad de no flejar cuando se aplica la carga máxima con la Figura 3.2 se muestra el diagrama como está sometida la pieza y la deflexión máxima (5) para un diseño por rigidez considerando los criterios de la tabla 3.1.

Reemplazando los siguientes valores en (5), $F=98000$ N es la carga que ejerce el pistón, $l=0,51$ m, $E=200$ GPa, $I=3,31 \times 10^{-6}$ m⁴.

$$Y_{max} = 4,09 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{Y_{max}}{l} = \frac{4.09 \times 10^{-6}}{0.51} = 8,02 \times 10^{-6} \text{ m}$$

La placa de A36 de $0.3 \times 0,506 \times 0.003$ m con la deflexión máxima $8,02 \times 10^{-6}$ m, es un elemento general de máquina comparando con la Tabla 3.1.

3.1.10 PERNOS DE SUJECIÓN DE LA PLACA SUPERIOR

Los pernos de la placa de sujeción están sometidos a cortante por cizalladura, (6) determina el área de sujeción con pernos de 0,022 m.

$$A_s = 3,87 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

El torque generado (7), en el área de sujeción da paso al cálculo de n (9) que debe superar el valor de 1 para dar fidelidad al diseño.

$$\tau = 63,3 \text{ MPa}$$

El límite de la fluencia S_y corresponde al perno A354 GRADO BD disponible en la Figura 3.3. Se usa el criterio de la energía de la distorsión con (8) para confirmar datos de los materiales.

$$S_{sy} = 517 \text{ MPa}$$

$$n = 8,2$$

Los pernos A354 GRADO BD de diámetro 0,022 m son apropiados para soportar la carga generada por la central oleohidráulica con un factor de seguridad de 8.2.

3.1.11 PLACA GUÍA

Las placas guías disponible en la Figura 3.1, como peor condición soportan la carga de la mesa, en el caso que golpee directamente con una carga de 250 kg que es 2450 N.

La resistencia a la fluencia del material es de 235 MPa. Con (15) determina el área donde se aplicará el esfuerzo.

$$A = b \times h \tag{15}$$

Donde:

A área, en m^2 ;

b dimensión de la base, en m;

h dimensión de la altura, en m.

$$A = 0,14 \times 0,006$$

$$A = 8,4 \times 10^{-4} m^2$$

El esfuerzo que se aplica sobre el área calculada se obtiene con (12) y en (13) se determina el factor de seguridad para el elemento.

$$\sigma = \frac{4900}{8,4 \times 10^{-4}}$$

$$\sigma = 2,91 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{234}{5,83}$$

$$n = 80,41$$

Por disponibilidad y geometría del diseño se implementaron guías de A36 $0,12 \times 0,08 \times 0,006$ m, soportan sin inconveniente la carga que genera la mesa con un factor de seguridad de 80. Las placas son fresadas 0.5 mm para garantizar un guiado sobre los rodamientos que se encuentran en la mesa.

3.1.12 PLACAS DE SEGURIDAD

Estas placas están ubicadas de manera que si el sistema de movimiento de la mesa falla esta puede detenerse sin hacer daño al operador, la carga de diseño es de 500 kg, (4900N), con (15) se obtiene el área donde se aplica el esfuerzo, con (12) el esfuerzo y con (13) el factor de seguridad.

$$A = 0,1 \times 0,0015$$

$$A = 1,5 \times 10^{-4} m^2$$

$$\sigma = \frac{4900}{1,5 \times 10^{-4}}$$

$$\sigma = 32,66 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{234}{32,66}$$

$$n = 7,16$$

En caso de que el sistema de movimiento no funcione los topes de A36 de 0.06×0.1×0.015 m soporta de manera apropiada la carga de la mesa con un factor de seguridad 7.

3.1.13 SELECCIÓN DEL MECANISMO DE MOVIMIENTO

El mecanismo que garantiza que el sistema se mantenga en la misma posición cuando no se accione la palanca para subir o bajar, es el mecanismo sin fin corona [39], su geometría de construcción garantiza soportar cargas de empuje axial activadas en un solo sentido. Por motivo de costos el sistema acoplado es reciclado, el empuje axial obtenido en el sin fin de acuerdo con el mecanismo implementado se determina con (16).

$$Fn = \frac{F}{\cos\beta_1} \quad (16)$$

Donde:

Fn Fuerza perpendicular, en N;

F fuerza a transmitir, en N;

β_1 ángulo de inclinación de los dientes, en grados.

La fuerza a transmitir es el peso de la mesa de 300 kg multiplicado por un factor de 1.6 considerando cargas extras en la mesa, donde la carga total es de 500kg, el ángulo de inclinación es de 60°.

$$Fn = 9800 \text{ N}$$

Es la carga perpendicular en cada diente (17), que se transmite la corona hacia el sin fin.

$$Fa1 = F \times \tan\beta_1 \quad (17)$$

Donde:

$Fa1$ Fuerza axial, en N;

F fuerza a transmitir, en N;

β_1 ángulo de inclinación de los dientes, en grados.

$$Fa1 = 4900 \times \tan 60$$

$$Fa1 = 8487,04 \text{ N}$$

En base a las fuerzas que se necesita para mover el sistema se selecciona un mecanismo sin fin y la corona con módulo 5.

3.1.14 SELECCIÓN DEL CABLE DE TRASMISIÓN DE MOVIMIENTO

El cable es encargado de transmitir el movimiento hacia cada extremo de la mesa y por medio del mecanismo sin fin corona subir o bajar la mesa, el grupo de cable es el número 2 que son cargas totales de servicio total, el peso de la mesa es de 500 kg que se divide para dos apoyos, con (18) se calcula el diámetro del cable [39].

$$d = k\sqrt{T} \quad (18)$$

Donde:

- d diámetro del cable, en mm;
- k coeficiente para el diámetro;
- T carga total, en N.

Los valores de k para el grupo 2 son 0.34-0.36, reemplazando valores en (18):

$$d = 0,34 \times \sqrt{250}$$

$$d = 5.37 \text{ mm}$$

El cable que usa la prensa es de ¼ de pulgada con alma de acero (Figura 3.8), la resistencia de rotura del cable IPS es de 2,94 toneladas que supera la carga a la que está sometido en la prensa.

Diámetro (pulg)	ALMA DE FIBRA				ALMA DE ACERO (IWRC)			
	Peso/pie aprox. (lb)	Resistencia mínima a la rotura (toneladas de 2000 lb)		Peso/pie aprox. (lb)	Resistencia mínima a la rotura (toneladas de 2000 lb)			
		IPS	XIP*		IPS	XIP*	XXIP*	
3/16	0.059	1.55	1.71					
1/4	0.105	2.74	3.02	0.116	2.94	3.40		
5/16	0.164	4.26	4.69	0.18	4.58	5.27		
3/8	0.236	6.10	6.72	0.26	6.56	7.55	8.30	
7/16	0.32	8.27	9.10	0.35	8.89	10.2	11.2	
1/2	0.42	10.7	11.8	0.46	11.5	13.3	14.6	
9/16	0.53	13.5	14.9	0.59	14.5	16.8	18.5	
5/8	0.66	16.7	18.3	0.72	17.9	20.6	22.7	
3/4	0.95	23.8	26.2	1.04	25.6	29.4	32.4	

Figura 3.8 Datos técnicos del cable de acero, adaptada de [40].

Los elementos para asegurar el cable con la mesa son los grilletes (Figura 3.9) de ¼ de pulgada, donde se visualiza la cantidad de grilletes (Tabla 3.2) para asegurar el sistema.



Figura 3.9 Representación de un grillete, adaptada de [41].

Tabla 3.2 Datos técnicos de los nudos galvanizados, adaptada de [41].

Tamaño grapa (pulg)	Tamaño cable (pulg)	Número mínimo de grapas	Capacidad (Ton)
1/8	1/8	2	0,128
3/16	3/16	2	0,3
1/4	1/4	2	0,48
5/16	5/16	2	0,54

3.1.15 DISEÑO DE LAS JUNTAS EMPERNADAS DEL PISTÓN CON LA VIGA SUPERIOR

Los pernos de sujeción son de 0,01905m de diámetro reemplazando en (6) para obtener el área de sujeción.

$$A_s = 2,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

El torque generado (7), en el área de sujeción da paso al cálculo de n con (9) que debe superar el valor de 1 para dar fidelidad al diseño.

$$F_s = 26950 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{26950}{2,85 \times 10^{-4}}$$

$$\tau = 94,56 \text{ MPa}$$

El límite de la fluencia S_y corresponde al perno A307 de bajo carbono disponible en la Figura 3.10. Se usa el criterio de la energía de la distorsión con (8) para confirmar los datos de los materiales.

Designación ASTM núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg.	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
A307	$\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo carbono	
A325, tipo 1	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
A325, tipo 2	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
A325, tipo 3	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero no temperizado, T y R	
A354, grado BC	$\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ $2\frac{3}{4}$ -4	105 95	125 115	109 99	Acero aleado, T y R	
A354, grado BD	$\frac{1}{2}$ -4	120	150	130	Acero aleado, T y R	
A449	$\frac{1}{2}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$ $1\frac{3}{4}$ -3	85 74 55	120 105 90	92 81 58	Acero de medio carbono, T y R	
A490, tipo 1	$\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero aleado, T y R	

Figura 3.10 Propiedades mecánicas de pernos [38].

$$S_{sy} = 0,577 \times 248$$

$$S_{sy} = 143 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{143}{94,567}$$

$$n = 1,51$$

El valor de n es apropiado para soportar la carga que ejerce el pistón sobre las juntas empernadas los pernos son de 0,01905 m de diámetro.

3.1.16 DISEÑO DE LOS EJES GUÍAS

Los ejes deben soportar la carga de la mesa en la peor condición porque se encargan de mejorar el deslizamiento sobre las guías cuando se requiera un cambio en la posición de la mesa.

La carga a la que están sometida los ejes es de 250 kg más un adicional de 250 kg si se mueve la mesa con la pieza de trabajo con un total de 500kg, esta fuerza debe ser dividida para dos por los dos extremos guías de la mesa.

La ecuación (19) es el área del eje donde actúa la fuerza, con (12) se determina el esfuerzo que se aplica en el eje y con (20) el factor de seguridad.

$$Ac = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (19)$$

Donde:

Ac área del círculo, en m^2 ;

D diámetro de la circunferencia, en m;

$$Ac = \frac{\pi \times 0,0127^2}{4}$$

$$Ac = 1,26 \times 10^{-4} m^2$$

La fuerza que se aplica es de 2450 N para cada eje:

$$\sigma = \frac{2450}{1,26 \times 10^{-4}}$$

$$\sigma = 19,44 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{Sy}{\sigma} \quad (20)$$

Donde:

n factor de seguridad;

Sy límite a la fluencia, en MPa;

σ esfuerzo, en MPa;

$$n = \frac{300}{19,44}$$

$$n = 15,43$$

El factor de seguridad es superior a 1 además el valor un poco elevado por la geometría del eje que estuvo disponible en el mercado. Esto no representa un aumento en costos porque esto venden por peso. El eje es de AISI 1018, 0.0127 m de diámetro y longitud de 0.5 m.

3.1.17 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Los rodamientos son los 6201 marca FAG [42], cumplen con las características para realizar de guía sobre las placas, se pretende que el diseño sea para 3000 horas de trabajo.

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$n = 10 \text{ rpm}$$

$$Fr = 2450 \text{ N}$$

Una vez seleccionado el rodamiento se extrae sus características para encontrar la carga dinámica equivalente con (21).

$$P = XxFr + YcFa \quad (21)$$

Donde:

P carga equivalente, en kN;

X factor de carga radial;

Fr carga radial, en kN;

Y factor de carga axial;

Fa carga axial, en kN.

Datos del rodamiento:

$$C = 6,95\text{kN}$$

$$Co = 3,1\text{kN}$$

$$Fo = 12,1$$

Donde:

C capacidad de carga dinámica, en kN;

Co capacidad de carga estática, en kN;

Fo factor rodamiento rígido.

La ecuación (22) da como resultado los factores para la carga equivalente.

$$\frac{Fo * Fa}{Co} \quad (22)$$

Reemplazando los datos:

$$\frac{16 * 0}{10,2kN} = 0$$

Los factores de carga se obtienen en la Figura 3.11. De donde se reemplaza el resultado de la ecuación (22).

Juego normal de rodamiento					
$\frac{f_0 \cdot F_a}{C_0}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0,3	0,22	1	0	0,56	2
0,5	0,24	1	0	0,56	1,8
0,9	0,28	1	0	0,56	1,58
1,6	0,32	1	0	0,56	1,4
3	0,36	1	0	0,56	1,2
6	0,43	1	0	0,56	1

Figura 3.11 Factores de carga [42].

$$e = 0$$

$$X = 1$$

$$Y = 0$$

Después de encontrar los factores se reemplaza en (21).

$$P = 1x2,45$$

$$P = 2,45 \text{ kN}$$

Con (23) se determina la vida nominal para el rodamiento

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^k \times (10^6) \text{ rev} \quad (23)$$

Donde:

C_0 capacidad de carga estática, en kN;

L vida nominal, en rev;

C capacidad de carga dinámica, en kN;

P carga equivalente, en kN.

Reemplazando valores en (23)

$$L = \left(\frac{6,95}{2,45}\right)^3 \times (10^6) \text{ rev}$$

$$L = 22,82 \times 10^6 \text{ rev}$$

Pasando a horas con (24):

$$Lh = \frac{L \times 10^6}{n \times 60} \quad (24)$$

Donde

C capacidad de carga dinámica, en kN;

Lh vida nominal, en horas;

L vida nominal, en rev;

n número de revoluciones, en rpm.

Reemplazando valores en (24):

$$Lh = 38045,64 \text{ horas}$$

Con este rodamiento considerando que la mesa trabaja 4 horas a diario en movimiento se obtiene un desgaste de 1000 horas anuales, debido a que velocidad es baja, la vida útil y características de fábrica del rodamiento provocan alrededor de 38 años de uso en la máquina.

3.2 CÁLCULO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema oleohidráulico debe tener la capacidad de proveer 10 toneladas de fuerza al pistón y el dimensionamiento [7] para todos los elementos en el sistema con el mismo criterio.

3.2.1 CARGA DEL PISTÓN

La carga generada por el pistón (1) debe utilizar datos de: 10 toneladas y gravedad de $9,807 \text{ m/s}^2$.

$$F = 10 \times 9,807 \times 1000$$

El resultado indica que se necesita una fuerza de 98000 N o 22032.37 lbf.

$$F = 98000 \text{ N} = 22032.37 \text{ lbf}$$

El pistón cuenta con 0.1016 m de diámetro en la camisa interna se calcula con (19) el área donde se ejercerá la presión.

$$A = 0,0081 \text{ m}^2 = (12,56 \text{ pulg}^2)$$

La ecuación (25) proporciona la presión de trabajo en el sistema y selección de elementos con los resultados de (1) y (19).

$$P = \frac{F}{A} \quad (25)$$

Donde

P presión, en kPa;

F fuerza, en N;

A área, en m^2 .

$$P = 12087,84 \text{ kPa} = 1752,73 \text{ PSI}$$

La presión de trabajo es adecuada puesto que si supera los 2500 PSI los costos de los dispositivos aumentan considerando que aun así los precios son elevados.

El caudal (26) del sistema proporciona el flujo para llenar el émbolo según la presión de trabajo, se maneja en el diseño dos caudales una cuando se llena totalmente el pistón y otro cuando el vástago ingresa al cilindro.

$$Q = 3,117 \times v \times A \quad (26)$$

Donde:

Q Caudal, en $\frac{m^3}{min}$;

v velocidad, en m/s;

A área, en m^2 .

La velocidad de descenso y ascenso son tomadas de la Tabla 1.10 para el caudal:

Velocidad descenso:

$$v = 0,012 \text{ m/s}$$

Velocidad ascenso:

$$v = 0,019 \text{ m/s}$$

En el Q_1 , el área es constante de $12,56 \text{ pulg}^2$, por tanto, el caudal es menor.

$$Q_1 = 0,0058 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 1,54 \text{ USgpm}$$

El Q_2 es mayor porque existe una diferencia de áreas entre la camisa interna (12,56 in²) y el área del vástago (2,4 in²).

$$Q_2 = 0,00749 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 1,97 \text{ USgpm}$$

Con los datos de presión y caudal obtenidos se puede seleccionar la bomba para la unidad hidráulica; posteriormente el motor y válvulas. La bomba seleccionada es una bomba de paletas que cuenta con un caudal de 3 USgpm con 1200 rpm, el motor de 5 HP usa un arrancador directo, gira a 1710 rpm por dato de placa considerando una aproximación lineal del caudal se obtiene 4.3 USgpm con el motor que usa la central.

3.2.2 DEPÓSITO

El depósito debe tener al menos 2 veces el caudal (27), con la máxima capacidad de la bomba.

$$D = 2 \times Q \quad (27)$$

Donde:

D deposito, en m³;

Q Caudal, en $\frac{\text{m}^3}{\text{min}}$.

$$D = 0,032 \text{ m}^3 = 8,6 \text{ Gl}$$

Las canecas de aceite tienen la capacidad de 5 galones, por tanto, es necesario 2 canecas de aceite hidráulico, el tanque debe soportar esta capacidad, además es libre donde la entrada de presión de la bomba cuenta con un filtro de succión de elemento para alta presión disponible en la Figura 3.12, las características del filtro (Figura 3.13).

La purga permite realizar el cambio de aceite, está ubicado en la parte inferior del tanque para garantizar que todo el fluido pueda ser evacuado.

[7] 1 USgpm = 3,78 l/min = 0,0037 m³/min

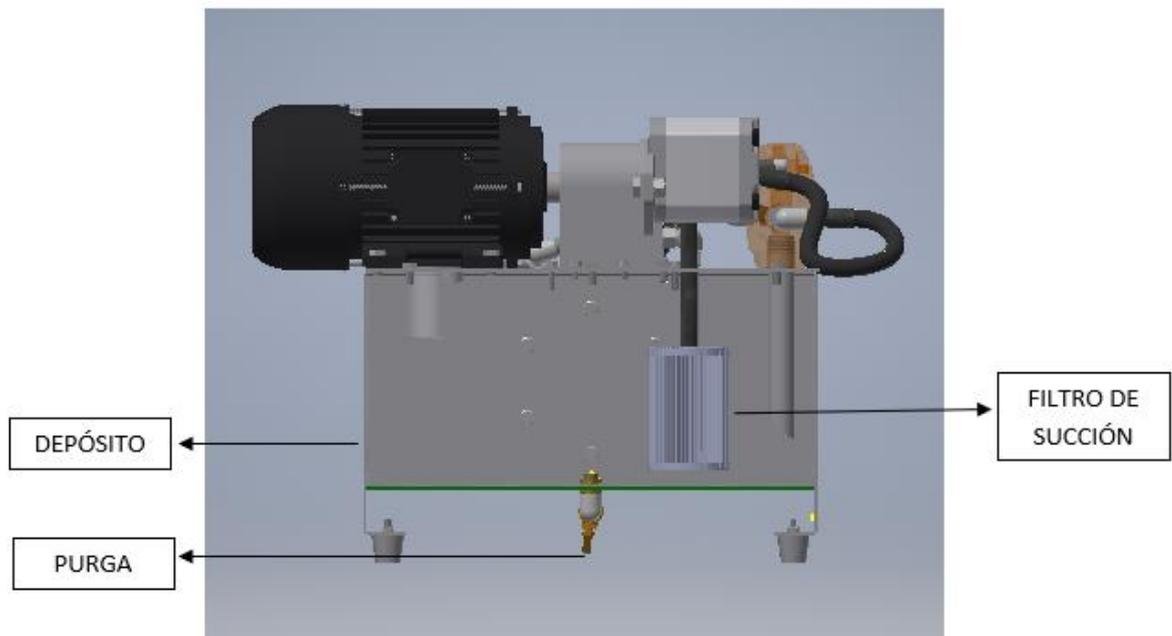


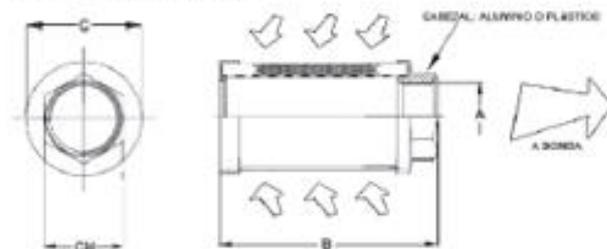
Figura 3.12 Modelado 3D del depósito de la central oleohidráulica.



Filtros de succión

ISO 9001

Para montar en la succión de las bombas dentro de los depósitos.
 Caudal de 8 a 600 Lts/min.
 Filtración standard 149 µm.
 Rango de temperatura de -40 a +80°C
 Puede ser utilizado con aceites minerales, sintéticos y líquidos refrigerantes.
 A pedido con válvula by pass.



ST- Malla de bronce - Cabezal aluminio

SC3- Malla de acero inoxidable - Cabezal aluminio

	125 µm		A	B	C	A/F	AREA	KGS
HYDROLINE	FILPRO	Lt/min	BSP					
SC3-002	-	8	1/4	90	46	24	167	0,10
SC3-003	ST-38	12	3/8	90	46	24	167	0,10
SC3-005	ST-12	20	1/2	105	46	30	226	0,10
SC3-006	ST-34	25	3/4	109	64	36		
SC3-007	ST-34	28	3/4	109	64	36	406	0,20
SC3-010	ST-100A	40	1	139	64	46	642	0,20
SC3-015	ST-114	60	1 1/4	139	66	51	629	0,30
SC3-020	-	80	1 1/2	165	66	60	1161	0,35
SC3-030	ST-112B	120	1 1/2	200	66	60	1393	0,40

FL

Malla de acero inoxidable - Cabezal plástico

	130 µm		A	B	C
TIPO	Lt/min	BSP			
FSS - 003	12	1/4"	62	70	
FSS - 005	20	3/4"	62	70	
FSS - 007	28	3/4"	97	70	
FSS - 010	40	1"	112	70	
FSS - 015	60	1 1/4"	137	100	
FSS - 020	80	1 1/2"	162	100	
FSS - 030	120	1 1/2"	192	100	
FSS - 040	160	2"	212	100	
FSS - 050	200	2"	237	100	

Figura 3.13 Datos técnicos de los filtros de succión marca VERION [43].

3.2.3 MOTOR ELÉCTRICO

En el caso del motor eléctrico (28) se considera que los datos de placa proporcionados en las bombas trabajan a 1200 rpm, en el caso de la prensa utiliza 1710 rpm disponibles en el motor donde se obtiene 4.3 galones además la eficiencia de la bomba es de un 90%, la presión de trabajo es de 1714 PSI.

$$HP = \frac{Q \times P}{1714 \times Eff} \quad (28)$$

Donde:

HP potencia del motor, en kW;

Q Caudal, en $\frac{m^3}{min}$;

P Presión, en kPa;

Eff Eficiencia.

$$HP = 3,558 \text{ kW} = 4,77 \text{ HP}$$

Se trabaja un motor de 5 HP trifásico por estandarización.

3.2.4 SELECCIÓN DE CONDUCTOS

La selección de los conductos (29) se la realiza en base a la presión de trabajo que son 1753 PSI y el caudal que es 4.3 USgpm. En base a esto y las conexiones disponibles en los elementos como manifold, válvulas, bomba trabajó con manguera de 1/2 y 5/8 pulgada y 100R1A, que es la norma de construcción de los conductos y la capacidad de presión; según la conexión disponible. En la Figura 3.14, muestra la selección de los conductos según el caudal y velocidad.

Nomograma de capacidad de caudal

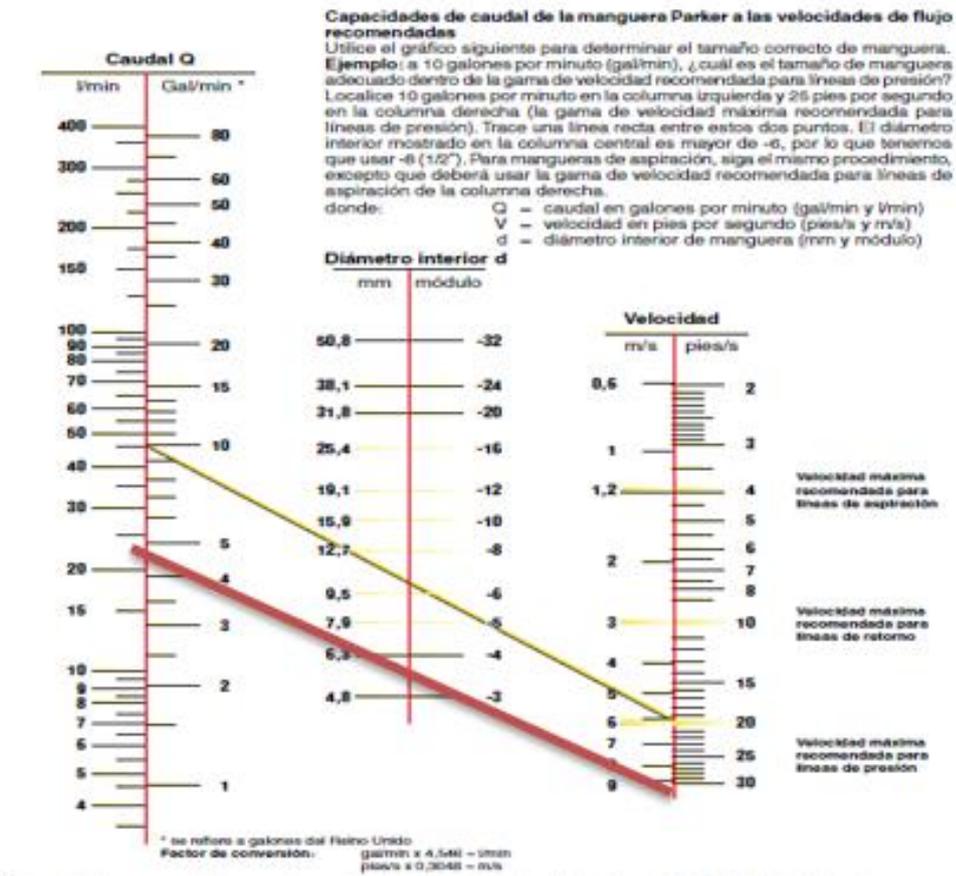


Figura 3.14 Selección del caudal, la línea roja es el cruce de los datos calculados para la central oleohidráulica [10].

La selección de la Figura 3.11 muestra que el conducto debe ser de 1/4 de pulgada, pero comercialmente es más factible usar manguera de 1/2 y 5/8 pulgada y 100R1A.

3.2.5 ACEITE HIDRÁULICO

El aceite seleccionado, (ver Anexo C.1) para la prensa hidráulica es MOBIL ATF 220, es un aceite hidráulico utilizado en vehículos y sistemas hidráulicos industriales cuenta con un alto punto de inflamación que es mayor a 177°C, por su hoja de seguridad se muestra que es un fluido estable en condiciones normales, está disponible en la Figura 3.15.



Mobil ATF 220 posee las siguientes aprobaciones:	
MAN 339 TYPE D	X
Voith DIWA G607	X
ZF TE-ML-03D/04D/11A/14A/17C	X
Mobil ATF 220 está recomendado para las aplicaciones que requieren:	
GM Dexron II	X
Allison C-4	X
Renk Doromat	X
Caterpillar TO-2	X
Ford M2C163-A	X
GM Type A Suffix A	X
Características típicas	
Mobil ATF 220	
Viscosidad, ASTM D 445	
cSt @ 40° C	37
cSt @ 100° C	7.0
Viscosidad Brookfield, ASTM D 5293	
-cP @ -40° C	
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	153
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-44
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	200
Densidad @15° C kg/l, ASTM D 4052	
Color	Rojo

Figura 3.15 Características técnicas del aceite hidráulico Mobil ATF 220 [44].

3.3 DIMENSIONAMIENTO ELECTRÓNICO

En la prensa hidráulica automática las variables físicas que se controlan son: presión y recorrido, se ha dividido en 2 módulos para cumplir con los objetivos planteados, donde se comanda desde el PLDuino las actividades preestablecidas de la máquina. En el diagrama de bloques de la Figura 3.16 se indica brevemente las protecciones, módulos de control y distribución de elementos para el circuito de mando y fuerza de la prensa.

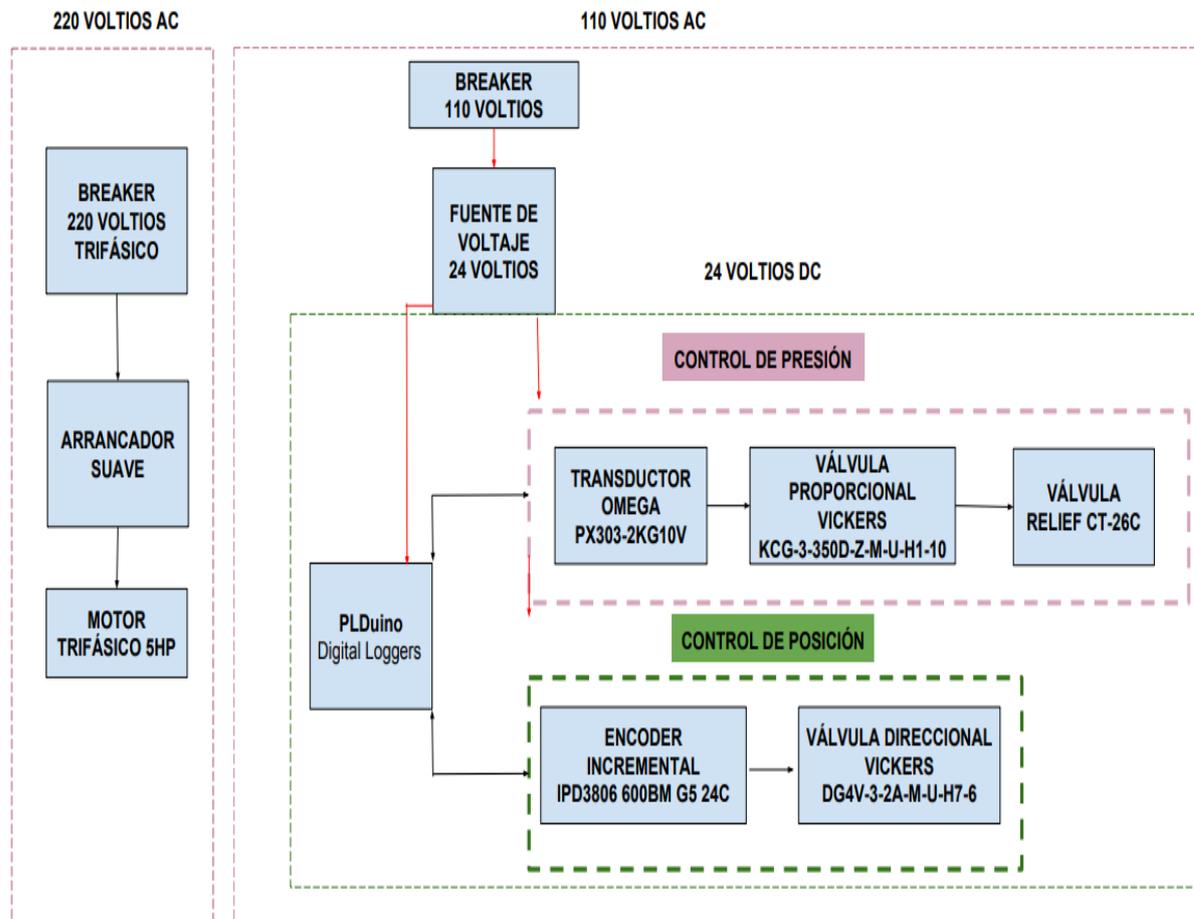


Figura 3.16 Diagrama de bloques electrónico del sistema.

3.3.1 MÓDULO DE CONTROL DE PRESIÓN

El módulo de control de presión está formado por 1 válvula aliviadora de presión mecánica CT-26C (ver Anexo C.2), 1 válvula proporcional KCG-3-350D-Z-M-U-H1-10 (ver Anexo C.3) y el transductor de presión PX303.

Los rangos de presión van desde 500 PSI hasta 1800 PSI con un incremento de 100; con el valor máximo se llega a la capacidad de 10 toneladas.

El funcionamiento de la válvula CT-26C es por acción mecánica cuenta con un piloto remoto disponible en la Figura 3.17, tiene un tornillo que se ajusta manualmente hasta el límite máximo de presión, obteniendo un control de todo o nada, la válvula proporcional es la encargada de variar la presión del relieve dentro de los parámetros por medio de voltaje.

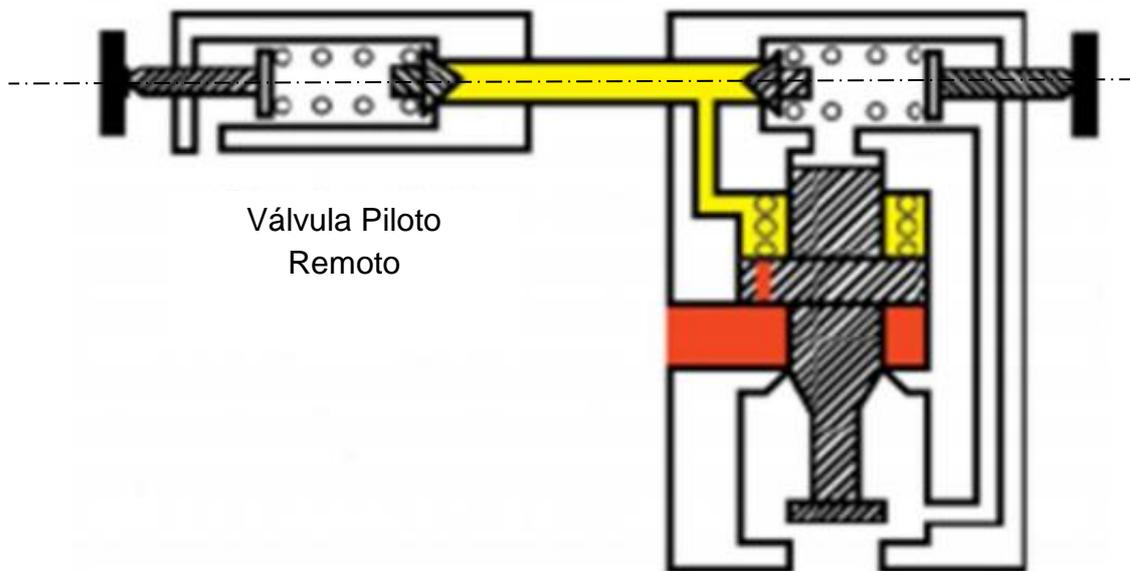


Figura 3.17 Válvula reguladora con piloto remoto [7].

La válvula proporcional por definición es una válvula de infinitas posiciones según la variación de una señal de voltaje, en la Figura 3.18 se muestra el diagrama de respuesta de la presión en función del voltaje.

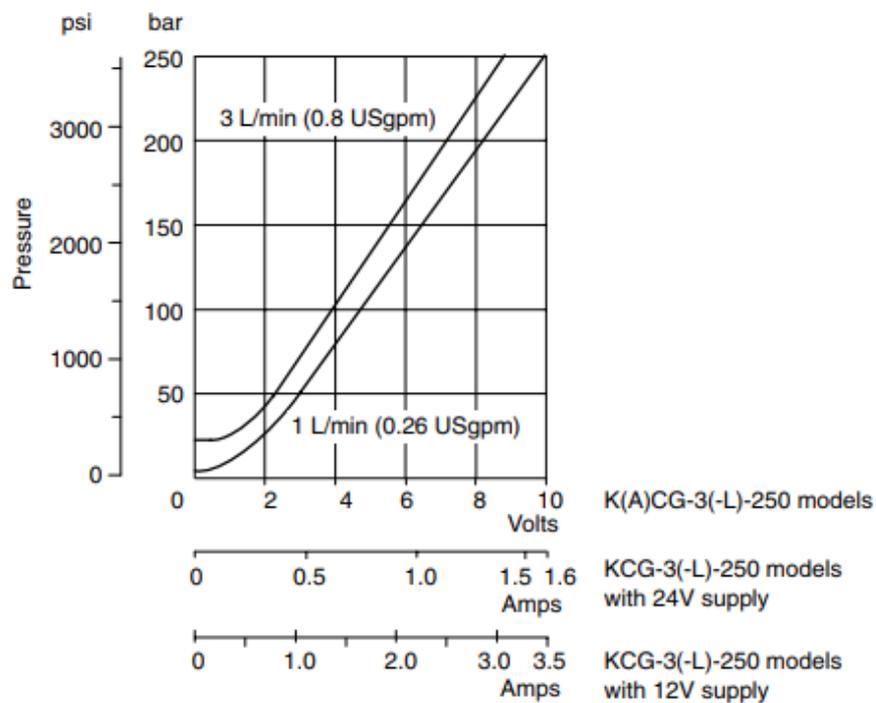


Figura 3.18 Diagrama de respuesta de la válvula proporcional [45].

La prensa cuenta con un dispositivo de la serie KCG-3-350, el caudal que maneja (Figura 3.19), es muy bajo por tanto no es conveniente introducir directamente la

capacidad de la bomba en la válvula, para obtener un alivio y optimizar el funcionamiento se maneja toda la capacidad con la reguladora de presión.

Standard test conditions are with antiwear hydraulic oil at 36 cSt (168 SUS) and 40°C (104°F)	
Maximum pressures:	
Port P:	
Operating	See [5] in "Model Code"
Static	350 bar (5075 psi)
Port T:	
Operating	2 bar (29 psi). See "Back pressure at port T" under "Installation and start-up" on next page.
Static	210 bar (3000 psi)
Flow limits:	
Rated flow	1 L/min (0.26 USgpm)
Maximum flow	5 L/min (1.3 USgpm)
Coil or amplifier rating:	
KCG models	See [9] in "Model Code"
KACG models	24V x 40W max. (22 to 36V including 10% pk.-to-pk. max. ripple)
Command signal ranges, KACG models	0 to +10V DC, or 0 to -10V DC
Dither, KACG models	Factory set, not user adjustable
Monitor point signal, KACG models	0,5V per amp. solenoid current
Power stage PWM, KACG models	2kHz nominal

Figura 3.19 Datos técnicos de caudal y presión de la válvula proporcional KCG3-350 [45].

El control de la válvula se maneja por modulación por ancho de pulso (PWM), donde varía el ciclo de trabajo y la frecuencia para obtener valores medios entre los límites de 0 voltios a 10 voltios y manejar una señal analógica, que controla a la válvula. En la Tabla 3.3 se muestran los valores voltaje para las distintas presiones.

Tabla 3.3 Datos de la válvula proporcional de presión y voltaje.

Literal	Presión [PSI]	Voltaje [V]
1	500	2,3
2	600	2,7
3	700	3
4	800	3,4
5	900	3,5
6	1000	3,7
7	1100	4
8	1200	4,2
9	1300	4,7
10	1400	4,9
11	1500	5,1
12	1600	5,3
13	1700	5,6
14	1800	5,8

El transductor de presión PX303 cuenta con una salida analógica que es interpretada por el PLDuino para conocer la presión de trabajo en la prensa, las características del sensor (ver Anexo C.4).

3.3.2 MÓDULO DE CONTROL DE POSICIÓN

El control de posición depende del encoder incremental y la válvula direccional, para el modo de trabajo automático donde la posición del vástago es controlada.

La válvula direccional (Figura 3.20) tiene tándem central, (ver Anexo C.5), cuando las bobinas se desactivan mantiene la posición el vástago sin subir ni bajar por sí solo, el dispositivo activa el ascenso o descenso del pistón, el encoder emite pulsos hacia el PLDuino donde se gestionan los datos recibidos para establecer la distancia recorrida.

Feature	DG4V-3	DG4V-3S	DG4V-3R
Pressure Limits P, A and B ports	350 bar (5075 psi)	350 bar (5075 psi) ■	350 bar (5075 psi)
T port:	210 bar (3045 psi)	100 bar (1450 psi)	210 bar (3045 psi)
Flow rating	See performance data	See performance data	See performance data
Relative duty factor	Continuous; ED = 100%	Continuous; ED = 100%	Continuous; ED = 100%
Type of protection: ISO 4400 coils with plug fitted correctly	IEC 144 class IP65	IEC 144 class IP65	IEC 144 class IP65
Coil winding	Class H	Class H	Class H
Lead wires (coils type F***)	Class H	Class H	Class H
Coil encapsulation	Class F	Class F	Class F
	Permissible voltage fluctuation:		
Maximum	Refer to temperature limits.	Refer to temperature limits.	Refer to Temperature Limits
Minimum	90% rated	90% rated	90% rated
Typical response times at 100% rated volts measured from application/removal of voltage to full spool displacement of "2C" spool at:			
Flow rate P-A, B-T	20 l/min (5.3 USgpm)	40 l/min (10.6 USgpm)	20 l/min (5.3 USgpm)
Pressure	175 bar (2537 psi)	175 bar (2537 psi)	175 bar (2527 PSI)
AC (-) energizing	18 ms	15 ms	18 ms
AC (-) de-energizing	32 ms	23 ms	32 ms
DC (=) energizing	60 ms	45 ms	60 ms
DC (=) de-energizing	40 ms	28 ms	40 ms

Figura 3.20 Características técnicas para la válvula DG4V 3 2C MU H7 60 [6].

El encoder 600P (Figura 3.21) está unido con un sistema mecánico de polea hacia el acople del vástago para determinar cuando sube o baja el pistón, (ver Anexo C6).

E6B2-CWZ6C NPN Open-collector Output Model E6B2-CWZ5B PNP Open-collector Output Model

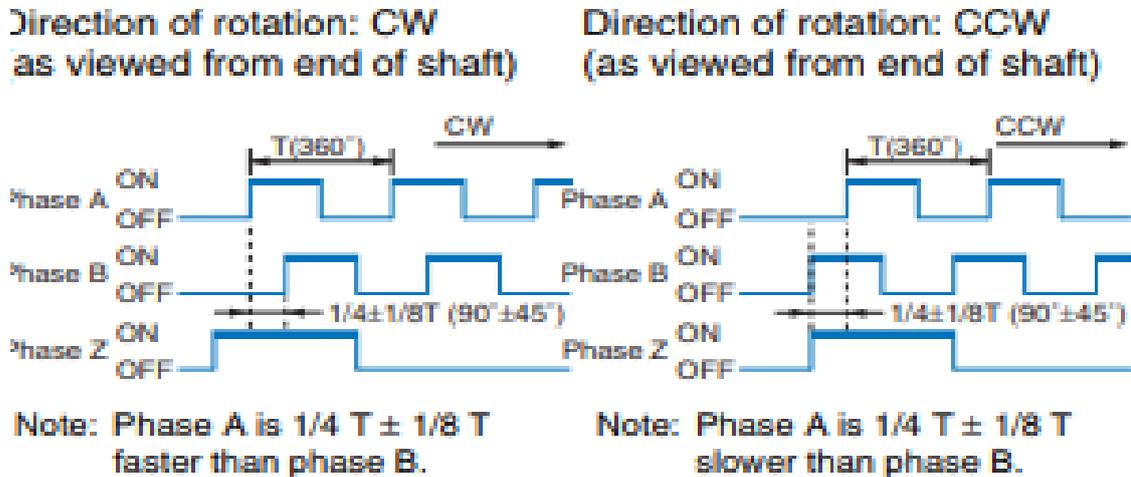


Figura 3.21 Salida del encoder E6B2-CWZ6C en función a los giros [31].

3.3.4 PROTECCIÓN PARA EL SISTEMA DE CONTROL

Se presentan los consumos de corriente para los diferentes elementos que forman parte del sistema de control (Tabla 3.4), utilizando los valores nominales de las hojas técnicas.

Tabla 3.4 Elementos electrónicos.

Cantidad	Carga	Corriente(A)
1	PLDuino	0,5
2	Botones	0,2
2	Luz piloto	0,2
1	Válvula direccional	1,25
1	Válvula proporcional	1,6
1	HMI Samkoon	0,25
1	Encoder	0,05
1	Transductor de presión	0,02
Total [A]		4,16

Con la corriente nominal de 4,16 A se calcula la corriente para el disyuntor con un factor de seguridad 1,25 [46], dando como resultado 5.2 A, el valor comercial próximo es de 6 amperios 110 voltios.

[46] La norma para el factor de seguridad es NTC2050

3.3.5 PROTECCIÓN PARA EL SISTEMA DE ARRANQUE DEL MOTOR

El motor que utiliza la central oleohidráulica es de 5HP, 220 V trifásico de alimentación considerando un factor de seguridad de 1.2 [46], por la corriente de arranque, se obtiene un disyuntor de 20A trifásico a 220V.

El arrancador del motor fue seleccionado en base a la potencia de 5 HP, 220V trifásico; este dispositivo cuenta con un contactor y un disyuntor térmico permite ajustar la corriente (Figura 3.22).



Figura 3.22 Arrancador suave marca EBASEE para motor de 5HP [34].

3.3.6 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

El sistema de control maneja cable flexible porque necesita pasar por conductos donde este se deforma, de acuerdo al análisis realizado en la Tabla 3.3 la corriente máxima es de 5.2 A, donde el valor próximo en los conductores comerciales (Figura 3.23), es el cable # 18.

CABLES FLEXIBLES GPT 600V

CALIBRE	DIAMETRO CONDUCTOR	# HILOS	DIAMETRO HILO	ESPESOR NOMINAL AISLACION	DIAMETRO AISLADO APROX.	DIAMETRO TOTAL APROX.	PESO TOTAL APROX.	RESIST. MAXIMA 20°C CC	CAPAC. DE CORRIENTE (A) 30"
AWG	mm	cantidad	mm	mm	mm	mm	kg/km	Ω/km	Ω/km
10	3,0	39	0,41	0,79	4,8	5,5	64	3,41	30
12	2,4	24	0,41	0,66	3,9	4,0	40	5,41	25
14	1,9	25	0,32	0,58	3,2	3,5	26	8,59	18
16	1,5	16	0,32	0,58	2,73	3,1	17,72	13,7	13
18	1,2	10	0,32	0,58	2,4	2,8	12,41	21,8	10

Figura 3.23 Conductores flexibles marca GENERAL CABLE, adaptada de [47].

El circuito de potencia usa un conductor de fuerza 4x10 (Figura 3.24), tiene 4 cables número 10 en una misma envoltura donde se puede conectar directamente las 3 fases con las protecciones hacia el motor además el neutro para la conexión de los 110V. De acuerdo a la corriente del disyuntor que es de 20 A el conductor es el que más se aproxima comercialmente a lo requerido.

CABLES DE FUERZA - CONTROL 600V - 105°C

CALIBRE	CONDUCTOR			DIAMETRO	PESO CU TOTAL APROX.	ESPESOR DEL NUCLEO	DIAMETRO DEL NUCLEO	ESPESOR DE CHAQUETA	DIAMETRO EXTERIOR APROX.	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD CONDUCT.
	SECCION APROX.	CONSTRUCCION									
		CLASE J									
AWG o MCM	mm ²	# HILOS	mm	mm	Kg/Km	mm	mm	mm	mm	Kg/Km	Amp
TRIPOLARES											
3 x 18	0,82	10	0,32	1,22	22,93	0,76	5,90	1,14	8,18	89,91	9
3 x 16	1,31	16	0,32	1,52	37,27	0,76	6,55	1,14	8,83	113,01	12
3 x 14	2,08	26	0,32	1,98	58,77	1,14	9,18	1,14	11,46	186,3	14
3 x 12	3,31	41	0,32	2,57	93,19	1,14	10,45	1,14	12,73	243,65	18
3 x 10	5,26	65	0,32	3,20	149,09	1,14	11,81	1,52	15,85	382,04	24
TETRAPOLARES											
4 x 18	0,82	10	0,32	1,22	30,57	0,76	6,61	1,14	8,89	113,14	8
4 x 16	1,31	16	0,32	1,52	46,69	0,76	7,34	1,14	9,62	143,58	10
4 x 14	2,08	26	0,32	1,98	78,36	1,14	10,28	1,14	12,56	240,12	13
4 x 12	3,31	41	0,32	2,57	124,26	1,14	11,71	1,52	14,75	339,96	16
4 x 10	5,26	65	0,32	3,20	198,79	1,14	13,23	1,52	17,27	486,91	22

Figura 3.24 Conductores de fuerza, marca GENERAL CABLE, adaptada de [47].

3.3.7 DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

La HMI es encargada de seleccionar y asignar el valor de las variables de presión y recorrido por medio de botones para subir y bajar los valores en pasos discretos, cada pantalla cuenta con pulsadores de retorno o siguiente.

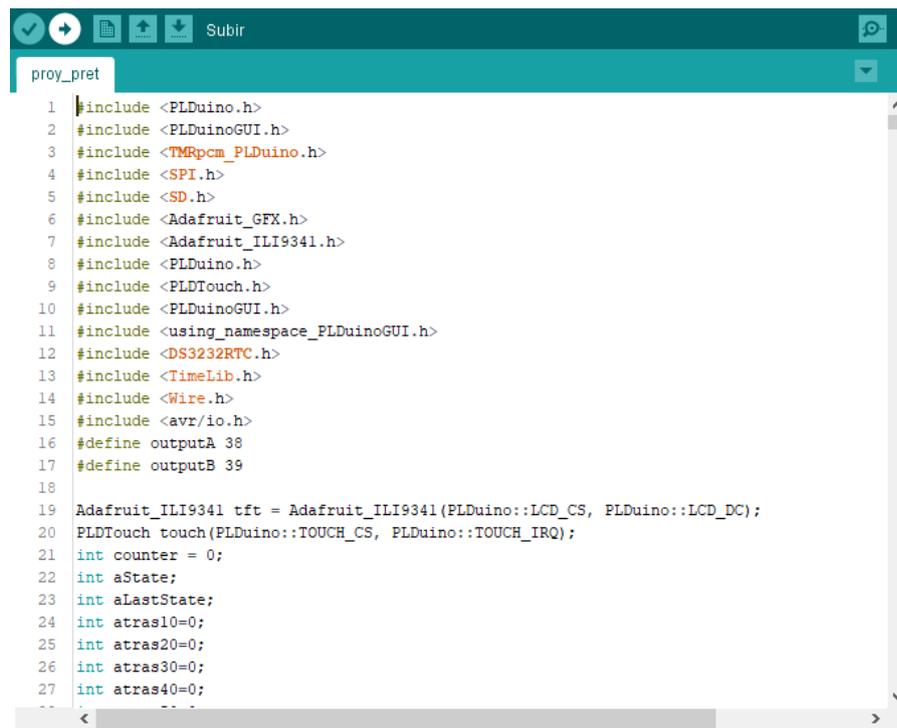
Los botones son creados en base a la distribución y tamaño de la pantalla que es de 2.4 pulgadas, el número de ventanas es de 2 para el modo semiautomático: selección de presión e inicio de trabajo y 4 para el modo automático: número de repeticiones,

selección de recorrido, selección de presión e inicio de trabajo, ver ANEXO B, plano D01-001.

El PLDuino cuenta con una pantalla integrada la cual trabaja con el software Arduino IDE, con licencia gratuita, para la programación, cuenta con librerías que facilitan el manejo del dispositivo disponibles en la Tabla 3.5. La interfaz gráfica no cuenta con módulos para la simulación y se carga de manera directa con el código fuente disponible en la Figura 3.25.

Tabla 3.5 Librerías para la programación del PLDuino [48].

Librería	Descripción
PLDuino.h	Habilita el uso del PLDuino para la programación
PLDuinoGui.h	Habilita la pantalla para la creación de botones
PLDtouch	Habilita el touch de la pantalla
Adafruit.h	Permite la lectura del sensor de presión



```

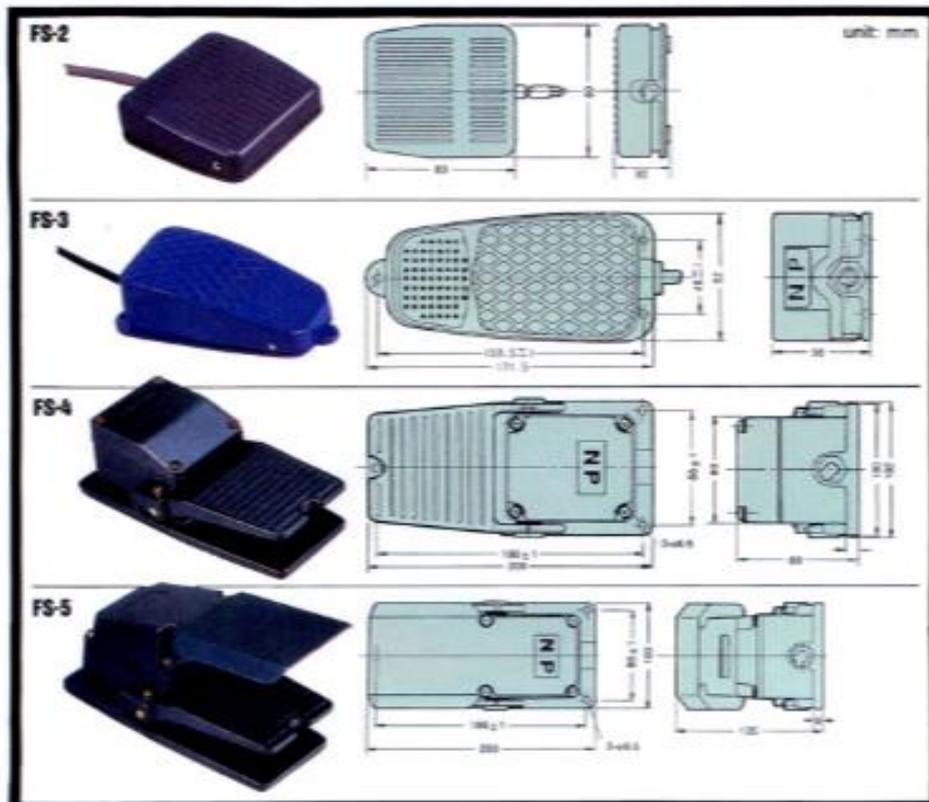
1  #include <PLDuino.h>
2  #include <PLDuinoGUI.h>
3  #include <TM1637_PLDuino.h>
4  #include <SPI.h>
5  #include <SD.h>
6  #include <Adafruit_GFX.h>
7  #include <Adafruit_ILI9341.h>
8  #include <PLDuino.h>
9  #include <PLDTouch.h>
10 #include <PLDuinoGUI.h>
11 #include <using_namespace_PLDuinoGUI.h>
12 #include <DS3232RTC.h>
13 #include <TimeLib.h>
14 #include <Wire.h>
15 #include <avr/io.h>
16 #define outputA 38
17 #define outputB 39
18
19 Adafruit_ILI9341 tft = Adafruit_ILI9341(PLDuino::LCD_CS, PLDuino::LCD_DC);
20 PLDTouch touch(PLDuino::TOUCH_CS, PLDuino::TOUCH_IRQ);
21 int counter = 0;
22 int aState;
23 int aLastState;
24 int atras10=0;
25 int atras20=0;
26 int atras30=0;
27 int atras40=0;

```

Figura 3.25 Código fuente y librerías incluidas en el software Arduino IDE.

3.3.8 SELECCIÓN DE PULSADORES DE ACTIVACIÓN

Los pulsadores que se usan son pedales porque el trabajo de la prensa impide la manipulación manual de botones para activar el ascenso o descenso del vástago. Los pedales seleccionados son FS-2 disponible en la Figura 3.26.


FOOT SWITCH


TYPE	RATING	CONTACTOR	CORD SPEC.	ENCLOSURE MATERIAL	WEIGHT
FS-2	AC250V 10A	1A 1B	PVC 0.55mm ² • 3C • 1M	POLY-CARBONATE	240g
FS-3	AC250V 10A	1A 1B	PVC 0.75mm ² • 3C • 1M	ALUMINUM	470g
FS-4	AC250V 15A	1A 1B	PVC 0.75mm ² • 3C	ALUMINUM	820g
FS-5	AC250V 15A	1A 1B	PVC 0.75mm ² • 3C	ALUMINUM	1000g

Figura 3.26 Pulsador de Pedal marca Camsco [22].

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo muestra el proceso de construcción, pruebas y resultados que se encontraron a lo largo del proceso junto a la respectiva calibración de las señales electrónicas hacia los actuadores.

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

En la Figura 3.1 se muestran los elementos principales de la prensa que componen el chasis y los elementos adicionales que componen la máquina en su totalidad.

4.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS BASES

En la Figura 4.1 se muestra el diagrama de la construcción de las bases, los materiales son:

- 2 vigas UPN 80, 1600 mm
- 2 cuadrados de ASTM A36 DE 100x120x19 mm

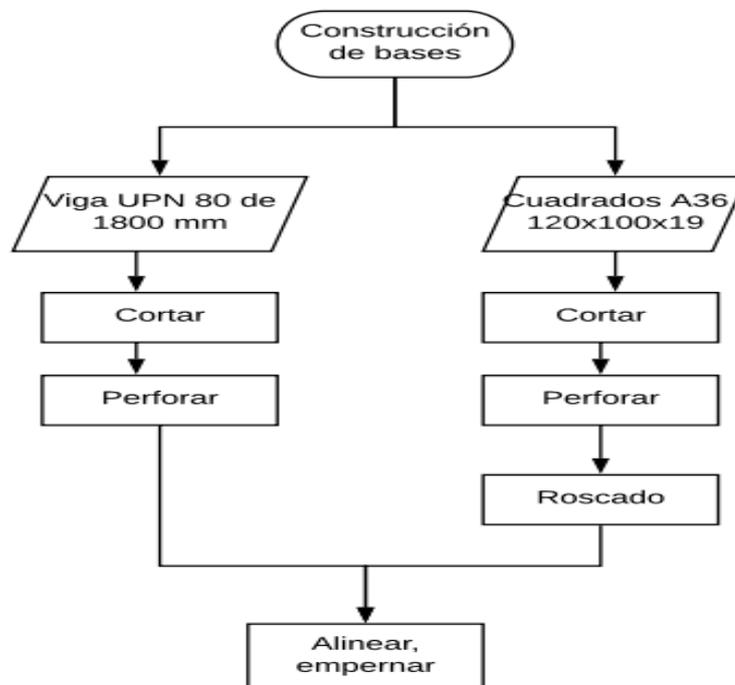


Figura 4.1 Flujograma de construcción de las bases.

La Figura 4.2 muestra el resultado de la perspectiva para la construcción.

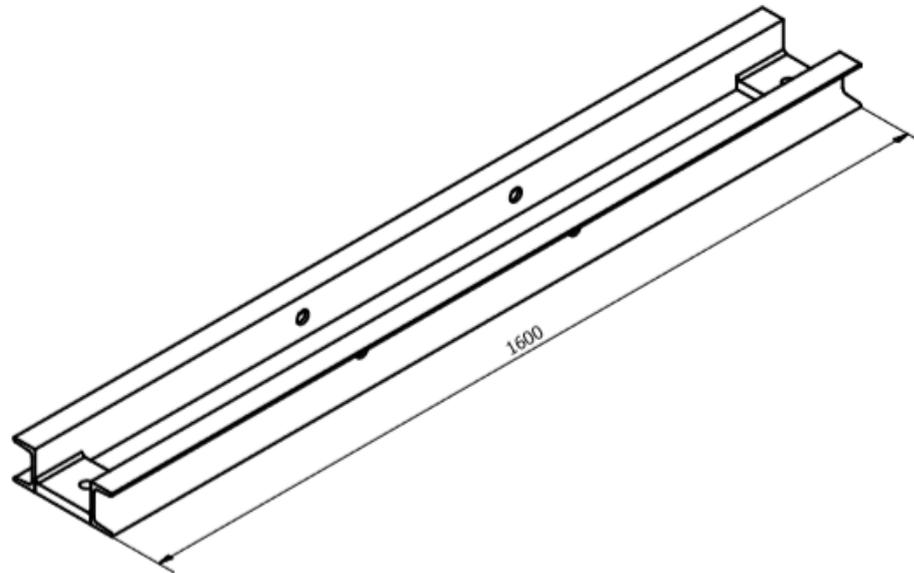


Figura 4.2 Perspectiva de las bases de la prensa.

4.1.2 CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS

La construcción de la estructura está disponible en la Figura 4.3, la máquina necesita:

- bases
- 4 vigas HEB 120 de 1800 mm de longitud
- 2 vigas UPN de 1394 mm
- 1 placa superior de sujeción del pistón de 330x506x30 mm
- 2 vigas laterales UPN 140 de 500 mm

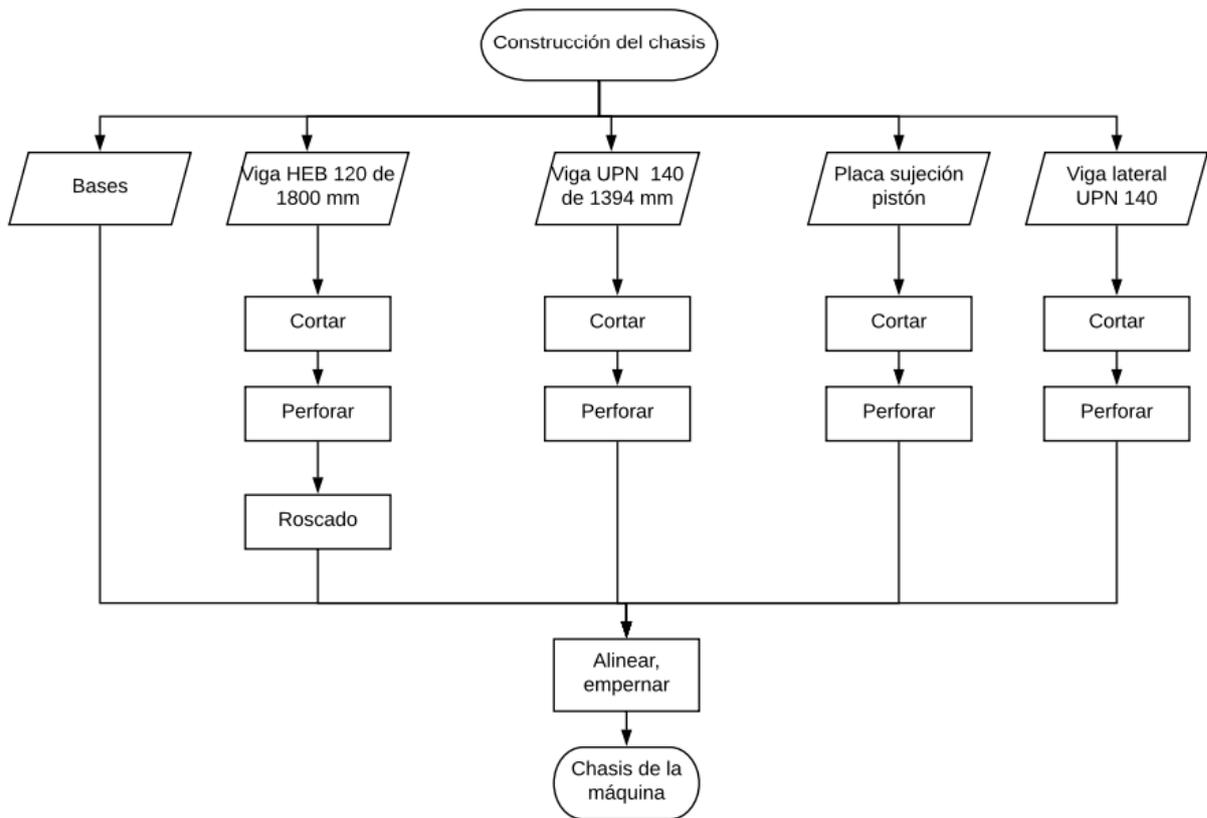


Figura 4.3 Flujograma de construcción del chasis de la máquina.

El resultado de la construcción se observa en la Figura 4.4.



Figura 4.4 Chasis de la máquina construido.

4.1.3 CONSTRUCCIÓN DE LA MESA DE TRABAJO

La Figura 4.5 muestra el proceso para obtener como resultado la Figura 4.6 que es la mesa con sus elementos, se usa:

- Eje placa base diámetro 1 pulgada longitud 500 mm
- Placa de trabajo de 300x500x30 mm
- 2 viga UPN 140 de 1440 mm
- 2 viga UPN lateral 370 mm
- 2 mecanismos de desplazamiento de la mesa
- 4 ángulos de unión ente vigas de 140 mm.

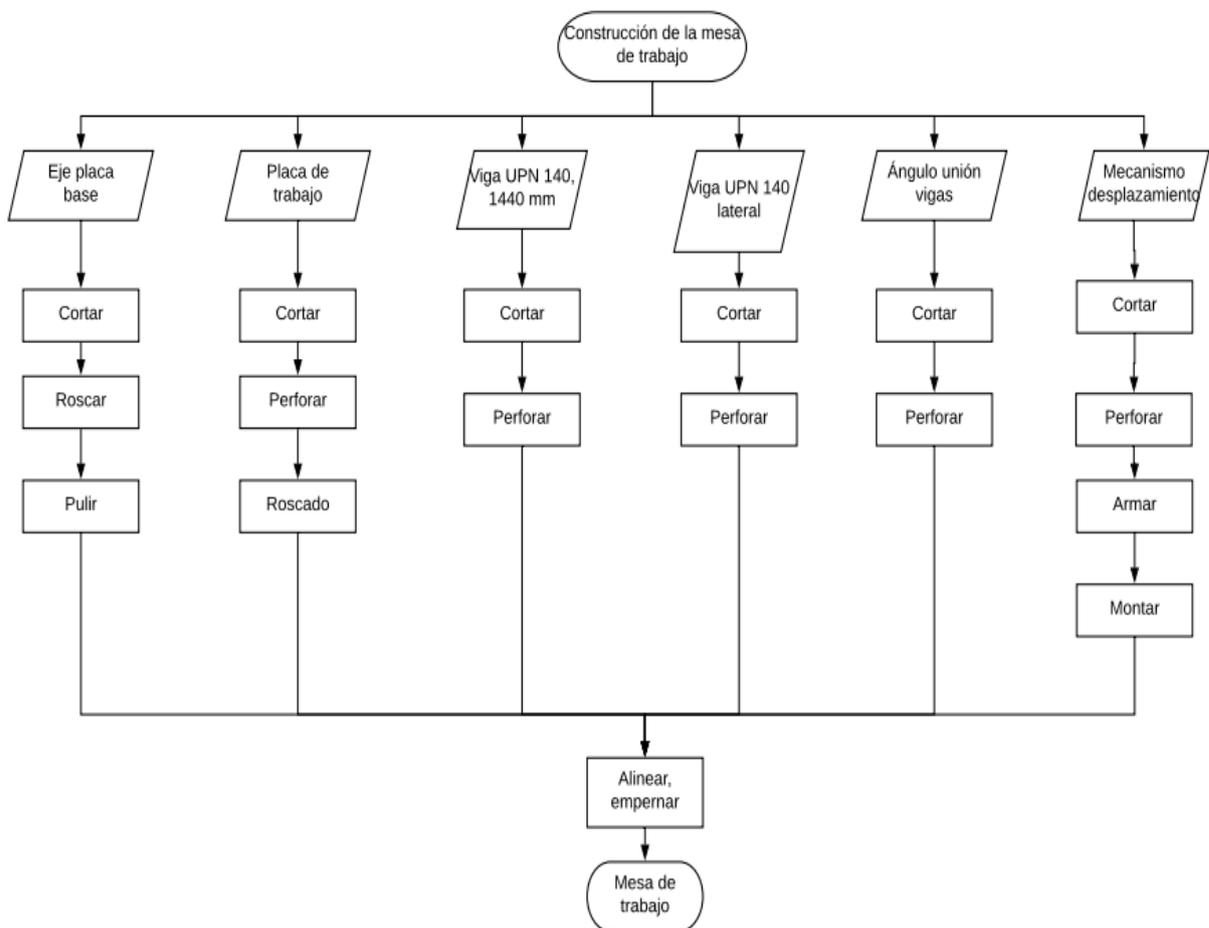


Figura 4.5 Flujograma de la construcción de la mesa de trabajo.

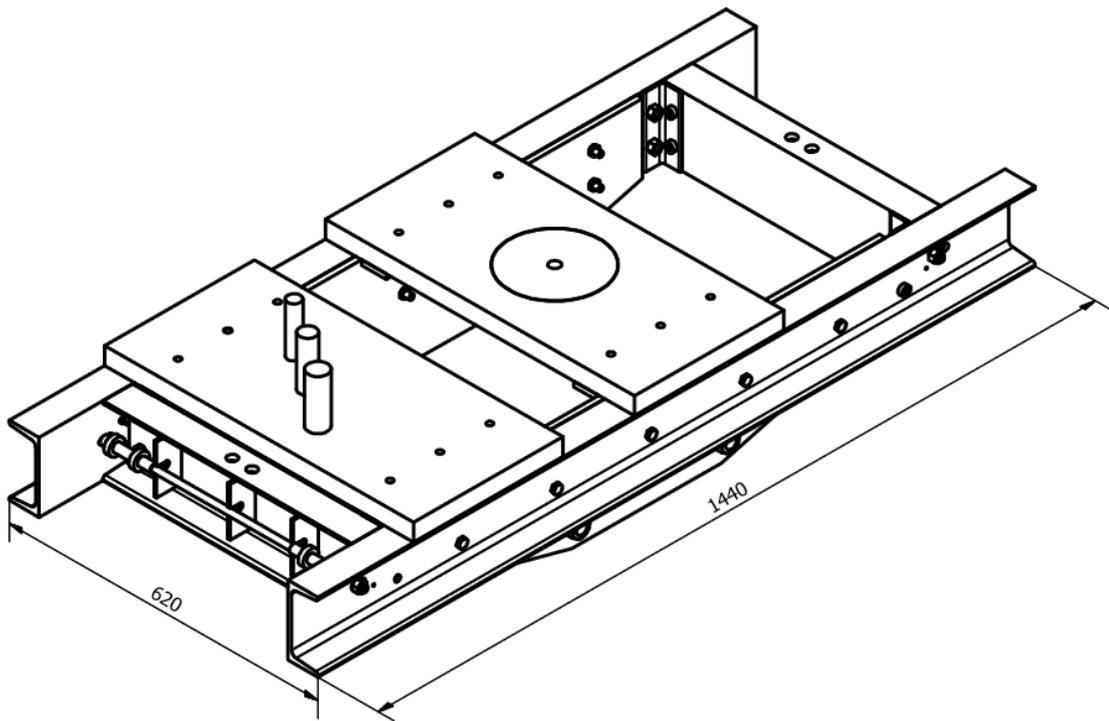


Figura 4.6 Perspectiva de la mesa de trabajo.

4.1.3.1 Calibración de la mesa de trabajo con las placas guía

El diseño de la prensa cuenta con un sistema de guiado que debe ser calibrado para el desplazamiento de la mesa disponible en la Figura 4.7.

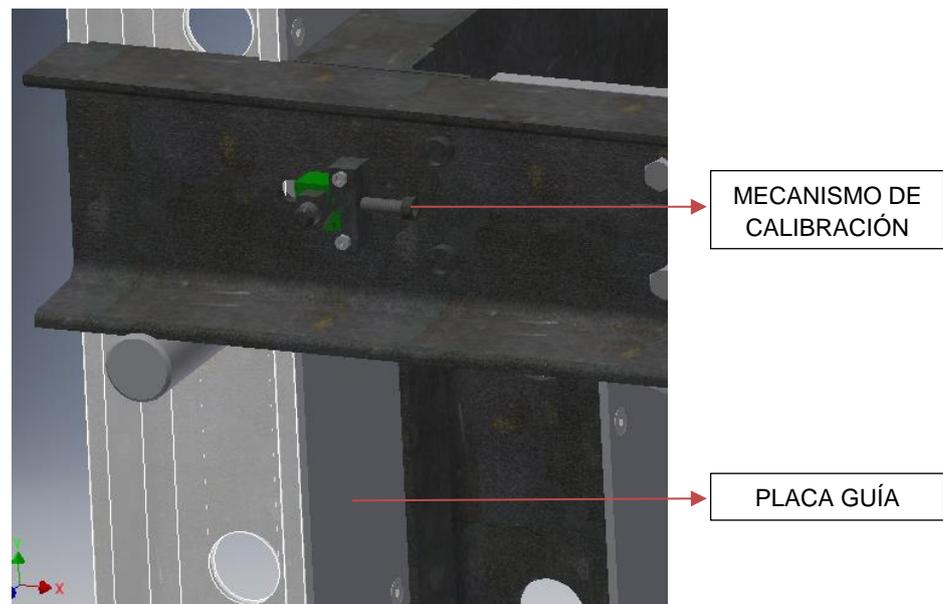


Figura 4.7 Modelo 3D del mecanismo de calibración y placa guía.

El mecanismo consta de un perno allen que utiliza la llave hexagonal número 6 para regular la distancia entre el eje con los rodamientos y la placa. Una vez que el sistema

está en contacto se debe ajustar el perno, este proceso se debe realizar en los dos lados de la prensa para garantizar la movilidad.

4.1.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO

La Figura 4.8 muestra el proceso para obtener como resultado la central oleohidráulica (Figura 4.9), se usa:

- Válvula direccional
- Válvula proporcional
- 2 placas distribuidoras (Manifold) de una estación.
- Mangueras con racores NPT
- Válvula reguladora de presión pilotada
- Bomba
- Motor

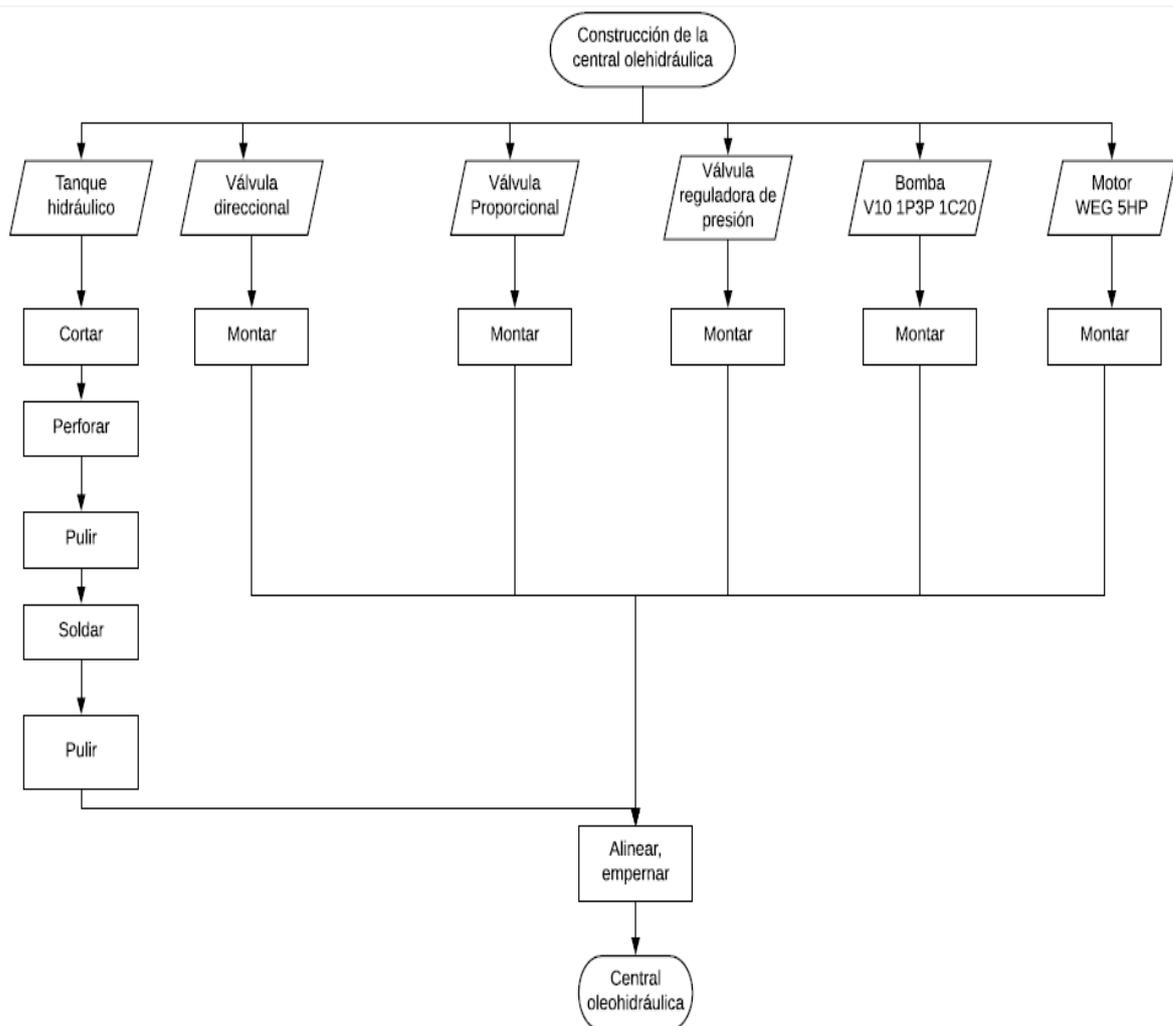


Figura 4.8 Flujograma de construcción de la central oleohidráulica.

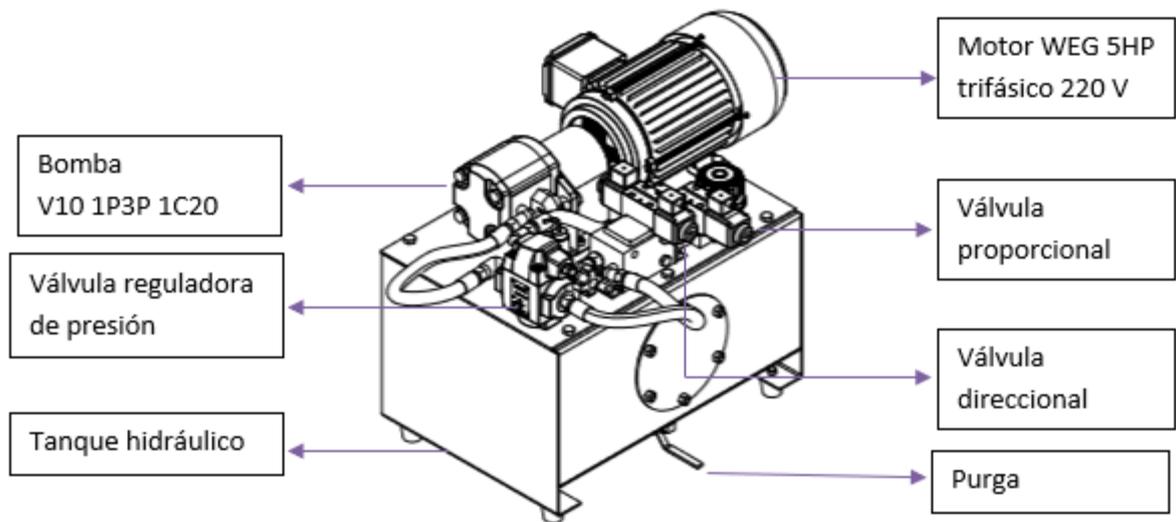


Figura 4.9 Perspectiva de la Central Oleohidráulica.

4.1.5 ACOPLES PARA MONTAJE Y DESMONTAJE DE RODAMIENTOS

Para realizar el montaje y desmontaje de rodamientos se utiliza las herramientas disponibles en la Figura 4.10, los ejes de 1,5 y 1,75 pulgadas permiten realizar el trabajo con la prensa, las placas de apoyo son encargadas de soportar la pieza de trabajo.

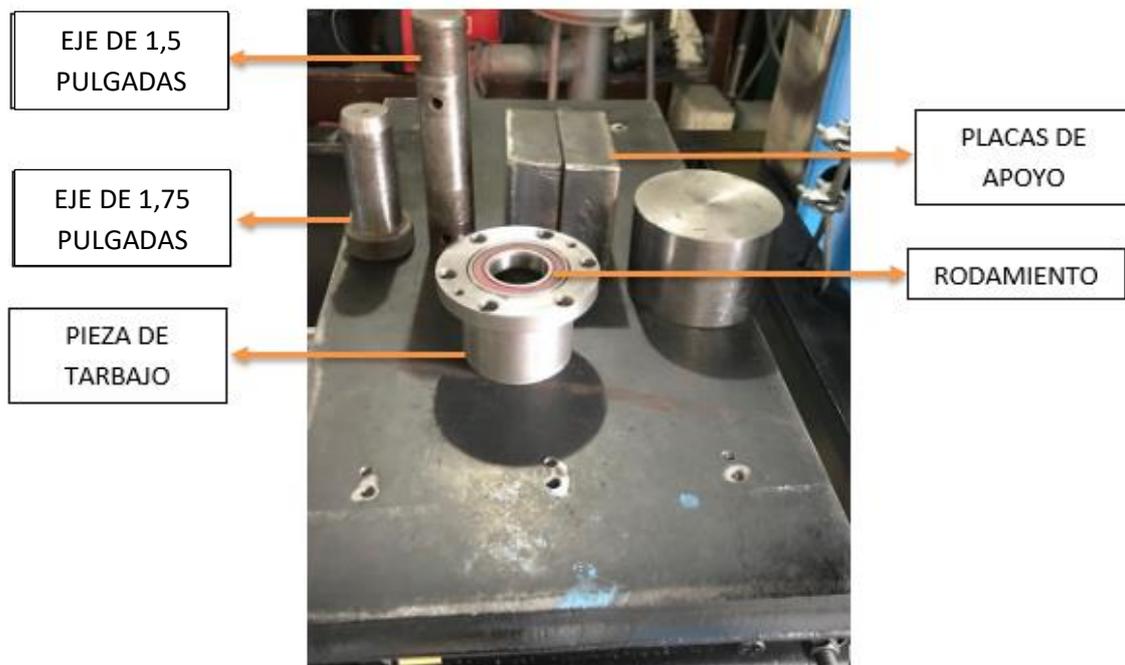


Figura 4.10 Herramientas para el montaje o desmontaje de rodamientos.

4.1.6 PANEL DE CONTROL

El panel de control de la máquina (Figura 4.11, Figura 4.12) cuenta con los siguientes dispositivos para dar funcionamiento a los módulos. Las funciones de los pulsadores y luces piloto son preestablecidas por el PLDuino.



Figura 4.11 Panel de control implementado vista frontal.



Figura 4.12 Panel de control implementado vista lateral.

Los elementos disponibles en el tablero son:

1. Pulsador de paro del motor, cuando se termina la rutina de trabajo para completamente al motor y lo desenergiza.
2. Pulsador de arranque del motor, emite la señal para que se active el motor.
3. Luz piloto modo automático, cuando el modo automático se selecciona, la luz enciende.
4. Luz piloto modo semiautomático, cuando el modo semiautomático se selecciona, la luz enciende.
5. Pulsador de paro de emergencia, el riesgo que presenta la maquina cuando esa trabajando es el atrapamiento, el botón bloquea la máquina subiendo el vástago y no deja realizar acciones hasta desactivarlo.
6. Botón on/off para energizar y apagar la máquina.

En la pantalla HMI al iniciar la máquina se observa una presentación (Figura 4.13), para dar paso a los modos de operación (Figura 4.14).



Figura 4.13 Pantalla de inicio del HMI.



Figura 4.14 Pantalla de selección de modo de trabajo.

En el modo automático se trabaja con el número de repeticiones (Figura 4.15), para el proceso donde la válvula direccional activa el ascenso el número de veces establecido en el HMI.



Figura 4.15 Pantalla de selección de número de repeticiones.

En la pantalla de presión de trabajo, en modo automático se maneja desde los 500 PSI hasta los 1800 PSI, y se puede aumentar o disminuir en pasos de 100 PSI (Figura 4.16).



Figura 4.16 Pantalla de selección de presión de trabajo.

El recorrido está considerado de 0 a 20 cm porque la carrera total es de 25 cm; además con el rango establecido se puede trabajar sin inconveniente en la mesa de trabajo, la pantalla está disponible en la Figura 4.17.



Figura 4.17 Pantalla de selección de carrera del vástago.

El inicio de actividades es igual en los dos modos de trabajo (Figura 4.18), con la diferencia de activación de periféricos según el trabajo.



Figura 4.18 Pantalla de inicio de operaciones.

4.1.7 ENSAMBLAJE FINAL

En la Tabla 4.1 se observa la construcción física con fotografías de la máquina.

Tabla 4.1 Proceso de ensamblaje de la máquina

Procedimiento	Gráfico
<p>Unir el chasis de la estructura con la mesa de trabajo, alinear y colocar los ejes.</p>	
<p>Colocar la central hidráulica junto al chasis</p>	



En la Figura 4.19 se muestra la máquina implementada, en el Anexo D se muestra el proceso de construcción para la máquina.



Figura 4.19 Prensa hidráulica implementada.

4.2 PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se han realizado para el control de presión y posición se desarrollaron en dos fases, calibración de presión y la otra de posición, no obstante, se añade una más para el desplazamiento mecánico de la mesa.

4.2.1 CALIBRACIÓN DE PRESIÓN

Para la calibración de presión se utilizó un manómetro de presión que permite corroborar y afianzar el resultado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.2 y Figura 4.20, estos determinan los valores para la modulación por ancho de pulso que maneja el PLDuino de acuerdo a la presión seleccionada en el HMI.

Tabla 4.2 Resultados de presión y PWM.

Literal	Presión [PSI]	Voltaje [V]	PWM	Polinómica [V]	PWM	Error	Lineal [V]	PWM	Error
1	500	2,3	73	2,2	69	5%	2,4	76	3%
2	600	2,7	86	2,6	81	5%	2,6	84	2%
3	700	3	96	2,9	93	3%	2,9	93	3%
4	800	3,4	108	3,3	104	4%	3,2	102	6%
5	900	3,5	112	3,6	114	3%	3,5	110	1%
6	1000	3,7	118	3,9	124	5%	3,7	119	1%
7	1100	4	128	4,2	134	5%	4,0	127	0%
8	1200	4,2	134	4,5	142	6%	4,3	136	2%
9	1300	4,7	150	4,7	150	0%	4,5	145	4%
10	1400	4,9	156	5,0	158	1%	4,8	153	2%
11	1500	5,1	163	5,2	165	1%	5,1	162	0%
12	1600	5,3	169	5,4	171	1%	5,3	170	1%
13	1700	5,6	179	5,6	177	1%	5,6	179	0%
14	1800	5,8	185	5,7	182	1%	5,9	188	1%

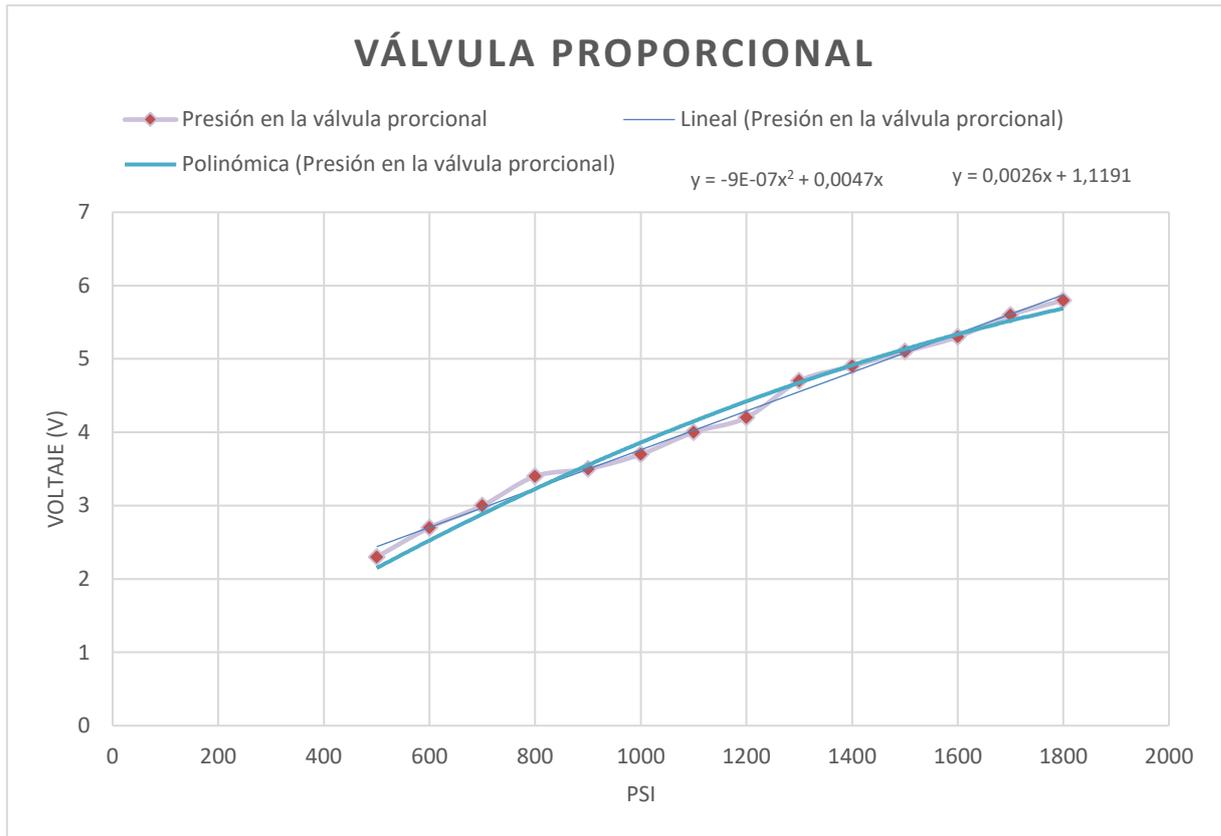


Figura 4.20 Gráfica de la válvula presión en función del voltaje.

En base a las pruebas obtenidas se decidió introducir los valores de PWM para cada valor de presión porque ninguna de las ecuaciones permite obtener con certeza el voltaje apropiado para una presión de salida estable. Las variaciones de 0,1 voltios representan 25 PSI aproximadamente por tanto no es conveniente usar ecuaciones en esta aplicación.

4.2.2 CALIBRACIÓN DEL SENSOR

El sensor es un transductor que emite voltaje de 0 a 10 voltios, disponible en la Tabla 4.3 que muestra los datos obtenidos por experimentación donde una aproximación lineal disponible en la Figura 4.21, es acertada para el manejo de la entrada analógica en el PLDuino.

Tabla 4.3 Datos de la calibración del sensor de presión.

Literal	Presión [PSI]	Voltaje [V]	Valor digital	Lineal [V]	Error
1	400	3,1	317	3,0	2%
2	500	3,5	358	3,5	-1%
3	600	4,0	409	4,0	-1%
4	700	4,6	471	4,5	1%

5	800	5,1	522	5,0	1%
6	900	5,5	563	5,5	-1%
7	1000	6,1	624	6,0	1%
8	1100	6,5	665	6,5	-1%
9	1200	7,1	726	7,0	1%
10	1300	7,5	767	7,5	-1%
11	1400	8,0	818	8,0	-1%
12	1500	8,6	880	8,5	1%
13	1600	9,0	921	9,0	-1%
14	1700	9,7	992	9,5	2%
15	1800	10,0	1023	10,0	0%

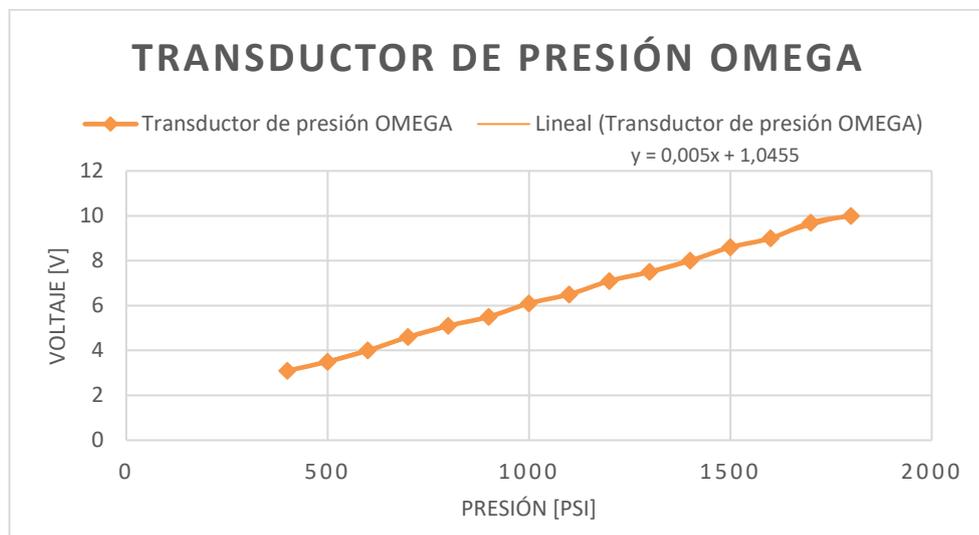


Figura 4.21 Gráfica de los datos obtenidos por el sensor de presión.

La Figura 4.11 indica que el uso de una aproximación lineal garantiza que los valores de lectura por el sensor tendrán un error menor al 2% que es muy aceptable considerando que se maneja presiones de 500 PSI a 1800 PSI.

4.2.3 CALIBRACIÓN DEL RECORRIDO

La calibración del recorrido se realizó estableciendo una relación entre los pulsos que emite el encoder y el desplazamiento del pistón que está unido por un sistema mecánico, considerando que la fricción entre el cable y la polea da la lectura incorrecta para algunos datos. En la Tabla 4.4, se muestra los valores promedios de los pulsos para distintos recorridos del pistón.

Tabla 4.4 Desplazamiento del pistón con pulsos.

DESPLAZAMIENTO DEL PISTÓN		
Distancia [cm]	Número de pulsos descenso	Número de pulsos ascenso
2,5	64	76
5,0	129	124
7,5	175	162
10,0	226	203
12,5	286	249
15,0	336	291
17,5	401	368
20,0	468	426

La Figura 4.22 indica los datos de la Tabla 4.5 graficados para obtener una linealización de los datos para la programación.

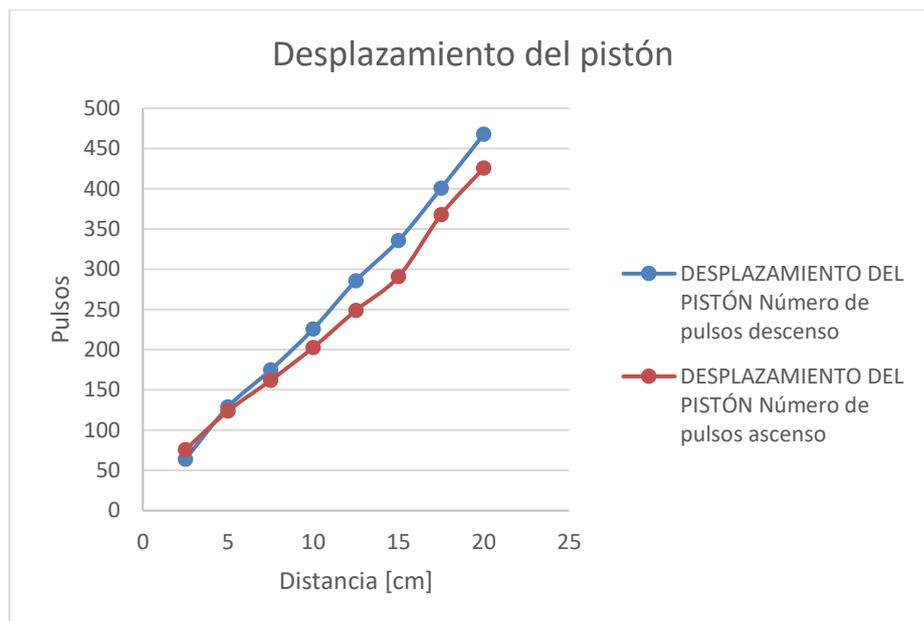


Figura 4.22 Desplazamiento del pistón con pulsos.

4.2.4 PRUEBAS DEL MECANISMO DE MOVIMIENTO DE LA MESA

El mecanismo de movimiento permite colocar en posición apropiada la mesa para trabajar dependiendo de las dimensiones de las piezas. El mecanismo de movimiento es capaz de mover de una posición de pasador a otra aproximadamente en un minuto considerando también que los ejes se mueven a cada lado, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Tiempos de desplazamiento de la mesa.

Mesa de trabajo	
Posición	Tiempo [min]
1 a 2	1,06
2 a 3	1,10
3 a 4	1,08
4 a 5	1,16
5 a 4	1,20
4 a 3	1,23
3 a 2	1,09
2 a 1	1,16
Promedio [min]	1,13

4.2.5 PRUEBAS DE VELOCIDAD DEL SISTEMA HIDRÁULICO

La central oleohidráulica cuenta con dos velocidades una mayor para ascender y otra menor para descender, para esta prueba se consideró una distancia fija de 17 cm con distintas presiones de trabajo para determinar la velocidad promedio para subir o bajar el vástago disponible en la Tabla 4.6, donde se realizó una prueba del tiempo de manera experimental.

Tabla 4.6 Prueba de velocidad.

Prueba de tiempo		
Presión	Ascenso [s]	Descenso [s]
400	4,32	4,65
500	4,41	4,77
600	4,17	4,63
700	4,28	4,69
800	4,34	4,83
900	4,41	4,67
1000	4,38	4,74
1100	4,36	4,66
1200	4,34	4,87
1300	4,39	4,80
1400	4,34	4,85
1500	4,34	4,80
1600	4,38	4,84
1700	4,29	4,78
1800	4,29	4,77
Promedio [s]	4,33	4,76
Velocidad promedio [cm/s]	3,92	3,57
Caudal Promedio [USgpm]	4,58	5,01

Los tiempos de trabajo para la prensa son rápidos frente a las máquinas consultadas en el estado del arte por tanto es rentable para aplicaciones de producción en serie.

4.2.6 PRUEBA DE PRECISIÓN DE LA PRESIÓN

La Tabla 4.7 indica los resultados de precisión de la presión respecto el valor seleccionado y el resultado obtenido por el sistema oleohidráulico mostrado en la pantalla HMI.

Tabla 4.7 Datos de la precisión de la presión.

PRESIÓN [PSI]		EFECTIVIDAD %	ERROR %
REFERENCIA	MEDIDA		
500	491	98,2	1,8
600	593	98,8	1,2
700	730	104,3	4,3
800	826	103,3	3,3
900	930	103,3	3,3
1000	981	98,1	1,9
1100	1072	97,5	2,5
1200	1185	98,8	1,3
1300	1312	100,9	0,9
1400	1423	101,6	1,6
1500	1430	95,3	4,7
1600	1576	98,5	1,5
1700	1705	100,3	0,3
1800	1750	97,2	2,8

4.2.7 PRUEBA DE PRECISIÓN DEL RECORRIDO

La Tabla 4.8 muestra los resultados obtenidos en la precisión del recorrido respecto al valor seleccionado y los datos experimentales del sistema de posición.

Tabla 4.8 Datos de precisión del recorrido.

RECORRIDO [cm]		EFECTIVIDAD %	ERROR %
SELECCIONADO	MEDIDO		
5	5,5	90,9	9,1
10	11	90,9	9,1
15	16	93,8	6,3
20	22,2	90,1	9,9

4.3 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LA MÁQUINA

En la Tabla 4.9 se detallan los costos para el diseño y construcción de la prensa.

Tabla 4.9 Costos de la máquina.

Cantidad	Descripción	Valor
Chasis de la máquina		
1	Chasis con mano de obra y materiales	\$3.000,00
Central Oleohidráulica		
1	Pistón hidráulico de 4"	\$300,00
1	Válvula direccional	\$300,00
1	Válvula proporcional	\$1.500,00
1	Válvula reguladora de presión	\$300,00
2	Manifold	\$200,00
1	Bomba de paletas	\$200,00
1	Motor 5 HP	\$300,00
1	Tapa filtro	\$30,00
1	Filtro de succión	\$30,00
2	Canecas de aceite hidráulico	\$150,00
1	Visualización de nivel de aceite	\$20,00
1	Mangueras, racores, tapones	\$400,00
1	Pernos, arandelas, tubos, válvula	\$100,00
Sistema de control		
1	Armario eléctrico	\$30,00
2	Breakers	\$20,00
1	Arrancador suave	\$50,00
1	Transductor de presión	\$200,00
1	PLDuino	\$200,00
1	Encoder incremental	\$40,00
1	Botones, luces piloto	\$30,00
1	Riel DIN, terminales, manguera anillada	\$40,00
1	Gastos extras	\$300,00
Mano de obra		
1	Mano de obra	\$1000,00
	Total	\$8.740,00

CONCLUSIONES

La central oleohidráulica proporciona la capacidad de 10 toneladas de ajuste con una presión de 1750 PSI en el sistema, por configuración de parámetros con 1800 PSI que se encuentra establecido en la programación se establece la fuerza 10,27 toneladas superando el objetivo planteado.

El control proporcional es valor agregado de la máquina con respecto a las máquinas convencionales porque en las prensas tradicionales ya sean manuales o motorizadas siempre trabajan a una presión preestablecida por una válvula reguladora de presión manual, el costo de este dispositivo limita la producción de prensas con control de presión porque el costo aumenta un 1000% frente a un control mecánico.

Los modos de operación permiten realizar actividades que se encuentran disponibles en máquinas de altas capacidades con sistemas CNC, el diseño adaptativo que se aplicó es satisfactorio porque se puede observar en una máquina de pequeña capacidad con beneficios de control de presión con una precisión del 95 % y para el recorrido de 90%.

La mesa de trabajo en las prensas al ser muy ancha o larga crea fuerzas o momentos que no están consideradas en el diseño que afectan a los elementos con deflexión.

El diseño por rigidez en la estructura garantiza robustez, funcionalidad, aunque en algunos elementos aplicar este diseño no involucra más de un 20% más en el costo de los materiales.

La pantalla HMI, permite que el operador se familiarice con rapidez al uso de la prensa y trabajar con la máquina evitando tiempos de capacitación continua porque cuenta con un entorno intuitivo.

El modo de operación más usado por el taller es el semiautomático porque las piezas que llegan al taller son diferentes en cada actividad, además cada labor requiere distintas presiones.

El uso de un PLC en una prensa permite obtener un control robusto donde se garantiza cumplir funciones establecidas, el uso del controlador lógico programable es apreciable en prensas de capacidades de 100 toneladas en adelante en otros casos solo se utiliza control por contactores o interruptores on/off.

EL PLDuino y la HMI permiten obtener un modo automático para la prensa que, en caso de obtener una pequeña producción en serie (20 piezas), este sea rentable considerando que la velocidad de trabajo es alta en comparación de las prensas disponibles en el mercado con un 200% más de velocidad.

El retirar o colocar rodamientos o bujes necesita una capacidad máxima 700 PSI que garantiza un ajuste fijo si la presión aumenta se puede dañar la pieza o el rodamiento, la carrera máxima es de 23 cm y la mínima es de 8 cm.

RECOMENDACIONES

En el ámbito de laboral de talleres que prestan servicio de prensa las piezas de trabajo no superan los 300x300x300, por lo que se recomienda que las maquinas se diseñe en base a las dimensiones mencionadas.

El guiado de la prensa con el sistema de rodamientos y placas fresadas no justifican técnica y económicamente su implementación porque la mesa de trabajo se mantiene en la misma posición al menos 4 días en la semana, además si se mueve con el mecanismo de cable y sin fin corona es suficiente para desplazar la mesa.

Se recomienda hacer pruebas con el sistema oleohidráulico en una inyectora de plástico porque estas máquinas necesitan de un control proporcional para impulsar la materia prima caliente que ingresa en los moldes con distintas magnitudes de fuerzas de acuerdo con los acabados de las matrices.

El sistema de la prensa puede funcionar sin usar la válvula proporcional que permite obtener un costo competitivo en caso de producción en serie

Por la diversidad de piezas que necesitan sujeción o ajuste lo más conveniente es tener ejes de distintas medidas para retirar o colocar los rodamientos, piezas o bocines. Se recomienda realizar una caja de madera similar a un porta brocas y codificar las herramientas para las distintas aplicaciones.

La prensa hidráulica cuenta con un sistema de placas de seguridad, en caso que el cable se rompa o los ejes no estén colocados, la mesa de trabajo no puede caer sobre los pies del operador y queda trabada disponible en el ANEXO B, plano D03-106.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. M. Hector, *Física General*, Distrito Federal México: Grupo Editorial Patria, 2015.
- [2] K. Arnoldo y L. Olivares, *Apuntes de Física II*, México D. F.: Instituto Politécnico Nacional, 2010.
- [3] P. Quirion, *Fundamento de hidráulica*, Montreal, Canada: Universidad de Montreal, 2012.
- [4] Serviciosglobales.es. (2018). *Prensa hidráulica de filtros 12 toneladas Mega. Herramientas de taller*. [online] Available at: <https://www.serviciosglobales.es>. [Accessed 5 Mar. 2018].
- [5] Ecured.cu. (2018). *Bombas Hidráulicas - EcuRed*. [online] Available at: <https://www.ecured.cu> [Accessed 5 Mar. 2018].
- [6] Eaton.com. (2018). *Industrial Valves - Hydraulic Valves - Eaton*. [online] Available at: <http://www.eaton.com> [Accessed 5 Mar. 2018].
- [7] E. Vickers, *Manual de Hidráulica Industrial*, Ciudad de México: Eaton Vickers, 2005.
- [8] Industrial-automatica.blogspot.com. (2018). *Hidráulica*. [online] Available at: <http://industrial-automatica.blogspot.com>. [Accessed 3 Feb. 2018].
- [9] Directindustry.es. (2018). *Filtros Bosch Rexroth*. [online] Available at: <http://www.directindustry.es63> [Accessed 6 Apr. 2018].
- [10] Parker, *Manguera hidráulica, terminales y equipo*, Madrid: Parker Hannifin España SA, 2012.
- [11] Klt, *Prensas hidráulicas*, [online]. Available at: <http://klt-machinetool.cn>. [Accessed 5 Mar.2018].
- [12] Repsol, *Catálogo de lubricantes para industria*, Repsol, [online]. Available at: <http://www.repsol.com>.
- [13] Chevron, *Fluidos hidráulicos*, [online]. Available at: <http://latinamerica.chevronlubricants.com>.
- [14] F. J. Luque Romero, *Control y verificación de productos*, Málaga: IC Editorial, 2011.

- [15] D. Loggers, *PLDuino*, 2018. [online]. Available at: <http://www.dlirect.com>. [Accessed 8 Mar. 2018].
- [16] Omega, *Transductor PX303-2KG10V*, [online]. Available at: <http://www.omega.com>. [Accessed 25 Mar. 2018].
- [17] Disetec, *Manómetros comerciales Wika tipo 133.13*, [online]. Available at: <http://www.disetec-ec.com>. [Accessed: 22 Mar 2018].
- [18] S. Chapman, *Máquinas eléctricas*, New York: McGraw-Hill , 2012.
- [19] ISO, *ISO 9241-110*, Ginebra: 1ra Ed, 2006.
- [20] Samkoon, *SK HMI*, [online]. Available at: <http://www.samkoon.com.cn>. [Accessed 22 Feb. 2018].
- [21] Siemens, *Productos Sirius*, [online]. Available at: <http://w5.siemens.com>. [Accessed 25 Mar. 2018].
- [22] Camsco.com.tw. (2018). P36. *Interruptores de Pedal - Camsco Electric Co., Ltd.* [online] Available at: <http://www.camsco.com>. [Accessed 12 Aug. 2018].
- [23] SNR, *Montaje-desmontaje y mantenimiento*, Guadalajara, 2015.
- [24] FAG, *Montaje de rodamientos*, Kugelfischer Georg Schäfer, 2003.
- [25] H. Kazanas, G. Barker y T. Gregor , *Procesos básicos de manufactura*, Washington D. C.: McGraw Hill, 1983.
- [26] L. Jiangsu Longxu Heavy Machinery Co., *Prensa JS-LXU 100T*, Jiangsu, China, 2018.
- [27] T. USA, *Temco 50T*, 2018. [online]. Available at: <http://temcousa.com>. [Accessed 26 Feb 2018].
- [28] H. Birkhofer y J. Jänsch, *The development of the guideline VDI 2221*, de *International Design Conference*, Dubrovnik, 2006.
- [29] D. Industry, *Mordazas*, [online]. Available at: <http://www.directindustry.es>. [Accessed 25 Apr 2018].
- [30] D. Industry, *Sensores Magnéticos para Cilindros*, [online]. Available at: <http://www.directindustry.es>. [Accessed 16 Apr 2018].
- [31] B6B2, *Encoder Incremental*, [online]. Available at: <http://www.mouser.com>. [Accessed 25 May 2018].

- [32] Siemens, *Variador de frecuencia*, [online]. Available at: <http://w5.siemens.com>. [Accessed 18 May 2018].
- [33] Tecniases, *Tablero de control*, [online]. Available at: <http://www.tecniases.com>. [Accessed 22 May 2018].
- [34] ADAJUSA, *Arrancador suave*, [online]. Available at: <http://www.adajusa.es>. [Accessed 9 May 2018].
- [35] Tecvain, *Válvulas y manuales de control Newmas*, [online]. Available at: <http://www.tecvain.com>. [Accessed 15 Apr 2018].
- [36] Dipac, *Perfil HEB*, [online]. Available at: <http://www.dipacmanta.com>. [Accessed 22 Feb 2018].
- [37] R. Mott, *Resistencia de Materiales*, México DF: Pearson, 2009.
- [38] R. Budynas, J. Murrieta and J. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Novena edición. México D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2012.
- [39] N. Larburu, *Máquinas prontuario*, Tercera edición, España: Thomson Editoriales Spain, 2007.
- [40] Union, *Manual de usuario de cable*, [online]. Available at: <http://www.unionrope.com>. [Accessed 19 Feb 2018].
- [41] Procarga.com.mx. (2018). *Nudos de acero inoxidable*. [online] Available at: <http://www.procarga.com.mx> [Accessed 25 Aug. 2018].
- [42] FAG, *Rodamiento Rígido de Bolas*, Barcelona, 2000.
- [43] Verion.com.ar. (2018). *Filtros de succión*. [online] Available at: <http://www.verion.com.ar> [Accessed 28 Aug. 2018].
- [44] MOBIL, *MOBIL ATF 220*, [online]. Available at: <http://www.mobil.com>. [Accessed 22 May 2018].
- [45] Vickers, *Válvulas proporcionales*, [online]. Available at: <http://www.vickershydraulic.com>. [Accessed 5 Jun 2018].
- [46] Electrica Aplicada. (2018). *Porque se calculan los breakers o disyuntores al 125% de la corriente*. [online] Available at: <https://www.electricaplicada.com> [Accessed 29 Aug. 2018].
- [47] G. Cable, *Productos comerciales*, [online]. Available at: <http://es.generalcable.com>. [Accessed 5 May 2018].

[48] Arduino. [online]. Available at: <http://www.arduino.cc>. [Accessed 8 Aug 2018].

[49] INEN, *Sistema ISO de tolerancias y ajustes*, Quito: 1ra Ed, 1976.

[50] Veto, *Sensor de presión diferencial*, [online]. Available at: <http://www.veto.cl>. [Accessed 03 Jun. 2018].

[51] Siemens, *LOGO PLC*, [online]. Available at: <http://w5.siemens.com>. [Accessed 25 Jun 2018].

[52] WEG, *Motores CD*, [online]. Available at: <http://www.ecatalog.weg.net>. [Accessed 8 Jun 2018].