



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE UN DISEÑO OLEO-HIDRÁULICO
PARA EL ACCIONAMIENTO DEL CARRO DE
ENTRADA DEL LAMINADOR INTERMEDIO EN
LA EMPRESA CVG ALUCASA**

Autor:
Mónica Camacho

Urb. Yuma II. Calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**PROPUESTA DE UN DISEÑO OLEOHIDRÁULICO PARA EL
ACCIONAMIENTO DEL CARRO DE ENTRADA DEL LAMINADOR
INTERMEDIO EN LA EMPRESA CVG ALUCASA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
INGENIERO ELECTRÓNICO.**

Autor:

Mónica Camacho

C.I. 20.251.675

Tutor: Ing. Gerson Sánchez

San Diego, septiembre 2020



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Gerson Jair Sánchez Ayala portador(a) de la cédula de identidad N° 7.143.386, hace constar que he leído el proyecto de trabajo de grado presentado por la ciudadana Mónica Alejandra Camacho Álvarez, portadora de la cédula de identidad N° 20.251.675, titulado **PROPUESTA DE UN DISEÑO OLEOHIDRÁULICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL CARRO DE ENTRADA DEL LAMINADOR INTERMEDIO EN LA EMPRESA CVG ALUCASA**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico y acepta la tutoría del mencionado proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y su correspondientes reglamentos.

En San Diego, mes de agosto del año dos mil veinte.

Ing. Gerson Sánchez

CI 7.143.386



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

San Diego, septiembre 2020

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **PROPUESTA DE UN DISEÑO OLEOHIDRÁULICO PARA EL ACCIONAMIENTO DEL CARRO DE ENTRADA DEL LAMINADOR INTERMEDIO EN LA EMPRESA CVG ALUCASA**, ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Gerson Sánchez

Tutor Académico

Firma

_27-10-2020

Fecha

Ing. Alicia Pizzella

Tutor Metodológico

Firma

_26-10-2020

Fecha

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCION	1

CAPÍTULO

I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del problema	6
1.3 Objetivos de la investigación	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Justificación	7
1.5 Alcance.....	8
1.6 Limitaciones.....	8

II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación	10
2.2 Bases teóricas	12
2.2.1 Oleohidráulica.....	12
2.2.1.1 Ventajas de la oleohidráulica	13
2.2.2 Hidrostática	13
2.2.3 Presión.....	13
2.2.4 Número de Reynolds.....	14
2.2.5 Caudal y caída de presión	15
2.2.6 Componentes de un sistema oleohidráulico.....	19
2.2.6.1 Bomba oleohidráulica	19
2.2.6.2 Tipos de bombas	21
2.2.6.3 Dispositivos de mando y regulación.....	23
2.2.6.4 Cilindros oleohidráulicos	26
2.2.6.5 Válvulas de control de dirección.....	31
2.2.6.6 Válvulas de control de presión.....	33

2.2.6.7	Válvulas de control de caudal	34
2.2.6.8	Deposito de aceite	35
2.2.6.9	Filtros	37
2.2.6.10	Fluidos oleohidráulicos	41
2.2.6.11	Mangueras flexibles	43
2.2.7	Simbología según norma ISO 1219-1	46
2.2.8	Laminador	46
2.2.9	Energización de bombas/motores trifásicos.....	47
2.2.9.1	Sistema de arranque	47
2.2.9.2	Especificaciones del sistema eléctrico	50
2.2.10	Detectores.....	59
2.2.10.1	Detectores de proximidad inductivos.....	59
2.2.10.2	Detectores de proximidad capacitivos	60
2.2.11	Captadores.....	61
2.2.12	Controladores lógicos programables (PLC).....	61
2.2.12.1	Entradas.....	63
2.2.12.2	Salidas	64
2.2.12.3	Módulos de entrada / salida analógica	65
2.2.12.4	Lenguaje de programación.....	66
2.2.12.4	Criterios de selección de un PLC	67
2.2.13	Diagramas P&ID.....	68
2.3	Bases legales	69
2.3.1	Manual de higiene y seguridad industrial	69
2.3.2	Código eléctrico nacional	70
2.3.3	COVENIN	70
2.3.3.1	Normas aplicadas de COVENIN	70
2.4	Definición de términos básicos	70

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de investigación	72
3.2	Diseño de la investigación	72
3.3	Nivel de la investigación.....	73
3.4	Población y muestra	73
3.5	Técnicas e instrumentos de investigación.....	74
3.5.1	Técnicas empleadas	74
3.5.1.1	Revisión documental.....	74
3.5.1.2	Observación directa	74
3.5.1.3	Entrevista estructurada.....	75

3.5.2 Instrumentos empleadas.....	75
3.5.2.1 Instrumento de registro	75
3.5.2.2 Instrumento de observación técnica asistida	75
3.6 Fases de la investigación.....	75
IV RECURSOS	
4.1 Humanos	77
4.2 Institucionales	77
4.3 Materiales.....	77
4.4 Tiempo	77
REFERENCIAS	79
ANEXOS	82
Anexo A. Símbolos hidráulicos norma ISO 1219-1	82
Anexo B. Simbología para diagramas P&ID norma ISA-S5.1	85
Anexo C. Simbología de instrumentos para diagramas P&ID norma ISA-S5.3.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	Pág.
1	Caída de presión en una tubería	15
2	Reducciones en tuberías de sistemas hidráulicos	17
3	Bomba de engranajes exteriores.....	22
4	Bomba de pistones axiales	23
5	Función y curva del regulador de presión	24
6	Regulador de presión de ajuste mecánico	25
7	Cilindro oleohidráulico	26
8	Coefficientes de fijación del cilindro.....	28
9	Diámetros estándar del vástago y pistón del cilindro.....	31
10	Válvula distribuidora.....	31
11	Representación gráfica de una válvula 2/3.....	32

12	Válvula de seguridad compuesta.....	34
13	Depósito oleohidráulico	36
14	Gráfica del factor fl de reducción de viscosidad	39
15	Pérdida de presión en la carcasa del filtro.....	40
16	Pérdida de presión en un elemento filtrante	40
17	Gráfica de temperatura vs viscosidad.....	42
18	Conexión y giro de motores trifásicos con arranque directo.....	48
19	Conexión de un arranque estrella triangulo.....	49
20	Caída de tensión por largo del conductor	52
21	Diagrama de un circuito ramal de motores	53
22	Diagrama de funcionamiento del relé térmico con el contactor.....	58
23	Sensor inductivo cilíndrico.....	60
24	Montaje enrasable y no enrasable de un sensor inductivo	60
25	Arquitectura de un autómatas programable industrial	62
26	Ciclo de trabajo de un PLC	63
27	Conexión de un sensor con salida a relé a la entrada de un PLC	64
28	Circuito de salida digital a relé con carga	64
29	Circuito de salida digital a transistor PNP con carga	65
30	Circuito de salida digital a triac con carga	65
31	Ejemplo de programa con diagrama escalera.....	66
32	Fragmento de P&ID	69

ÌNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	Pág.
1	Cronograma de actividades	78

ÌNDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	Pág.
1	Coeficientes de pérdidas secundarias	18
2	Coeficientes de pérdidas en adaptadores oleohidráulicos	18
3	Finura absoluta del filtro para diversos componentes	38
4	Diámetros y capacidades de las mangueras flexibles.....	44
5	Factores de corrección por cantidad de conductores en canalización.....	51
6	Factores de corrección por tipo de cable y temperatura ambiente	51
7	Corriente de motores trifásicos jaula de ardilla y síncronos	54
8	Factores de corrección para la selección de protección contra cortocircuito y falla a tierra	55
9	Selección del contactor para servicio normal.....	56
10	Selección del contactor para servicio pesado	57
11	Factor de ajuste máximo para relé térmico.....	58
12	Factor de ajuste máximo para relé térmico en caso de falla.....	59



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**PROPUESTA DE UN DISEÑO OLEOHIDRÁULICO PARA EL
ACCIONAMIENTO DEL CARRO DE ENTRADA DEL LAMINADOR
INTERMEDIO EN LA EMPRESA CVG ALUCASA**

Autores: Mónica Camacho

Tutor: Ing. Gerson Sánchez

Fecha: septiembre 2020.

RESUMEN

Desde la llegada de las máquinas de vapor en la revolución industrial se vieron avances agigantados en el área de producción, orientados a la mejora tanto de la calidad del producto final como de diversos factores importantes en el proceso, como consumo de materia prima, tiempo de producción y generación de desperdicios, todo esto por supuesto gracias a la aparición de los motores eléctricos y diversas herramientas de automatización y control que fueron desarrolladas. La presente investigación tendrá como objetivo general proponer el diseño de un sistema oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa, si bien ya existe un sistema para el accionamiento de este carro, presenta considerables fallas por lo que en virtud de los objetivos de la empresa es necesario iniciar un proceso de modernización de dicho sistema. Como resultado se espera obtener el diseño de un sistema que permita ejercer control total y de forma eficiente sobre el carro de entrada en cuestión, de una manera automatizada y segura para el operador permitiendo que el laminador opere el mayor tiempo posible gracias a la posible disponibilidad total del carro de entrada.

Descriptores: Automatización industrial, energía oleohidráulica, sistema de elevación, instrumentación.

INTRODUCCION

El concepto de automatización en el ámbito industrial surge a partir de las empresas vanguardistas que hoy en día, requieren que sus procesos sean los más rentable posible lo cual ha generado un desplazamiento de la intervención humana en el funcionamiento de la maquinaria para ser reemplazada por automatismos, pero, aunque pudiese parecer falso, los orígenes de la automatización se dieron en la prehistoria, en el momento en que fueron utilizadas las primeras máquinas simples, donde el hombre buscaba minimizar esfuerzos en alguna actividad, para la cual utilizaba la energía de animales, la cual posteriormente fue reemplazada por energías renovables.

El siguiente salto en desarrollo se llevó a cabo con el uso de mecanismos de relojería, los cuales se utilizaban para repetir acciones de una manera completamente mecánica, donde se destacaban los bastantes conocidos engranes, gracias a estos, se podían diseñar estructuras bastante eficientes en comparación con los anteriores sistemas de poleas.

Una vez que se consolidaron los avances eléctricos y electrónicos en el sector industrial, se desarrollaron herramientas basadas en la automatización para hacerle frente a una gran cantidad de desventajas en los numerosos y variados procesos productivos, de forma que el control de los mismos fuese más eficiente y por supuesto representara una ventaja en el área de producción para la empresa en función de sus ingresos o de la reducción de costos.

En tal sentido, las empresas se vieron en la necesidad de invertir en capacitación y en el desarrollo de estos procesos automatizados para sus líneas de producción, para así poder obtener o una ventaja en el mercado o simplemente para no quedarse atrás en el mismo; debido a la carrera tecnológica que se fue desarrollando a nivel industrial y que hoy en día, mantiene su rumbo debido a los

constantemente avances tecnológicos, sin embargo precisamente debido a la velocidad de estos avances, no es totalmente rentable para estas industrias actualizar sus sistemas de producción cada vez que el mercado de la automatización realiza un avance.

Hoy en día, como producto del desarrollo vertiginoso en el campo de la automatización, existe una demanda considerable respecto al uso de fuentes de energía, que puedan suministrar grandes potencias de salida y trabajo, en otras palabras, que permitan ejercer grandes fuerzas al menor costo de producción y mantenimiento, una de estas formas de energía presentes a nivel industrial es precisamente la energía oleo-hidráulica, la cual utiliza la transmisión de energía mediante fluidos incompresibles como el aceite mineral para realizar diferentes acciones, como pueden ser asistir la dirección de un vehículo; el objetivo de los circuitos oleohidráulicos es controlar un actuador neumático mediante válvulas, siendo su mayor ventaja el material utilizado, ya que el aceite no corroe los mecanismos involucrados lo que permite una mayor vida útil al sistema y también permite transmitir grandes cantidades de potencia, en comparación con los sistemas neumáticos o eléctricos.

Ahora bien, el presente trabajo de investigación es una propuesta de un diseño oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa el cual se llevó a cabo mediante cuatro capítulos, con la finalidad de cumplir con las exigencias de la Universidad José Antonio Páez, los mismos se describen a continuación:

Capítulo I: Definiendo y describiendo la problemática, plantea los objetivos a seguir para el desarrollo de la investigación, así como la justificación, alcance y limitaciones implicadas en la misma.

Capítulo II: Inicia con los antecedentes e investigaciones asociadas a la temática del proyecto de investigación y que generan un aporte al mismo, también incluye la fundamentación teórica y legal del proyecto, así como el conjunto de términos que se deben conocer para su comprensión.

Capítulo III: Se define el ámbito metodológico de la investigación, como lo son el tipo y diseño a utilizar, en conjunto con el nivel, técnica de recolección de datos, población y muestra, define la metodología a emplear para el cumplimiento de los objetivos y sus fases.

Capítulo IV: Presenta los recursos que se estiman necesarios, para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, haciendo referencia al tiempo, al carácter humano, a los equipos e instrumentos materiales, así como las instituciones cuyo apoyo se considere importante.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad a nivel industrial, se ha vuelto indispensable el estudio de los procesos llevados a cabo en planta, con la visión de incorporarlos a los sistemas automatizados, viéndose este proceso como una necesidad, así lo indica Vilaboa (2004), quien destaca la importancia de la automatización no solamente en función del crecimiento individual de la industria que lo ejecuta, sino también como aporte al crecimiento generalizado de la economía de las naciones, promoviendo la mano de obra calificada y el aumento de la producción.

En lo anterior expuesto se deben resaltar los fenómenos que dan origen a este sistema de innovación, los cuales pretenden ser disminuidos o eliminados de toda empresa o industria en crecimiento. Por un lado, según Sanchis, Romero y Ariño (2010), se tienen los tiempos de producción los que entre otras cosas podrían estar por encima de los objetivos de la empresa, generando de esta manera un déficit en la producción en general. Además, también se contempla la calidad del producto dentro del proceso en cuestión, no solamente por la calidad final sino por la calidad uniforme, la cual es vital mantener en todo proceso productivo.

En este orden de ideas se maneja también la reducción de costos, la cual podría considerarse alta en relación a un proceso automatizado, ya sea por la misma influencia del tiempo de producción antes descrito o por la mano de obra humana inmersa dentro del proceso, Sanchis *et al* (2010) se refieren a este fenómeno desde varias perspectivas, basadas principalmente en su forma de afectar el proceso productivo, en este caso se hará referencia al error humano en cuanto a cualquier tipo de acción que desemboque en la detención del proceso, este hecho es definido por los autores como “*un factor*

posible, conocido pero imposible de erradicar”, por supuesto considerando la permanencia en el puesto de trabajo del personal obrero.

Es por ello que se pretende hacer notar los procesos de automatización como sistemas necesarios para estas industrias, para de manera general, combatir aquellos fenómenos que podrían estar ocasionando retrasos o pérdidas en el aparato productor de la empresa, en el cual es bien sabido que estas demoras se ven reflejadas como tiempos muertos en la producción y esto a su vez como pérdidas económicas.

Por último, Sanchis *et al* (2010), mencionan la incertidumbre que podrían estar representando los obreros a la hora de realizar sus labores de trabajo pero desde un punto de vista consistente, es decir, que tan bien pueden realizar su trabajo y que tan consistentes pueden ser, ya que cualquier variación dentro del proceso puede afectar directamente la calidad del producto final, desde el control manual de válvulas hasta la misma supervisión de los procesos, requieren de un grado alto de concentración, disciplina e incluso capacidades físicas, las cuales ningún ser humano puede garantizar a un cien por ciento durante un tiempo prolongado.

En este orden de ideas, la industria Corporación Venezolana de Guayana (CVG) Alucasa ubicada en San Joaquín, estado Carabobo la cual se dedica a la fabricación de aluminio de bajo espesor y alto valor agregado posee una deficiencia en un punto específico de su proceso de producción, en la planta el aluminio es sometido a dos etapas de laminación (una gruesa y una fina), en la zona de laminación gruesa se ubica un laminador intermedio el cual es un laminador de tipo 4 compuesto de dos rodillos de apoyo y dos rodillos de trabajo, los cuales deforman las láminas de aluminio provenientes de una laminación primaria a tal punto que se obtiene un espesor menor.

Ahora bien, para que se pueda iniciar el proceso de laminación intermedia se precisa de un carro de entrada, este se encarga de trasladar las bobinas de aluminio destinadas a ser laminadas hasta la zona de entrada al laminador, donde el carro es elevado gracias a tornillo sin fin para así ser enganchadas las bobinas al sistema de

entrada del laminador y este poder cumplir con su objetivo, sin embargo es en este punto del proceso donde se presentan los diferentes inconvenientes, una vez realizado un diagnostico en el campo se pudo determinar que existe una razón estadística que permite notar la existencia de tiempos de parada repetitivos, los cuales son originados por fallos en el tornillo sin fin que eleva el carro de entrada, este sufre fracturas debido al gran peso de las bobinas de aluminio o se descarrila.

Con respecto a la inspección realizada se logró detectar, por un lado, elevado nivel de obsolescencia del sistema de elevación del carro de entrada, así como averías en el tornillo sin fin y un sistema de control totalmente manual, esto permite determinar la existencia de consecuencias a corto plazo en el proceso de laminación al punto de que el sistema debe ser detenido completamente hasta ser solventado el inconveniente por razones de seguridad. En vista de esto resulta conveniente presentar las siguientes interrogantes de investigación, ¿Cuáles son las condiciones actuales del sistema de control del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa? Y ¿Cuál es la factibilidad de realizar el diseño de un sistema oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa?

Finalmente considerando los avances actuales en el área de la ingeniería de automatización y control, donde se combinan las disciplinas de ingeniería mecánica y electrónica, para lograr optimizar procesos industriales, se propone la realización de un diseño oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo se puede mejorar la disponibilidad del laminador intermedio de la empresa CVG Alucasa a través del carro de entrada?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer el diseño de un sistema oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa
- Identificar los puntos críticos en la operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa
- Diseñar el modelo de un sistema de automatización oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa
- Realizar un estudio de la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de un sistema oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa

1.4. Justificación

El avance de la tecnología con el pasar de los años ha permitido mejorar el aparato productor de las industrias de gran manera, no solo reduciendo costos en producción drásticamente, sobre todo a largo plazo, sino también, aumentando la capacidad y velocidad para producir de cualquier tipo de proceso, además de garantizar un trabajo eficiente y óptimo en el mejor de los casos, siempre y cuando se haya ejecutado un proyecto eficiente en función del proceso así lo evidencia Canales (2019).

Es por ello que la mejora de cualquier espacio físico, actividad o proceso como factores individuales dentro de un proceso o actividad más compleja que se componga de un conjunto de estos factores individuales, podría representar una ventaja de cara a la optimización del proceso, por supuesto contemplando diferentes variables, tanto económicas como técnicas e incluso sociales, por lo que este tipo de mejoras o procesos de automatización deben ser sujetos primero a estudios para así poder garantizar el cumplimiento de su objetivo de la mejor manera.

En este orden de ideas CVG Alucasa es una empresa que está a la vanguardia tecnológica, con el fin de optimizar sus procesos productivos. Por consiguiente, la presente propuesta de un diseño oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa podría representar una mejora significativa a corto plazo, al aumentar la disponibilidad operativa del carro de entrada del laminador intermedio, a través de la automatización del sistema haciendo uso de la energía oleohidráulica, de esta manera se considera valiosa dicha propuesta y se justifica su realización por su aporte a la optimización del proceso productivo de la empresa antes mencionada.

1.5. Alcance

El desarrollo de la investigación se extenderá hasta la fase de ingeniería de diseño y control para efectos de trabajo de grado, la fase de implementación quedará a consideración del departamento respectivo de la empresa CVG Alucasa donde se estima generar un impacto positivo en cuanto a dicha consideración, por otro lado, a nivel personal, se desea obtener la mayor cantidad de conocimientos y herramientas que puedan ser de utilidad en un entorno laboral, así como las cualidades y aptitudes que se consideren aptas para ejercer como ingeniero electrónico.

Por último, el trabajo de investigación será una referencia para futuras investigaciones en el área de la automatización industrial tanto dentro como fuera de la Universidad José Antonio Páez y el mismo será reconocido como una investigación de alto nivel y contenido. Por lo tanto, según las características que se buscan incorporar en el proyecto de investigación se destaca la relación del mismo con la línea de investigación automatización industrial, perteneciente a la escuela de electrónica de la facultad de ingeniería de la Universidad José Antonio Páez.

1.6. Limitaciones

- Temporales: El tiempo estimado para el desarrollo del proyecto de investigación es de un lapso no mayor a ocho meses.

- Espaciales: el desarrollo de la investigación está netamente limitado espacialmente por el área que ocupa el sistema de elevación del laminador intermedio de la empresa CVG Alucasa. Adicionalmente, debido a la situación actual respecto a la pandemia mundial por el COVID-19, no es posible tener acceso a la planta para realizar labores de ingeniería de campo, lo cual representa un obstáculo de cara a la implementación inmediata de la presente propuesta.
- Económicas: A pesar de que el objetivo general de la investigación es únicamente desarrollar una propuesta, se tendrá en cuenta en todo momento el factor económico a la hora de realizar el proceso de selección de equipos e instrumentos
- Técnicas: se cuenta con el conocimiento ya adquirido, el cual se tendrá que fortalecer y expandir para lograr la culminación de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En toda investigación se debe incorporar un fundamento teórico, que sirva de base a toda la terminología, principios, teorías, conocimientos, métodos, prácticas y conceptos que el mismo necesite para poder ser comprendido e interpretado, en otras palabras “*representa la explicación teórica para comprender la naturaleza del hecho investigado*” (Mijares y García, 2007), así como realizar un estudio referente al área de investigación que permita obtener investigaciones previas que puedan realizar un aporte al proyecto en desarrollo, y que a su vez lo respalden ya sea sustentando las afirmaciones o realzando la importancia de su elaboración.

2.1 Antecedentes de la Investigación.

Una vez realizado un estudio de investigaciones previas, pertinentes a la temática de la investigación, se encontraron relevantes para ser considerados como antecedentes los siguientes trabajos investigativos.

En primera instancia Vanegas (2017), presento ante el Instituto Tecnológico Metropolitano un trabajo de investigación titulado: “**Automatización de prensa hidráulica HPM**”, optando al título de ingeniero en mecatrónica, el proyecto tuvo como objetivo general renovar el sistema de automatización de la prensa hidráulica para mejorar el rendimiento, en este sentido el autor se dispuso en un primer momento a analizar e interpretar la situación actual que presentaba el sistema, para posteriormente incorporar las mejoras que considero pertinentes, con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo planteado. Una vez concluida la investigación se pudo evidenciar que, si es posible mejorar el rendimiento de algún equipo mediante una renovación en la automatización de su sistema de accionamiento, por otro lado, que representa una ventaja el cambio de un sistema de lógica cableada por un controlador

programable a la hora de detectar fallas. Como aporte a la investigación se puede destacar la evidencia de mejora presentada en el sistema de prensa hidráulica una vez renovado el sistema de automatización, así como el hecho de que la incorporación de nuevos sensores y accionamientos se pueden reflejar en un mejor rendimiento y funcionamiento, estos fundamentos se vinculan con la propuesta planteada para el carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa.

Por otro lado, Llicahua (2018), quien llevo a cabo una investigación para la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, titulado **“Diseño de una compactadora oleohidráulica estacionaria de residuos sólidos de 9m³ para un proyecto piloto municipal”**, para optar al título de ingeniero mecánico, con el objetivo de realizar un diseño oleohidráulico para una compactadora de desechos sólidos local y de esta manera reemplazar la mano de obra con maquinaria innovando de esta manera el proceso y sin depender de la tecnología extranjera. El autor se dio la tarea de recolectar la información necesaria, desarrollar diferentes alternativas, someterlas a pruebas de laboratorio y finalmente realizar la ingeniería de diseño del sistema de la compactadora.

También, Llicahua (2018) llegó a una factibilidad económica muy favorable en comparación con la tecnología importada, logrando una reducción de hasta diez mil dólares en el presupuesto, sumado a esto una mejora en las condiciones laborales de los obreros ya que estos realizan el trabajo de compactación de forma manual. Ahora bien, el principal aporte que se puede obtener para la investigación se encuentra en el uso de la energía oleohidráulica, y en el sistema que permite su manipulación, en la investigación se desarrolla tanto el principio de funcionamiento como los diagramas de los circuitos oleohidráulicos y los componentes utilizados, lo que será una gran referencia a la hora de tomar en cuenta las posibles soluciones a la problemática planteada.

Finalmente, Ramos (2017) presento un trabajo de grado para la Universidad Nacional de Altiplano, con el nombre: **“Diseño del sistema de transmisión de**

potencia oleohidráulica para la maquina moladora de ají de la empresa agroindustrias Famasa S.A.C”, para optar al título de ingeniero mecánico electricista, el objetivo del investigador consistió en realizar un diseño que permitiese reducir el tiempo de procesamiento de la planta, ya que la tarea de carga de los molinos se realizaba de forma manual, por lo que se dio la tarea de desarrollar un sistema de carga con energía oleohidráulica con el fin de automatizar el proceso y llevarlo a un siguiente plano de eficiencia. La investigación fue de tipo descriptivo y diseño aplicativo, en la cual se llegó a la conclusión de que si representa verdaderamente una solución eficiente la implementación del diseño, el cual logra aumentar la producción de ají molido en más de 900 Kg diarios por encima del sistema convencional; al mismo tiempo se logró un sistema con una pérdida de potencia 44.45 KW por ciclo de trabajo. En tal sentido constituye una base técnica y teórica en cuanto al control oleohidráulico que se pretende desarrollar en la propuesta.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Oleohidráulica

Es un concepto íntimamente ligado a la hidráulica ya que se rige por los mismos principios y leyes físicas, pero siendo explícito en el fluido que se utiliza en esta área. Jiménez (2019) asegura que

“Cuando hablamos de oleohidráulica nos referimos a la tecnología que utiliza un fluido hidráulico, generalmente en base aceite, como medio transmisor de energía. La oleohidráulica engloba el conjunto de técnicas para la transmisión de la energía, su control y regulación, tanto para el mando de fuerzas como de movimientos, destinadas al gobierno de mecanismos mediante un fluido hidráulico a presión” (p. 347).

Es por ello que la oleohidráulica se considera un tipo de energía, a pesar de derivarse de la hidráulica, debido a que su uso se volvió altamente frecuente en procesos industriales, sobre todo a la hora de realizar altas transmisiones de potencia.

2.2.1.1 Ventajas de la oleohidráulica

Los sistemas oleohidráulicos presentan características que los ubican en un puesto privilegiado en el área industrial, como lo son su velocidad variable, reversibilidad, protección contra sobrecarga, potencia de salida y su tolerancia a ser bloqueados (Serrano, 2002), esto se debe a que el actuador de un sistema oleohidráulico puede moverse a velocidades infinitamente variables y al mismo tiempo puede ser revertido instantáneamente en pleno movimiento sin inconvenientes, además de que el sistema permite ser acondicionado contra sobre cargas, garantizando el funcionamiento del mismo en caso de falla, de igual manera frente a posibles bloqueos, donde el actuador no sufrirá daños, por ultimo permiten obtener una salida o entrega de potencia bastante alta en comparación a sistemas eléctricos u otros, sobre todo considerando el dimensionamiento del sistema, lo que se traduce en una relación tamaño/potencia entregada bastante favorable

2.2.2 Hidrostática

Es considerada una rama de la física aplicada a sistemas accionados por una fuerza aplicada a un líquido en un recipiente cerrado, su principio precursor es la ley de Pascal, la cual indica que *“la presión aplicada a un líquido confinado se transmite en todas direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales”* (Yunus y Cimbala, 2012)

2.2.3 Presión

Es originada una vez que se presenta cierta oposición a la libre circulación de un fluido, o en su defecto a la fuerza que trata de impulsarlo. La presión representa la intensidad de la fuerza que se ejerce sobre cada unidad de área de la superficie considerada. La unidad para realizar mediciones de presión en el sistema internacional es el Pascal (Pa), el cual es una unidad derivada que equivale a una fuerza de un Newton actuando uniformemente en un área de un metro cuadrado (N / m²)

$$P = \frac{F}{-}$$

- Flujo Laminar: Cuando $Re < 2300$

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Ec. 3})$$

- Flujo Turbulento: $2300 < Re <$

$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}} \quad (\text{Ec. 4})$$

2.2.5 Caudal y Caída de presión

Para que un líquido pueda fluir tiene que ver una diferencia de presiones. Por consiguiente, cuando un líquido circula a través de una tubería de diámetro constante, la presión será siempre inferior en un punto más bajo de la corriente que en otro punto situado a contracorriente (ver figura 1). Se requiere una caída de presiones para vencer las fricciones o rozamientos que puede tener los conductos (Yunus C. y Cimbala Y, 2012). Por otro lado, el caudal es quien origina el movimiento del actuador, la fuerza puede transmitirse mediante presión únicamente. El caudal en un sistema hidráulico es suministrado por la bomba y es la cantidad de líquido que pasa por un área, por unidad de tiempo. Para calcular el caudal se aplica la siguiente ecuación:

$$Q = V \cdot A \cdot 10^4 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

Q: Caudal (lt/min)

V: Velocidad del fluido (m/s)

A: Área transversal de circulación del fluido (m²)

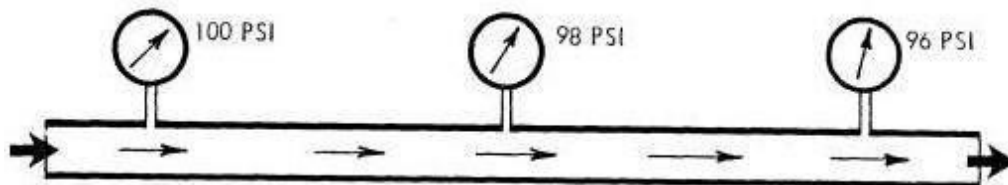


Figura 1. Caída de presión en una tubería

Fuente: http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica2.htm

También resulta conveniente expresar la pérdida de presión para todos los tipos de flujos internos totalmente desarrollados. Flujos laminar o turbulento, tuberías circulares o no-circulares, superficies lisas o rugosas (Yunus y Cimbala, 2012).

$$= f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{200} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

P: Pérdida de presión (bar).

f: Factor de fricción.

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro de la tubería (mm).

V: Velocidad promedio (m/s).

Sin embargo, esta caída de presión no es la única pérdida de energía en los sistemas oleohidráulicos o hidráulicos, también se deben considerar otros factores como conexiones de tuberías, codos, giros, separaciones o uniones de fluido e incluso elementos de medición o control.

- **Perdidas menores o secundarias:** El fluido en un sistema de tubería típico pasa a través de varias uniones, válvulas, flexiones, codos, ramificaciones en forma de letra T, entradas, salidas, ensanchamientos y contracciones además de los tubos. Dichos componentes (accesorios) interrumpen el suave flujo del fluido y provocan pérdidas adicionales debido al fenómeno de separación y mezcla del flujo que producen. Una válvula cerrada parcialmente puede provocar la pérdida de carga más grande en el sistema, el flujo a través de válvulas y uniones es muy complejo, y por lo general no es lógico un análisis teórico. En consecuencia, los fabricantes de

los accesorios determinan las pérdidas de presión de manera experimental. Las pérdidas menores se expresan de la siguiente forma (Yunus y Cimbala, 2012).

$$P = \frac{k \rho V^2}{10^5} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

k: Coeficiente de perdidas secundarias

ρ : Densidad del aceite (Kg/m³)

V: Velocidad promedio (m/s).

- **Pérdidas menores en adaptadores oleohidráulicos:** La caída de presión para los conectores o adaptadores oleohidráulicos se expresa de la siguiente manera:

$$P = \frac{k \rho V^2}{2} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

k: Coeficiente de perdidas secundarias.

ρ : Densidad del aceite (Kg/m³).

V : Velocidad promedio en el punto dos (m/s) (ver figura 2).

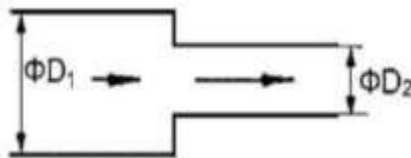


Figura 2. Reducciones en tuberías de sistemas hidráulicos

Fuente: Mahmoud y Mohamed (2009)

- **Coeficiente de pérdidas secundarias:** Para los adaptadores oleohidráulicos en los circuitos de sistemas de transmisión de potencia oleohidráulicos, en especial

en diseño de circuitos oleohidráulicos, el coeficiente de pérdidas secundarias en los adaptadores, que se conectan entre los componentes oleohidráulicos y las mangueras oleohidráulicas, se expresará de la siguiente manera: (Mahmoud y Mohamed, 2009).

$$k = 0.5 \left[1 - \frac{D^2}{2} \right] \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

k: Coeficiente de perdidas secundarias.

D: Diámetro de los adaptadores (mm).

D: Diámetro de los adaptadores (mm).





Estos coeficientes de pérdida de presión en los adaptadores oleohidráulicos también se pueden obtener de las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Coeficientes de pérdidas secundarias





Local Feature	k
Flexible pipe connection	0,3
Standard 90° elbow	1,2 – 1,3
Tee junction	3,5
Pipe inlet	0,5 – 1
Pipe outlet	1
Screen filter	1,5 – 2,5

Fuente: Mahmoud y Mohamed (2009)

Tabla 2.
pérdidas en
oleohidráulicos

Figura	k	Desc
	0,5	Entrada
	1	Salida
	0,15	Desvío
	0,05	

Coeficientes de
adaptadores

	1	Desvío
	0,5	
	1,3	
	0,1	

Fuente: Moreno (2008)

Con la ayuda de las tablas 1 y 2, se puede obtener un valor aproximado al coeficiente de pérdidas secundarias según corresponda, en caso de que no se tenga la documentación de las piezas o accesorios; esto resulta de gran utilidad a la hora de realizar los cálculos correspondientes al factor de presión en los sistemas oleohidráulicos.

2.2.6 Componentes de un sistema oleohidráulico

En todo sistema oleohidráulico se pueden encontrar los siguientes elementos: bombas, cilindros o motores oleohidráulicos, válvulas de control de dirección, válvulas reguladoras de flujo, válvulas de retención de flujo, válvulas limitadoras, depósito de aceite, filtros, mangueras o tuberías y fluidos oleohidráulicos.

2.2.6.1 Bomba oleohidráulica

En los sistemas oleohidráulicos, la bomba convierte la energía mecánica en energía oleohidráulica (potencia oleohidráulica) impulsando fluidos al sistema. Todas las bombas funcionan según el mismo principio, succionando un volumen en la entrada y empujando el volumen hacia el sistema; pero los distintos tipos de bombas varían en las formas de control de caudal que puedan tener (Serrano, 2002). En este

sentido la función de esta bomba dentro del sistema no es más que proporcionar la presión necesaria al fluido para que estos le permitan a los accionamientos oleohidráulicos desempeñar su labor

- **Desplazamiento volumétrico:** La capacidad de caudal de una bomba puede expresarse con el desplazamiento volumétrico por revolución. El desplazamiento es el volumen de líquido transferido en una revolución. Es igual al volumen de una cámara de bombeo multiplicado por el número de cámaras que pasa por el orificio de salida durante una revolución de la bomba. El desplazamiento se expresa en centímetros cúbicos por revolución (Fialho, 2007). En otras palabras, expresa el volumen de fluido que es capaz de transmitir la bomba por cada revolución que esta ejecute.
- **Caudal de una bomba oleohidráulica:** Una bomba puede suministrar pequeñas o grandes caudales hacia el sistema, que depende del número de revoluciones por minuto. En realidad, puede bombear más caudal en ausencia de carga y menor a su funcionamiento de su presión nominal. El caudal que suministra una bomba se expresa en litros por minuto o galones por minuto (Fialho, 2007).

$$Q = \frac{DV \cdot n}{1000} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

Q: Caudal suministrado por la bomba (Lt/min).

DV: Desplazamiento volumétrico (cm³/rev).

Eficiencia volumétrica de la bomba.

- **Potencia de una bomba oleohidráulica:** Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P_i = Q \cdot P \cdot 1.6666 \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

P_i : Potencia de una bomba oleohidráulica (W).

Q: Caudal suministrado por la bomba (Lt/min).

P: Presión en la salida de la bomba (bar).

· **Perdida de potencia oleohidráulica:**

Representa el trabajo no realizado por la bomba.

$$P = Q \cdot P \cdot ED \cdot 0.016666 \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

P: Pérdida de potencia (W).

Q: Caudal suministrado por la bomba (Lt/min).

ED: Tiempo de funcionamiento (%).

- **Criterios de selección de una bomba oleohidráulica:** Debido a la compleja función que cumple, la correcta selección de una bomba oleohidráulica requiere tomar en cuenta una serie de parámetros importantes del sistema al que se pretende conectar dicho equipo, como lo es:

La presión de trabajo: Es necesario conocer y analizar cuál será la presión requerida en el sistema, con la intención de que la bomba a seleccionar tenga la capacidad de poder suministrar la potencia necesaria para poder tener un correcto funcionamiento del sistema.

El caudal de trabajo: Al igual que con la presión, es necesario cerciorarse que la bomba produzca y soporte el caudal necesario para el sistema oleohidráulico.

La energía requerida por la bomba: Este factor es importante debido a que no es muy común a nivel industrial tener muchos niveles de tensión a disposición para la energización de equipos, es por ello que se debe

considerar los niveles de tensión con los que se cuentan para así realizar la selección de una bomba apta para el proceso.

El rendimiento de la bomba: Según sea el sistema, puede ser crucial contar con una bomba de alto rendimiento, es por ello que se debe considerar este factor, sobre todo en aquellas aplicaciones que requieran una máxima y precisa transferencia de potencia a su sistema oleohidráulico.

2.2.6.2 Tipos de bombas oleohidráulicas

Hay 2 tipos básicos de bombas. La bomba de desplazamiento no positivo y la bomba de desplazamiento positivo, ambas son utilizadas en los sistemas oleohidráulicos industriales y maquinaria móvil. Estas bombas suministran al sistema una cantidad determinada de fluido, en cada carrera, revolución o ciclo. Este tipo de bombas se clasifica como de desplazamiento fijo o variable (Serrano, 2002). Las bombas de desplazamiento volumétrico fijo (B.D.V.F.) tienen un desplazamiento que no puede cambiarse a excepción de las bombas de tipo paleta o vanes. Las bombas de desplazamiento volumétrico variable (B.D.V.V.) utilizan controles externos, que pueden cambiar el desplazamiento volumétrico de una bomba como son las bombas de vanes y de pistón, además, otros tipos de bombas pueden invertir el caudal como las bombas hidrostáticas.

- **Bomba de engranajes externos:** Una bomba de engranajes suministra un caudal, transportando el fluido entre los dientes de dos engranajes bien acoplados. Uno de los engranajes es accionado por el eje de la bomba y hace girar al otro (ver figura 3). Las cámaras de bombeo, formadas entre los dientes de los engranajes, están cerradas por el cuerpo de la bomba y por las placas laterales (llamadas frecuentemente placas de presión o de desgaste). Los engranajes giran en direcciones opuestas, creando un vacío parcial en la cámara de entrada de la bomba. El fluido se introduce en el espacio vacío y es transportado, por la parte exterior de los engranajes, a la cámara de salida. Cuando los dientes vuelven a entrar en contacto los unos con los otros, el fluido

es impulsado hacia afuera. La alta presión existente a la salida de la bomba impone una carga no equilibrada sobre los engranajes y los cojinetes que los soportan (Eaton Hydraulics training, 1995).

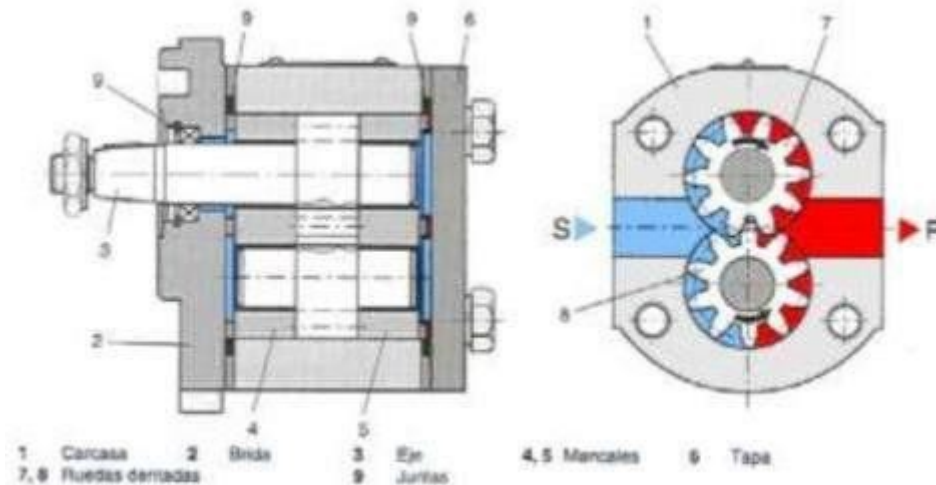


Figura 3. Bomba de engranajes exteriores

Fuente: Eaton Hydraulics training (1995).

- Bomba de pistones axiales:** En las bombas de pistones en línea, el conjunto de los cilindros y el eje de accionamiento tienen la misma línea central y los pistones se mueven alternativamente en sentido paralelo al eje. El tipo más sencillo de estas bombas se muestra en la figura 4. El eje de accionamiento hace girar el barrilete, conteniendo los pistones, que están ajustados en sus alojamientos y conectados mediante patines y un anillo inclinado, de forma que los patines están apoyados sobre una placa circular inclinada (placa de presión). A medida que el barrilete gira, los patines siguen la inclinación de la placa, haciendo que los pistones tengan un movimiento alternativo. Los orificios, en la placa de distribución, están dispuestos de tal forma que los pistones pasan por la entrada cuando empiezan a salir de sus alojamientos y por la salida cuando se les obliga a entrar (Universidad del País Vasco San Sebastián Donostia, 2007).

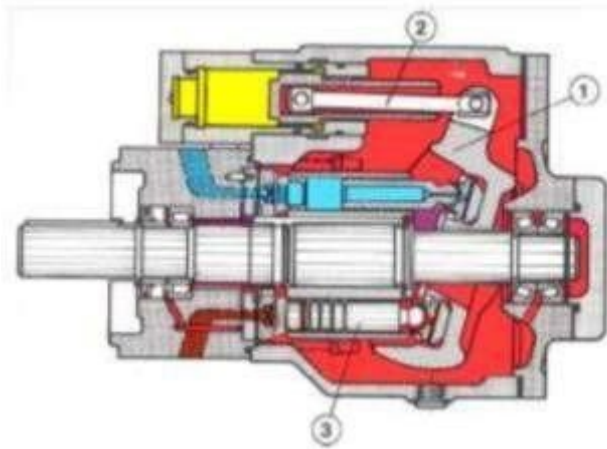


Figura 4. Bomba de pistones axiales

Fuente: Universidad del País Vasco San Sebastián Donostia (2007).

2.2.6.3 Dispositivos de mando y regulación

- **Reguladores de presión:** La curva característica muestra que la bomba transporta su máximo caudal volumétrico y, al alcanzar la presión ajustada, regula, es decir, en caso extremo, disminuye hasta un caudal (bomba de excentricidad cero). A lo largo de la curva de regulación, la bomba puede alcanzar cualquier caudal q_{v1} determinado por las válvulas de caudal entre los valores 0 y q_{max} (ver figura 5). Si el consumidor no recibe el caudal de aceite, la presión ajustada se mantiene, la bomba repone solo las pérdidas por fuga del sistema. La curva de regulación es una línea prácticamente vertical, la pendiente es una medida para sensibilidad de reacción del regulador. Debe ajustarse una válvula de seguridad adicional bastante superior al propio regulador de presión. Estos dispositivos son básicamente válvulas (Bosch automation, 2010).

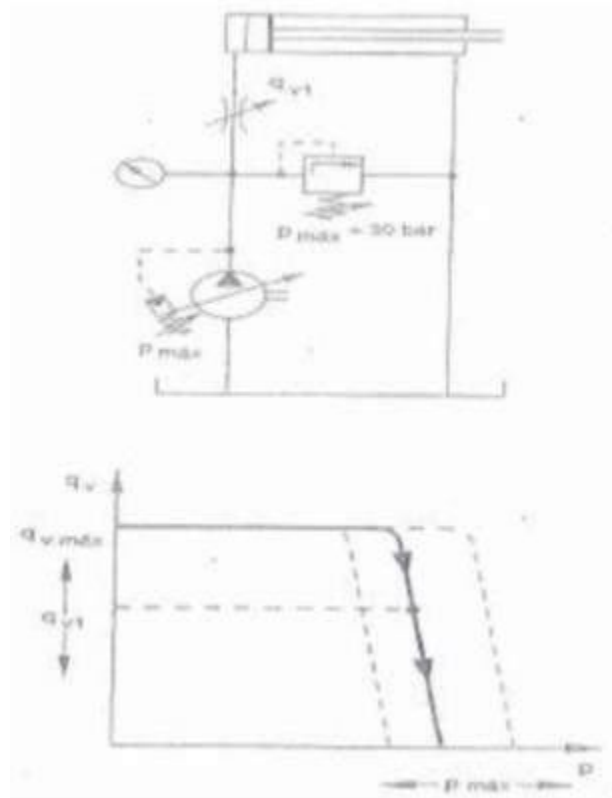
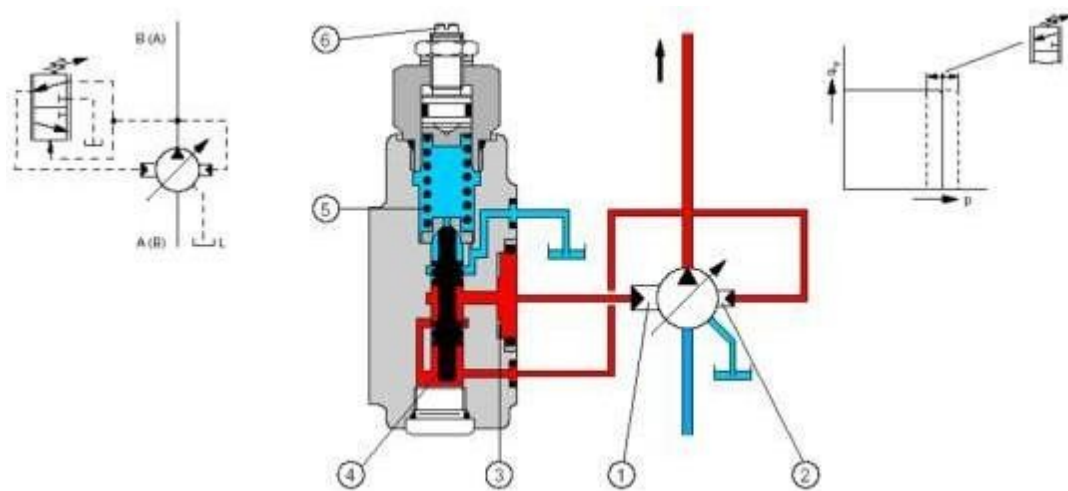


Figura 5. Función y curva del regulador de presión

Fuente: Bosch automation (2010).

- Regulador de presión de ajuste mecánico:** La válvula reguladora dispuesta sobre el embolo de ajuste 1 (ver figura 6) puede considerarse como una válvula distribuidora de 3 vías con ajuste oleohidráulico en función de la presión. La alta presión llega al embolo de ajuste menor 2 y, a través de la válvula reguladora abierta, al embolo de ajuste mayor 1. Debido a la relación de superficies 2:1, el anillo de levas se mueve contra el embolo de ajuste 2 a su final de carrera y la bomba transporta el máximo caudal volumétrico (Bosch automation, 2010).

La alta presión llega también al lado frontal inferior de la corredera de válvula 4. Al alcanzarse la presión ajustada en el resorte opuesto 5, la corredera se mueve hacia arriba y descarga el embolo de ajuste 1 a la carcasa de la bomba sin presión. Con la influencia del embolo de ajuste 2, que continua bajo presión, el anillo de levas se mueve hacia el centro, de manera que el caudal disminuye en función de la necesidad del consumidor. Cuando el caudal suministrado llega al máximo ajustado, el final de carrera viene determinado por el tope mecánico del embolo de ajuste 1 en la carcasa de la válvula reguladora. Para realizar un ajuste exacto, cabe utilizar los discos de compensación 3. La presión de relación puede ajustarse, modificando la fuerza del resorte, a través de un



anillo de ajuste 6 (Bosch automation, 2010).

Figura 6. Regulador de presión de ajuste mecánico

Fuente: Bosch automation (2010).

2.2.6.4 Cilindros oleohidráulicos

Son actuadores lineales, lo que significa que la salida de un cilindro es un movimiento y/o fuerza en línea recta. La función de los cilindros oleohidráulicos es convertir la potencia oleohidráulica en potencia mecánica lineal (ver figura 7).

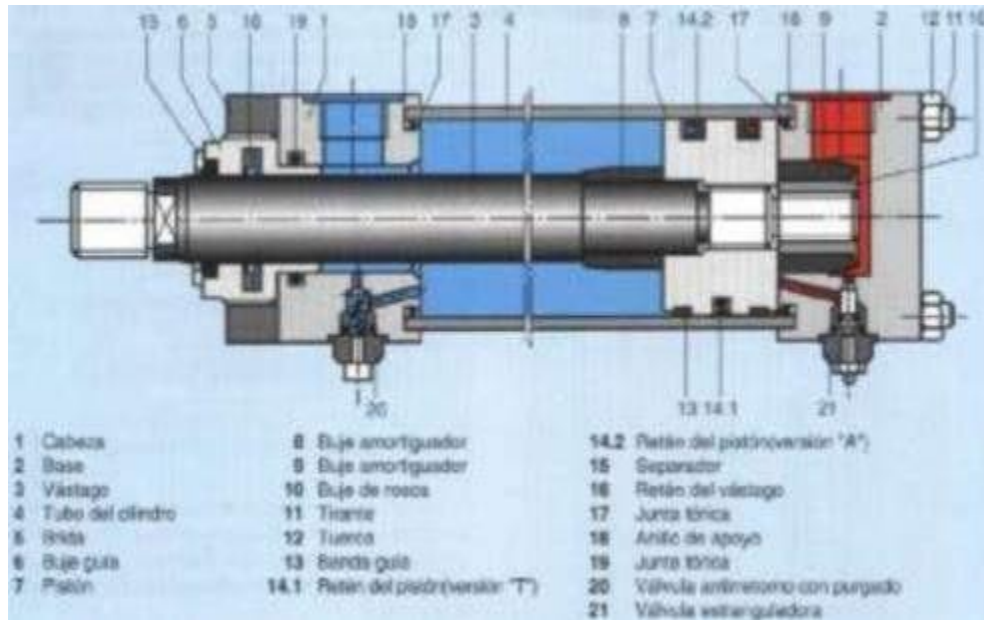


Figura 7. Cilindro oleohidráulico.

Fuente: Schmitt (1990).

- **Características de los cilindros:** Las características de un cilindro incluyen sus dimensiones y su capacidad de presión. Las principales son:

Diámetro del pistón.

Diámetro del vástago.

Longitud de la carrera.

La capacidad de presión viene dada por el fabricante. Esta información puede obtenerse de la placa de referencias del cilindro o del catálogo del fabricante. La velocidad del cilindro, la fuerza exterior disponible y la presión requerida para una carga dada, dependen todas del área del pistón (Schmitt, 1990).

- **Tipos de cilindros**

Cilindro de simple efecto: Solo requiere uso de potencia a la salida del vástago, cuenta con un sistema propio de retracción del vástago, por lo que es denominado de simple efecto, dependiendo de la aplicación pudiese contener un resorte o simplemente contraerse con el peso de la carga, también se caracteriza por la necesidad de mantener la presión requerida en el pistón para que el vástago se mantenga fuera.

Cilindro de doble efecto: A diferencia del de simple efecto este cilindro requiere potencia tanto para la salida como para la entrada del vástago, se utiliza comúnmente para aplicaciones horizontales o verticales muy particulares, el accionamiento es igual al del cilindro de simple efecto con la particularidad de que el vástago no retorna por sí solo, por lo que se precisa de potencia o presión al pistón desde el compartimiento del vástago para así poder hacer regresar el vástago.

- **Cálculo del cilindro**

Calculo del esfuerzo de pandeo: Para calcular la resistencia al pandeo del cilindro se considerará el grado de esbeltez.

Si $SR > Cc$

$$P_r = \frac{\pi^2 E I}{L_e^2} \quad (\text{Ec. 13})$$

Si $SR < Cc$

$$P_r = S_y \left(1 - \frac{S_y SR^2}{4 \pi^2 E} \right) \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

P_r : Carga critica (N)

Cc : Relación de esbeltez de transición,

E : Modulo de elasticidad (N/mm²).

L_e : Longitud efectiva (mm).

SR: Relación de esbeltez.

I: Momento de inercia (mm).

S_y : Resistencia a la cedencia (N/mm²)

Cálculo de la longitud efectiva:

$$L_e = K L \sqrt{1000} \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde

L_e : Longitud efectiva (mm).

K: Coeficiente según la fijación en los extremos del cilindro (ver figura 8).

L: Longitud del vástago (m).









Caso de carga según Euler	Caso 1 Un extremo libre, un extremo fijo y sujeto	Caso 2 (caso básico) Dos extremos articulados	Caso 3 Un extremo articulado, un extremo fijo y sujeto	Caso 4 Dos extremos fijos y sujetos
Representación gráfica				
Long. pandeo libre	$s_e = 2l$	$s_e = l$	$s_e = l \cdot \sqrt{2}$	$s_e = 0,5l$
Situación de montaje para cilindros hidráulicos	Modo de fijación C, D, F 	Modo de fijación A, B, E 	Modo de fijación C, D, F 	Modo de fijación C, D, F 
Nota			Calar la carga cuidadosamente dado que pueden producirse lesiones.	Procc con cuidado, seguramente se producirán lesiones.

Figura 8. Coeficientes de fijación del cilindro

Fuente: Mannesmann Rexroth (1991).

Cálculo de la relación de esbeltez:

$$SR = \frac{L_t}{r_{min}} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

SR: relación de esbeltez.

L_t : Longitud efectiva (mm).

r_{min} : Radio de giro mínimo (mm).

Cálculo del radio de giro mínimo:

$$r_{min} = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

r_{min} : Radio de giro mínimo (mm).

A: Área del vástago (mm²).

Para el caso de un área circular el radio de giro mínimo será:

$$r_{min} = \frac{d}{4} \quad (\text{Ec. 18})$$

Donde:

r_{min} : Radio de giro mínimo (mm).

d: Diámetro del vástago (mm).

Cálculo de la relación de esbeltez de transición:

$$C_t = \frac{\sqrt{\pi^2 E}}{S_y} \quad (\text{Ec. 19})$$

Donde:

C_t : Relación de esbeltez de transición.

E: Modulo de elasticidad (N/mm²).

S_y: Resistencia a la cedencia (N/mm²)

Carga máxima de servicio:

$$F_{carga} = \frac{P_c}{S} \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde:

F_{carga}: Fuerza de la carga (N).

P_c: Carga critica (N).

S: Coeficiente de seguridad

Cálculo del diámetro del vástago:

$$d = \frac{\sqrt[4]{P_c L_e^2}}{\pi^3 E} \quad (\text{Ec. 21})$$

Donde:

d: Diámetro del vástago (mm).

P_c: Carga critica (N).

L_e: Longitud efectiva (mm).

Cálculo del área del vástago o pistón:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

A: Área del pistón o vástago (mm²).

d: Diámetro del pistón o vástago (mm).

Para la determinación de los diámetros del vástago y pistón del cilindro se pueden utilizar tablas tabuladas (ver figura 9).

Piston ØD (mm)	Rod Ød (mm)	Piston ØD (mm)	Rod Ød (mm)	Piston ØD (mm)	Rod Ød (mm)	Piston ØD (mm)	Rod Ød (mm)
25	12	40	16	63	25	100	45
	14		18		28		50
	16		22		36		56
			25		45		70
32	18	50	22	80	36	125	50
	22		25		45		56
	25		28		56		63
			36				70
							90

Figura 9. Diámetros estándar del vástago y pistón del cilindro

Fuente: Mahmoud y Mohamed (2009).

2.2.6.5 Válvulas de control de dirección

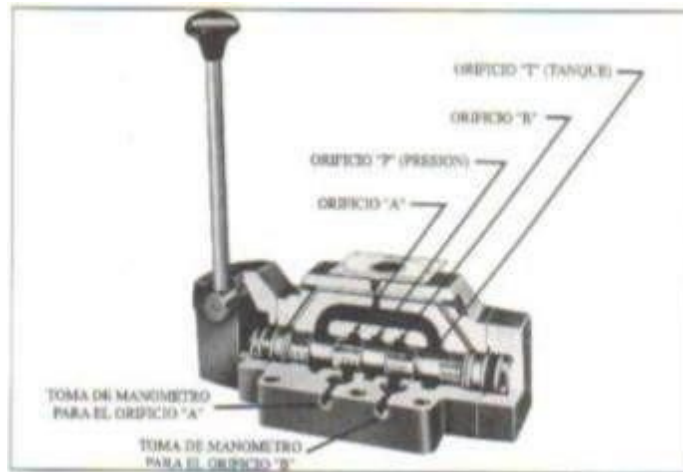


Figura 10. Válvula Distribuidora.

Fuente: Parker hannifin corporation (2001).

Las válvulas direccionales, como su nombre indica, se usan para controlar la dirección del caudal (ver figura 10). Aunque todas realizan esta función, estas válvulas varían considerablemente en construcción y funcionamiento. Se clasifican, según sus características principales, tales como: (Moreno, 2008).

Tipo de elemento interno: Cónicas o carrilete.

Métodos de actuación: Manuales, mecánicos, neumáticos, hidráulicos, eléctricos o combinaciones de estos.

Numero de vías: Dos, tres, cuatro, cinco o seis vías.

Tamaño: Tamaño nominal (TN) de la válvula en función del caudal.

Conexiones: Roscas NPTF, roscas cilíndricas BSPP, bridas y placas bases.

- **Válvulas de tres vías:** Este tipo de válvulas como su nombre lo indica posee tres vías o conexiones, las cuales se alternan en un conjunto de posiciones, unas de las más comunes son las de dos posiciones (Ver figura 11), donde en una posición se conecta la alimentación de presión a la salida para obtener una presión de trabajo en el embolo y en la otra posición, el compartimiento del cilindro es conectado al retorno, que en los sistemas oleohidráulicos conlleva al desahogo del fluido al tanque siempre y cuando el vástago esté recibiendo la fuerza necesaria en la dirección necesaria (Moreno, 2008). También se pueden encontrar válvulas con más de dos posiciones, esto en función de las necesidades de su aplicación.

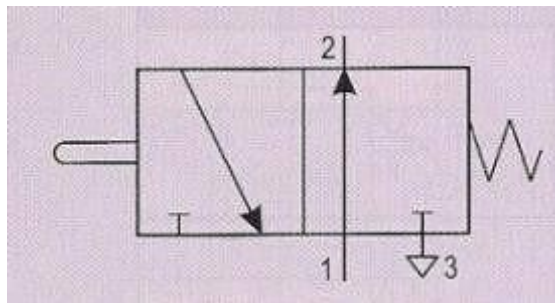


Figura 11. Representación gráfica de una válvula 2/3

Fuente: Portero (2012)

En este caso el diagrama ilustrado, es el de una válvula de accionamiento por taqué, que no es más que una pieza metálica, acoplada mecánicamente a algún elemento movimiento como puede ser una leva, al accionarse mecánicamente el taqué, se acciona la válvula a la segunda posición, una vez que este movimiento mecánico termina la válvula de la figura 9 regresa por muelle o resorte a la primera posición o posición de reposo.

- **Válvulas antirretorno:** Una válvula antirretorno puede funcionar como control direccional o como control de presión. En su forma más simple, sin embargo, una válvula antirretorno no es más que una válvula direccional de una sola vía. Permite el paso libre del aceite en una dirección y lo bloquea en la otra. Obsérvese que el símbolo gráfico compuesto para una válvula antirretorno indica dos posiciones de la válvula: abierta y cerrada (Moreno, 2008).
- **Válvulas antirretorno pilotadas:** Las válvulas antirretorno pilotadas están diseñadas para permitir el paso libre del fluido en una dirección y para bloquear el caudal de retorno en la dirección opuesta, hasta que la válvula se abra debido a la acción de un pilotaje exterior. Se utilizan para mantener parado, a pesar de las fugas a través de la corredera de la válvula distribuidora, un cilindro vertical con su carga puede mantenerse estático durante un tiempo prolongado, estas válvulas evitan las fugas de aceite oleohidráulico que pueden existir en los circuitos oleohidráulicos (Schmitt, 1990).

2.2.6.6 Válvulas de control de presión

Las válvulas de control de presión realizan funciones tales como limitar la presión máxima de un sistema o regular la presión reducida en ciertas partes de un circuito, y otras actividades que implican cambios en la presión de trabajo (Mannesmann Rexroth, 1991).

- **Válvulas de seguridad compuesta:** Una válvula de seguridad compuesta funciona en dos etapas. La etapa piloto contiene en la tapa superior una válvula limitadora de presión y un obturador, mantenido en su asiento mediante un muelle ajustable. Los orificios están en el cuerpo de la válvula y la derivación del caudal se consigue mediante una corredera, equilibrada hidráulicamente, contenida en el cuerpo (ver figura 12). Estas válvulas compuestas son utilizadas cuando, se requiere derivar mayor cantidad de fluido oleohidráulico a hacia el depósito de aceite, evitando menores pérdidas de caída de presión en los circuitos oleohidráulicos (Mannesmann Rexroth, 1991).

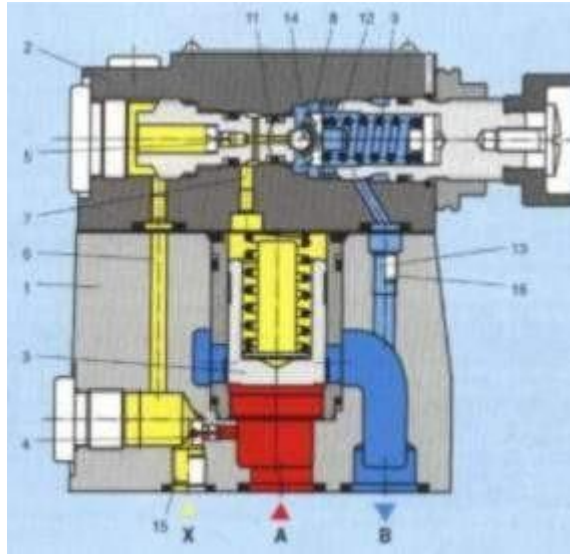


Figura 12. Válvula de seguridad compuesta

Fuente: Mannesmann Rexroth (1991).

- **Descarga a presión reducida “venting”:** Las válvulas de seguridad compuestas pueden ser controladas remotamente mediante un orificio situado en la tapa superior, enfrente del obturador. Cuando este orificio se pone en comunicación con el tanque, la única fuerza que mantiene la corredera sobre su asiento es la del muelle ligero, y la válvula se abrirá completamente, cuando se necesita una presión de pilotaje, este muelle normalizado puede sustituirse por otro más fuerte (Eaton Hydraulics training, 1995). Otra ventaja del muelle fuerte es que da lugar a un cierre más rápido y positivo de la corredera. También es posible conectar una válvula de seguridad simple al orificio de "venting" para controlar la presión remotamente. Para ejercer el control, la válvula situada remotamente debe ser ajustada a una presión más baja que el taraje de la válvula piloto principal.

2.2.6.7 Válvulas de control de caudal

Las válvulas reguladoras de caudal se utilizan para regular la velocidad de un actuador que depende de la cantidad de aceite que se le envía por unidad de tiempo.

Es posible regular el caudal con una bomba de desplazamiento volumétrico variable, pero en muchos circuitos es más práctico utilizar una bomba de desplazamiento fijo y regular el caudal con una válvula reguladora de caudal (Schmitt, 1990).

- **Tipos de reguladores de caudal:** Hay dos tipos básicos de válvulas reguladoras de caudal, las compensadas por presión y las no compensadas. Estas últimas se utilizan cuando las presiones permanecen relativamente constantes y las variaciones de velocidad no son demasiado críticas. Puede controlarse el caudal con sistemas tan sencillos como un estrangulamiento fijo o una válvula de aguja variable, aunque existen unidades más sofisticadas que llevan incorporada una válvula antirretorno (Schmitt, 1990).

La utilización de las válvulas no compensadas por presión es limitada, puesto que el caudal a través de un orificio es sensiblemente proporcional a la raíz cuadrada de la pérdida de presión (P) a través del mismo, lo que significa que cualquier variación apreciable de la carga afectará al control de la velocidad. Los reguladores de caudal compensados por presión se clasifican en 2 tipos: compensación por estrangulamiento en serie, y compensación por derivación de caudal. Ambos tipos utilizan un compensador o hidrostato para mantener una caída de presión constante a través de una restricción regulable (Schmitt, 1990).

2.2.6.8 Depósito de aceite

El proyecto de los sistemas hidráulicos industriales tiene una ventaja sobre los sistemas de equipo móvil. Esta ventaja está en la gran flexibilidad en el diseño del depósito. Prácticamente sin problemas de situación o de dimensiones, el depósito puede diseñarse para que cumpla varias funciones (ver figura 13). En primer lugar, sirve de almacenamiento para el fluido requerido por el sistema. El depósito también debe tener espacio para que el aire pueda separarse del fluido y debe permitir igualmente que los contaminantes se sedimenten. Además, un depósito bien diseñado ayuda a disipar el calor generado en el sistema (Eaton Hydraulics training, 1995).

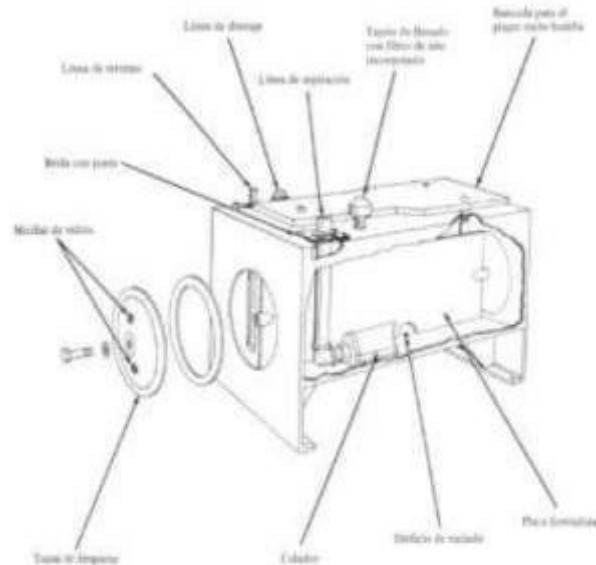


Figura 13. Depósito oleohidráulico

Fuente: Eaton Hydraulics training (1995).

Es siempre deseable un tanque grande para facilitar el enfriamiento y la separación de los contaminantes. Como mínimo, el tanque debe contener todo el fluido que requiere el sistema y mantener un nivel lo suficientemente alto para que no haya cavitación en la línea de aspiración de la bomba. Si esto ocurre, entrará aire en el sistema. La condensación del vapor de agua y la cantidad de calor generada en el sistema, son factores que hay que tener en consideración. En los equipos industriales se acostumbra a emplear un depósito cuya capacidad sea por lo menos dos o tres veces la capacidad de la bomba en litros por minuto (Fialho, 2007).

Siguiendo estas consideraciones se podría determinar la capacidad del tanque con la siguiente ecuación.

$$V_i = Q_i \cdot K_i \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde:

V_i : Volumen del depósito (Lt).

Q_i : Caudal de la bomba (Lt/min).

K_i : Factor de multiplicación (según diseño).

2.2.6.9 Filtros

El filtrado del líquido hidráulico es muy importante para el mantenimiento correcto de sus funciones y para conseguir una duración dilatada de los elementos de la instalación. Las partículas metálicas desprendidas de tuberías, válvulas y cilindros; los fragmentos de juntas arrancadas por rozamiento, el polvo que invade la instalación hidráulica, forman partículas, más o menos grandes, que han de separarse del aceite por medio de filtros, para preservar la vida de los elementos que constituyen el sistema, especialmente la bomba y las válvulas, ya que la suciedad produce un gran desgaste en las piezas móviles de la instalación hidráulica (Moreno, 2008).

- **Tamaño de las mallas y filtración nominal:** Una malla filtrante tiene un valor nominal que caracteriza su finura, definida por un número de malla. Cuanto más elevado es el número de malla, más fina es la malla. Los filtros, que pueden fabricarse con muchos materiales diferentes de la malla metálica, se caracterizan por su valor en micras.
- **Filtro de presión:** Un filtro de este tipo puede ser instalado en los sistemas cuyos elementos, tales como válvulas, sean menos tolerantes a la suciedad que las bombas, estos filtros deben poder resistir la presión de trabajo del sistema (Mannesmann Rexroth, 1992).
- **Filtro de retorno:** Estos filtros también pueden retener partículas muy finas antes de que el fluido regrese al depósito. Un filtro de retorno es casi obligatorio en un sistema con una bomba de alto rendimiento que tiene holguras muy finas y que no puede ser protegidas (Mannesmann Rexroth, 1992).
- **Dimensionamiento del filtro:** Al determinar el tamaño de los filtros, su finura y el modelo deberán considerarse los siguientes criterios:

Sensibilidad al ensuciamiento: Se debe tener en cuenta la finura del filtro o la clase de pureza exigida.

Campo de empleo del equipo hidráulico: Tener en cuenta el posible ensuciamiento del medio ambiente.

Determinación del caudal que fluye a través del filtro: Este temporalmente puede ser mayor que el caudal máximo de la bomba (por ejemplo, en cilindros diferenciales o conductos de retorno de varios circuitos). La caída de presión recomendada para elementos limpios y para viscosidad de servicio (carcasa y elemento) es aproximadamente 0.3 hasta 0.5 bar. La diferencia de presión admisible del elemento de filtro debe corresponder a las condiciones del sistema en el lugar de montaje del filtro. La compatibilidad de los materiales debe estar garantizado con el fluido hidráulico (Mannesmann Rexroth, 1992).

Determinación de la finura del filtro: La clase de pureza de toda la instalación se rige según la clase de pureza necesaria para la pieza constructiva más sensible a la suciedad de todo del sistema hidráulico. El elemento más sensible determina la finura del filtro para todo el sistema. La selección de la finura de filtro adecuado y de los elementos filtrantes necesarios puede realizarse según la tabla 3.

Tabla 3. Finura
diversos componentes

absoluta del filtro para

Componentes hidráulicos	Clase de pureza según		Finura de filtrado reco- mendada en μm
	NAS 1638	ISO DIS 4406	
Bombas a engranajes	10	19/15	20
Cilindros	10	19/15	20
Válvulas direccionales	10	19/15	20
Válvulas de seguridad	10	19/15	20
Válvulas estranguladoras	10	19/15	20
Bombas a pistones	9	18/14	10
Bombas de paletas	9	18/14	10
Válvulas de presión	9	18/14	10
Válvulas proporcionales	9	18/14	10
Servoválvulas	7	17/13	5
Servocilindros	7	17/13	5

Fuente: Mannesmann Rexroth (1992).

Viscosidad del fluido oleohidráulico: Las curvas características de la carcasa del filtro y de los elementos filtrantes indicada en los folletos se refieren a una viscosidad del fluido hidráulico. Si la viscosidad de dimensionamiento (normalmente viscosidad de servicio) difiere de la viscosidad de referencia, la pérdida de presión en el elemento de filtro (indicación del diagrama) será significativa por lo que se deberá calcular una reducción para la pérdida de presión a viscosidad de servicio. La reducción se realiza mediante el factor de aumento de la viscosidad f_1 (Ver figura 14), en función de la viscosidad de servicio (Mannesmann Rexroth, 1992).

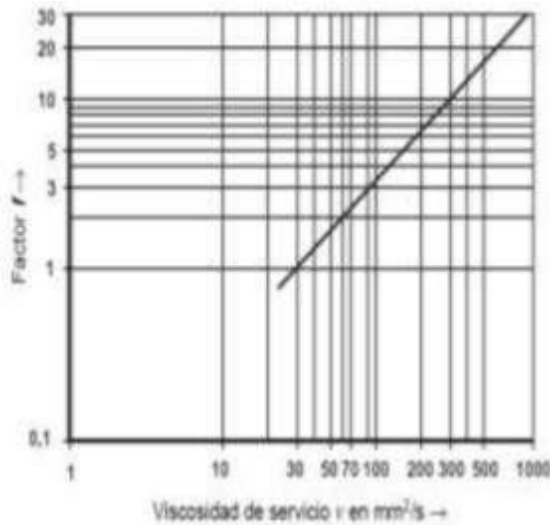


Figura 14. Gráfica del factor f_1 de reducción de viscosidad

Fuente: Mannesmann Rexroth (1992).

Determinación del tamaño del filtro: La meta para el dimensionamiento del tamaño del filtro es lograr un equilibrio entre la suciedad que existe en el sistema y la suciedad que sale a través del filtro, logrando una vida útil

económica del filtro. La pérdida presión admisible deberá calcularse con la siguiente formula. (Mannesmann Rexroth, 1992).

$$P_{Gf} = (P_{Gf} + f_1 P_i) \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde:

P_{Gf} : Diferencia de presión total del filtro.

P_{Gs} : Diferencia de presión de la carcasa del filtro con fluido de servicio.

f_1 : Factor de reducción de la viscosidad.

P_i : Diferencia de presión del elemento del filtro.

Mediante diagramas individuales para carcasa de filtro y elementos se puede obtener directamente las pérdidas de presión en estos, para ello se utilizará un caudal efectivo Q_W y a la viscosidad de servicio. La figura 15 muestra la pérdida de presión en la carcasa del filtro durante filtración del fluido hidráulico. En la figura 16 se representa la pérdida de presión en el elemento de filtro (Mannesmann Rexroth, 1992).

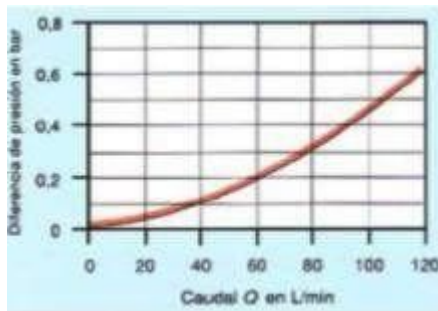


Figura 15. Pérdida de presión en la carcasa del filtro

Fuente: Mannesmann

Rexroth(1992).

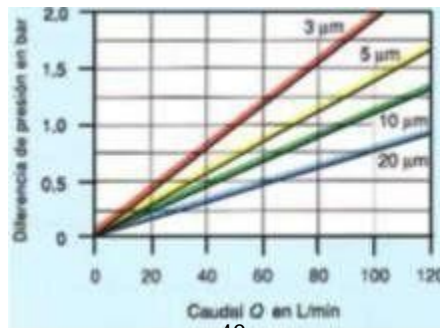


Figura 16. Perdida de presión en un elemento filtrante

Fuente: Mannesmann Rexroth (1992).

2.2.6.10 Fluidos oleohidráulicos

La función principal del fluido oleohidráulico en una instalación oleohidráulica es la transmisión de fuerzas y movimientos. Debido a las múltiples posibilidades de aplicación y de empleo de los accionamientos oleohidráulicos, se les exigen a los fluidos oleohidráulicos diversas funciones o características. Dado que no existe un fluido oleohidráulico igualmente adecuado para todos los sectores de aplicación, al elegir el mismo deberán considerarse las características específicas de cada caso de aplicación. Solo de ese modo resulta posible un servicio libre de inconvenientes y económico (Mannesmann Rexroth, 1992)

- **Exigencias a los fluidos oleohidráulicos**

Lubricación y protección contra desgaste: El fluido oleohidráulico debe poder cubrir todas las piezas en movimiento con una película continua, como consecuencia de altas presiones, alimentación insuficiente de aceite, baja viscosidad y movimientos de deslizamiento lentos o la película puede romperse. La consecuencia es un agarrotamiento por desgaste (Mannesmann Rexroth, 1992).

Viscosidad: La viscosidad se entiende de la característica de un fluido oleohidráulico de ofrecer una resistencia al desplazamiento laminar recíproco de dos capas vecinas de fluido oleohidráulico. La magnitud característica más importante al seleccionar un fluido oleohidráulico es la viscosidad (Schmitt, 1990). Esta puede verse afectada por la temperatura dependiendo de la clase del fluido (ver figura 17).

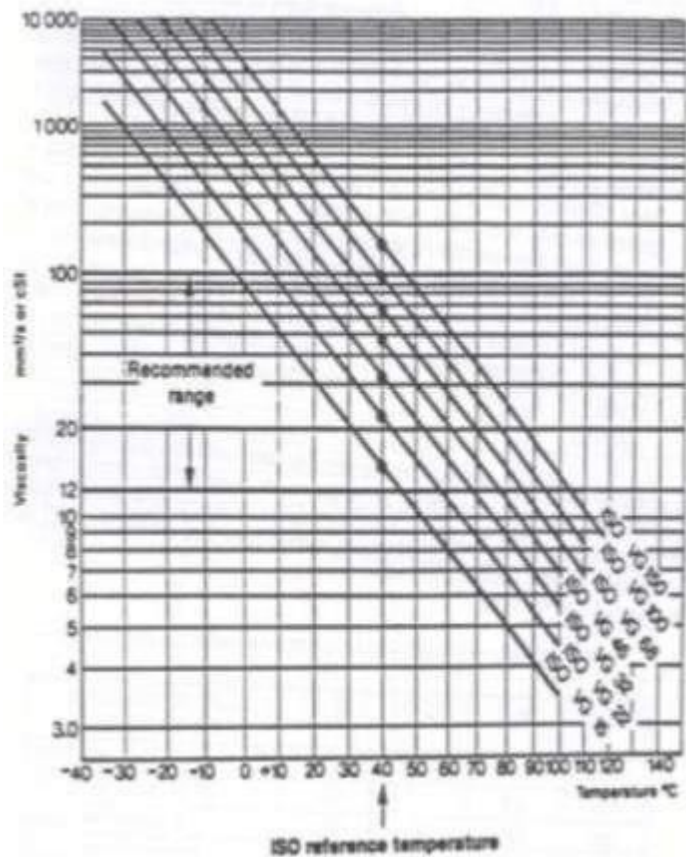


Figura 17. Gráfica temperatura vs viscosidad

Fuente: Mahmoud y Mohamed (2009).

Índice de viscosidad: En el caso de fluctuaciones de temperatura el fluido oleohidráulico tendrá un amplio rango de no volverse ni muy espeso ni muy fluido, dado que en tal caso los caudales variarían en el punto de estrangulamiento (variación de velocidad del consumidor). En el diagrama viscosidad temperatura se reconoce el índice conveniente de viscosidad de fluido oleohidráulico por su curva característica plana. Los fluidos

oleohidráulicos con un elevado índice de viscosidad se requieren especialmente en aquellas aplicaciones en que estarán sujetos a elevadas fluctuaciones de temperatura, como máquinas de trabajos móviles, aviones y vehículos (Mannesmann Rexroth, 1992).

Resistencia a cargas térmicas: Durante el funcionamiento de la instalación, el fluido oleohidráulico se puede calentar (en lo posible, a no más de 80 °C). Durante el tiempo de parada el fluido vuelve a enfriarse. Estos procesos que se repiten, influyen sobre la vida útil del fluido oleohidráulico. Por esta razón en muchas instalaciones se emplean intercambiadores de calor (calefacción y refrigeración) para mantener constante la temperatura de servicio del fluido oleohidráulico (Mannesmann Rexroth, 1992).

Resistencia a sollicitación oxidativa: El oxígeno también influye en el proceso de envejecimiento de aceites minerales. Un aceite muy resistente al envejecimiento posee inhibidores de oxidación, que evitan una rápida absorción de oxígeno. Una elevada absorción, también favorecería la corrosión de piezas constructivas (Mannesmann Rexroth, 1992).

Buena protección anticorrosiva: Los fabricantes de válvulas, bombas, motores y cilindros prueban estos con aceites minerales que los protegen contra la corrosión. La capacidad de protección anticorrosiva de los aceites minerales se logra mediante aditivos químicos que forman una película sobre las superficies metálicas como cobre, plomo, bronce, latón y acero y neutralizan los productos corrosivos de la descomposición en caso de envejecimiento de aceite mineral (Mannesmann Rexroth, 1992).

2.2.6.11 Mangueras flexibles

La selección de la combinación adecuada de manguera suele hacerse en la fase final del diseño de un sistema oleohidráulico. Sin embargo, la combinación correcta

de manguera y terminal es vital para un buen funcionamiento general y una prolongada vida del sistema completo.

- **Características de las mangueras**

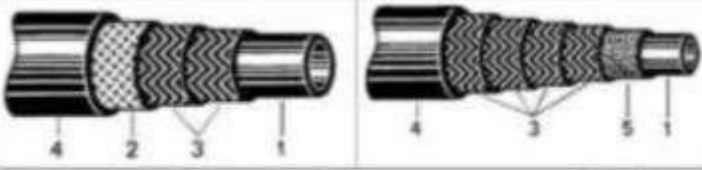
Presión de trabajo: La selección de manguera y terminal se debe hacer de modo que la presión de trabajo máxima recomendada de la manguera y del terminal sea igual o mayor que la presión máxima del sistema. Los golpes de ariete y las puntas de presión. En el sistema deben ser inferiores a la presión máxima de trabajo del latiguillo (Parker hannifin corporation, 2001).

Radio de curvatura de la manguera: El radio de curvado mínimo de una manguera es el radio mínimo que esta puede doblarse mientras funciona a la presión de trabajo máxima admisible. Curvar la manguera por debajo del radio de curvado mínimo puede provocar deformación de la misma y la correspondiente pérdida de presión, dando lugar a una posible rotura. Se debe permitir una longitud recta mínima de 1,5 veces el diámetro exterior de la manguera entre el terminal y el punto donde comience la curva (Parker hannifin corporation, 2001).

Módulo de la manguera: La transmisión de potencia por medio de un fluido presurizado varía con la presión y la velocidad del flujo. El tamaño de los componentes debe ser adecuado para mantener las caídas de presión al mínimo y evitar el envejecimiento debido a la generación de calor o a una velocidad excesiva del fluido. Este tamaño es una medida del tubo interior de la manguera, no del diámetro exterior (Parker hannifin corporation, 2001).

En la tabla 4 se pueden observar los diámetros internos y externos de las mangueras flexibles.

Tabla 4. Diámetros y capacidades de las mangueras flexibles



Inner Diameter		External Diameter	Pressure (bar)		Minimum Radius
mm	Inch	mm	Operating	Rupture	mm
9.52	3/8	21.4	350	1400	125
12.7	1/2	24.6	280	1100	180
19.1	3/4	31.7	210	850	240
25.4	1	39.7	210	850	305

Fuente: Mahmoud y Mohamed (2009).

- Velocidad en las líneas oleohidráulicas:** Las conexiones entre componentes en las instalaciones oleohidráulicas se realizan a través de tubos, tubos flexibles, agujeros en bloques de mando, entre otros, los cuales. Por lo que, para minimizar las pérdidas por rozamiento, no deben superarse determinadas velocidades de circulación. En la práctica, se han establecidos determinados valores para los diversos tramos de conductos (Bosch automation, 2010).

Conducto de aspiración:

$V = 0.6$ a 1.2 m/s.

Conducto de presión:

$V = 2$ a 5 m/s.

Conducto de circulación de retorno:

$V =$ menor de 3 m/s.

- Calculo de la manguera:** El caudal volumétrico, la velocidad de circulación y la sección transversal del conducto, se relacionan en la ecuación de continuidad.

$$Q_i = A V \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

Q_i : Caudal volumétrico (m^3/s).

A : Área transversal del conducto (m^2).

V: Velocidad del fluido (m/s).

Para el cálculo con medios auxiliares sencillos, es válida la siguiente ecuación.

$$V = \frac{Q_v}{\pi d^2} 10^6 \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde:

V: Velocidad del fluido (m/s).

Q_v : Caudal volumétrico (m³/s).

d: Diámetro (mm).

El diámetro de la manguera se va determinar a partir de la siguiente ecuación:

$$d = \frac{4 Q_v}{\pi V} \frac{1000}{1000} \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde:

d: Diámetro (mm).

Q_v : Caudal volumétrico (m³/s).

V: Velocidad del fluido (m/s).

2.2.7 Simbología según norma ISO 1219-1

Los símbolos gráficos para equipamientos oleohidráulicos deben considerarse desde el punto de vista funcional y se componen de uno o varios símbolos básicos y por lo general de uno o varios símbolos funcionales. Los símbolos no poseen una escala determinada ni están definidos para una posición determinada. Los símbolos oleohidráulicos representan las formas de los componentes oleohidráulicos, que permiten interpretar o reconocer que tipo de componentes puede tener un sistema de transmisión de potencia oleohidráulica, para conocer los símbolos ver anexo A.

2.2.8 Laminador

El equipo que se encuentra instalado en la empresa CVG Alucasa indicado como laminador intermedio, es un laminador utilizado para reducir el espesor de bobinas de aluminio de máximo 4.650 Kg, el espesor máximo de las bobinas a la entrada es de 0,15 mm, mientras que el espesor máximo a la salida es de 0,10 mm. El sistema cuenta con dos juegos de cilindros, los cilindros de trabajo, destinados a realizar la laminación del material con un peso aproximado de 1.000 Kg cada uno y un diámetro de 280 mm (nuevos) y los cilindros de apoyo, encargados de absorber el esfuerzo de laminación producido en los cilindros de trabajo, aumentando su rigidez, estos tienen un peso aproximado de 10.500 Kg y un diámetro de 850 mm (nuevos).

El sistema se encarga de desenrollar las bobinas de aluminio que recibe del carro de entrada, el cual debe ser elevado para poder ingresar las bobinas al sistema mediante unas desbobinadoras, posteriormente estas son sometidas al proceso de laminación con ayuda de unos gatos hidráulicos de apriete para obtener el esfuerzo necesario, por último las bobinas son sometidas a un proceso de enrollado mediante una bobinadora de conos, la cual soporta las bobinas durante el proceso, para finalmente ser colocadas en un carro de evacuación que le da salida a las bobinas.

2.2.9 Energización de bombas/motores eléctricos trifásicos

El proveer la alimentación nominal plena a motores eléctricos o bombas de gran potencia como suele ser el caso de los motores o bombas trifásicas, podría ocasionar desgaste y/o esfuerzo extra e innecesario para estos equipos y con ello, reducción de su vida útil o desgaste de sus piezas, es por esta razón que existen diferentes métodos de energización o arranque para estas máquinas, de tal forma que estos inconvenientes se puedan reducir en la medida de lo posible.

2.2.9.1 Sistema de arranque

Existen diversas formas de arrancar o energizar los motores trifásicos, así como también diferentes dispositivos que permiten realizar estos arranques, estos pueden ser manuales o contactores, estos últimos son los más usados ya que permiten realizar el mando del motor a distancia.

- Arranque directo:** Como su nombre lo indica consiste únicamente en conectar el motor a la tensión nominal, en este caso, el motor desarrolla un pico de corriente de 4,5 a 7 veces su corriente nominal y con ello un par de arranque de 1,5 a 2 veces el par nominal, lo que permite realizar un arranque a plena carga. Esta conexión en motores trifásicos se realiza bien sea en conexión estrella o en conexión triángulo, esto dependerá de los valores de red, en la placa de características del motor estará indicada la tensión para la conexión en estrella y una tensión menor para la conexión en triángulo (Fraile, 2003).

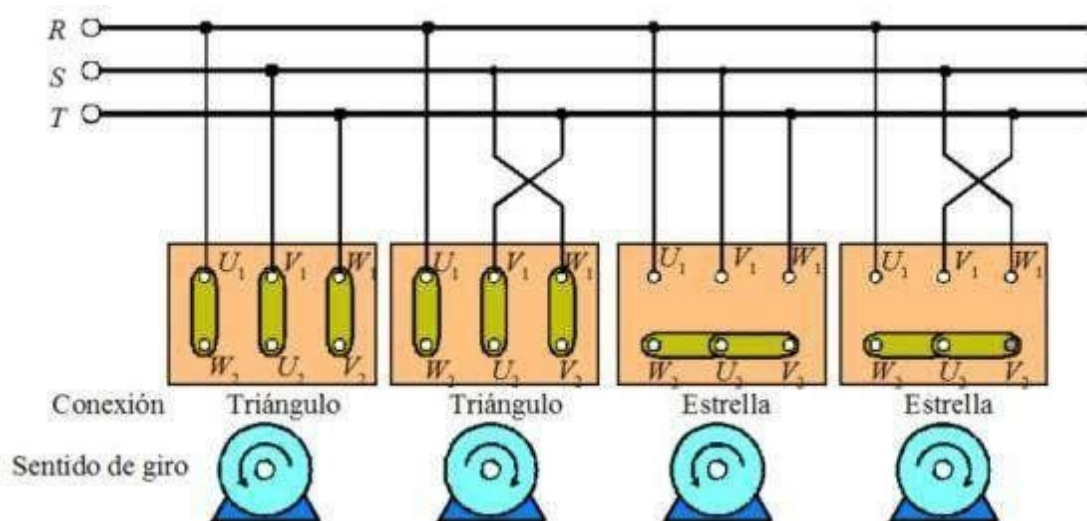


Figura 18. Conexión y giro de motores trifásicos con arranque directo

Fuente: Fraile (2003)

En este caso como se observa en la figura 18, se puede invertir el giro del motor en cualquiera de sus conexiones solo con invertir dos de sus bornes, esto comúnmente es realizado con contactores mediante un circuito de control de arranque directo con cambio de giro y por supuesto, parada.

- Arranque estrella triángulo:** Este es quizás el tipo de arranque más utilizado, se aplica a motores de más de 4 hp y con poca carga, permite reducir la intensidad de corriente de arranque a una tercera parte de la que corresponde el arranque directo en triángulo, sin embargo, lo mismo sucede con el par de

arranque, el cual también se ve reducido a una tercera parte, lo que hace imposible arrancar pares resistentes a plena carga (Fraile, 2003).

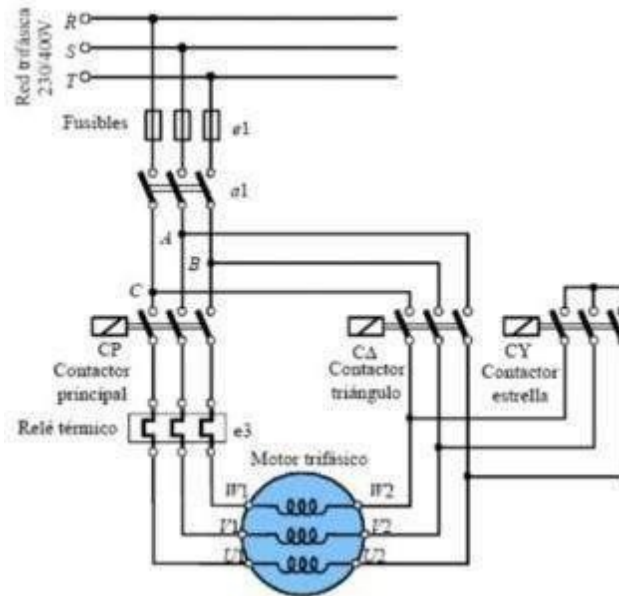


Figura 19. Conexión de un arranque estrella triángulo

Fuente: Fraile (2003)

Como se puede observar en la figura 19, el motor posee un contactor para la conexión en estrella y otro para la conexión en triángulo, cabe destacar que el circuito de accionamiento y control debe estar diseñado de tal forma que no se puedan accionar ambos contactores a la vez, ahora bien en un principio el motor se accionara mediante el contactor de estrella, iniciando el arranque del mismo, y una vez alcanzado el 80% de su velocidad nominal, se desactiva este, y entra el contactor de la conexión en triángulo, durante el funcionamiento del motor.

- **Arranque por autotransformador:** Este método utiliza un autotransformador para reducir la tensión en el momento del arranque. En este caso se le aplica al motor la tensión reducida del autotransformador y una vez el motor en las proximidades de su velocidad de régimen se le conecta a la plena tensión de la red quedando el autotransformador fuera de servicio.

2.2.9.2 Especificaciones del sistema eléctrico

En todo sistema eléctrico es necesario realizar un estudio de cargas y elementos dispuestos en él, para de esta manera poder prever de los componentes que resulten tener un desempeño más eficiente, siempre por un encima del umbral de seguridad

- **Selección del conductor:** Para seleccionar el conductor de un sistema eléctrico se debe analizar la carga o cargas dispuestas a ser conectadas, al igual que la distancia a la cual se encontrará instalado el equipo, la razón principal de una correcta selección de conductor es que este sea capaz de tolerar tanto las corrientes exigidas por la carga sin recalentarse, como las condiciones ambientales en la zona de instalación, tales como humedad o temperatura; por otro lado también debe ser considerada la caída de tensión que se presenta en el conductor como producto de la distancia que este recorre. Los factores para llevar a cabo la selección del conductor son:

Tipo de carga: Se debe tener en cuenta si la carga es continua o no, según el código eléctrico nacional, (Codelectra, 1999), las cargas continuas son aquellas que mantienen su corriente máxima durante tres horas o más. De ser considerada una carga continua se deberá aplicar un aumento del 25% a la corriente nominal del equipo.

Cantidad de conductores por canalización: Si existen más de tres conductores en una misma canalización se deben aplicar los factores de corrección de la tabla 5 (Codelectra, 1999).

Tabla 5. Factores de corrección por cantidad de conductores en canalización

Table 310.15(B)(2)(a) Adjustment Factors for More Than Three Current-Carrying Conductors in a Raceway or Cable

Number of Current-Carrying Conductors	Percent of Values in Tables 310.16 through 310.19 as Adjusted for Ambient Temperature if Necessary
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 and above	35

Fuente: Codelectra (1999).

Temperatura: Según el tipo de cable que a instalar y la temperatura ambiente, se aplicará un factor de corrección si es necesario (ver tabla 6).

Tabla 6. Factores de corrección por tipo de cable y temperatura ambiente

Types	TW, UF	RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
Temp. Amb	60 °C	75 °C	90 °C
21 – 25 °C	1.08	1.05	1.04
26 – 30 °C	1.00	1.00	1.00
31 – 35 °C	0.91	0.94	0.96
36 – 40 °C	0.82	0.88	0.91
41 – 45 °C	0.71	0.82	0.87
46 – 50 °C	0.58	0.75	0.82
51 – 55 °C	0.41	0.67	0.76
56 – 60 °C	-	0.58	0.71
61 – 70 °C	-	0.33	0.58
71 – 80 °C	-	-	0.41

Fuente: Codelectra (1999).

Caída de tensión: Es un factor de suma importancia en la instalación de circuitos ramales, ya que de no considerarse puede ocurrir que la tensión de alimentación de los equipos este por debajo del umbral de tolerancia de estos (ver figura 20), ocasionando en el caso de motores y bombas, esfuerzos y desgaste mecánico o recalentamiento. Según Codelectra (1999), en la sección 100, el dimensionamiento del circuito debe ser tal que la caída de tensión del tablero principal a la salida más alejada debe ser menor al 3% y menor al 5% desde el alimentador hasta la carga para que esta pueda tener un uso razonablemente eficiente.



Figura 20. Caída de tensión por largo del conductor

Fuente: Díaz y Lares (2017)

Para determinar la caída de tensión en sistemas trifásicos se utiliza la siguiente ecuación:

$$V\% = \frac{S}{V^2} L ((r \cos(\alpha) + x \operatorname{Sen}(\alpha))) 10 \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde:

: % de caída de tensión.

S: Potencia aparente (kVA).

L: Longitud del conductor (km).

r: Resistividad del conductor (Ohm/km).

x: Reactancia inductiva del conductor (Ohm/km).

V: Tensión de alimentación (kV).

: Factor de potencia.

Todos y cada uno de los factores de corrección se deben aplicar de manera independiente, es decir que de ser necesario se aplicaran simultáneamente sobre la corriente nominal del equipo que se desea instalar, así lo indica Codelectra en el código eléctrico nacional (CEN) de Venezuela en su 6ta revisión para el año 1999.

- **Elementos del circuito de potencia:** Entre los elementos considerados para la protección de motores eléctricos o bombas se incluyen, un medio de desconexión principal, un elemento de protección contra cortocircuito y falla a tierra, un controlador y una protección contra sobrecargas (ver figura 21), cabe destacar que algunos componentes pueden cumplir más de una de estas funciones.



Figura 21. Diagrama de un circuito ramal de motores

Fuente: Díaz y Lares (2017)

- **Medio de desconexión:** Según indica el artículo 430.110 del CEN, el medio de desconexión para motores menores de 600 Volts, debe tener una capacidad nominal del 115% de la corriente nominal a plena carga del motor. Para la obtención de la corriente nominal a plena carga de motores trifásicos se utiliza la tabla 7 en función de su potencia y voltaje.

Tabla 7. Corriente de motores trifásicos jaula de ardilla y síncronos.

Horsepower	Induction-Type Squirrel Cage and Wound Rotor (Amperes)							Synchronous-Type Unity Power Factor ^a (Amperes)			
	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
1/2	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
3/4	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1 1/2	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	—	—	—	—	—
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
3	—	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
7 1/2	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
10	—	32.2	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

Fuente: Díaz y Lares (2017)

Una vez conocida la corriente y aplicado el factor correspondiente se puede seleccionar un medio de desconexión adecuado, los más utilizados y recomendados son guardamotors, interruptores termomagnéticos o magnéticos, seccionadores para motores o controladores manuales.

- **Protección contra cortocircuito y falla a tierra:** Para esta protección se pueden utilizar también algunos de los elementos del apartado anterior, como lo son los guardamotors y los interruptores termomagnéticos y magnéticos,

además de fusibles, aunque estos últimos por lo menos en la industria venezolana no son muy vistos (Díaz y Larez, 2017), al utilizar alguno de los dispositivos mencionados de deberá incorporar un relé de falla a tierra, “*este dispositivo permite desenergizar el circuito del motor cuando se presenta una falla que produzca circulación de corriente por el conductor de puesta a tierra*” (Díaz y Lares, 2017).

Sin embargo, para realizar la selección de esta protección, el CEN recomienda evaluar la tabla 8, en función del tipo de motor en la categoría de diseño NEMA, para determinar el factor de corrección correcto dependiendo del dispositivo de protección deseado, este factor se aplicará a la corriente obtenida luego de evaluar el motor (trifásico) en la tabla 7, con la finalidad de determinar correctamente la protección.

Tabla 8. Factores de corrección para la selección de protección contra cortocircuito y falla a tierra

Tipo de motor	Porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo**	Fusible de dos elementos (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso*
Monofásico	300	175	800	250
Polifásico de c.a. sin rotor bobinado				
De jaula de ardilla:				
Todos menos los de Tipo B	300	175	800	250
Los de Tipo B	300	175	1100	250
Síncronos#	300	175	800	250
Con rotor bobinado	150	150	800	150
De c.a. (tensión constante)	150	150	250	150

Fuente: Díaz y Lares (2017)

- **Controlador del motor:** Es el dispositivo utilizado propiamente para el accionamiento del motor, independientemente del tipo de arranque que este utilice, gracias a este se cierra o abre el circuito que permite el arranque o en su defecto parada del motor, aunque se pueden utilizar interruptores manuales, a

nivel industrial domina el uso de contactores, estos son elementos que están diseñados para conectar y desconectar un circuito de potencia de forma rápida y remota. El CEN exige que la selección del contactor debe realizarse en función de la potencia del motor y la tensión nominal del mismo; de igual forma el número de polos del contactor debe coincidir con el número de líneas vivas que alimenten al motor.

Además de esto también se debe contemplar la demanda del motor, en relación a si es de servicio normal o pesado, considerándose como servicio pesado aquellas aplicaciones donde haya inversión de giro en marcha u operaciones repetitivas en cortos lapsos de tiempo como más de cinco operaciones por minuto o más de diez en diez minutos para ello se utilizan las tablas 9 y 10 dependiendo del tipo de servicio. (Díaz y Lares, 2017).

Tabla 9. Selección del contactor para servicio normal

RATINGS FOR THREE-PHASE SINGLE-SPEED FULL-VOLTAGE MAGNETIC CONTROLLERS FOR NON-PLUGGING AND NON-JOGGING DUTY						
Size of Controller	Continuous Current Rating** Amperes	Horsepower* at				Service-limit Current Rating** Amperes
		60 Hertz		50 Hertz	60 Hertz	
		200 Volts	230 Volts	300 Volts	460 or 575 Volts	
00	9	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	11
0	18	3	3	5	5	21
1	27	7 1/2	7 1/2	10	10	32
2	45	10	15	25	25	52
3	90	25	30	50	50	104
4	135	40	50	75	100	156
5	270	75	100	150	200	311
6	540	150	200	300	400	621
7	810	—	300	—	600	932
8	1215	—	450	—	900	1400
9	2250	—	800	—	1600	2590

Fuente: Díaz y Lares (2017)

RATINGS FOR THREE-PHASE SINGLE-SPEED FULL-VOLTAGE MAGNETIC CONTROLLERS FOR PLUG-STOP, PLUG-REVERSE OR JOGGING DUTY						
Size of Controller	Continuous Current Rating** Amperes	Horsepower* at				Service-limit Current Rating** Amperes
		60 Hertz		50 Hertz	60 Hertz	
		200 Volts	230 Volts	380 Volts	460 or 575 Volts	
0	18	1 1/2	1 1/2	1 1/2	2	21
1	27	3	3	5	5	32
2	45	7 1/2	10	15	15	52
3	90	15	20	30	30	104
4	135	25	30	50	60	156
5	270	60	75	125	150	311
6	540	125	150	250	300	621

Tabla 10. Selección del contactor para servicio pesado

Fuente: Díaz y Lares (2017)

Una vez seleccionado el contactor se debe seleccionar la bobina que lo accionará, existen bobinas de diferentes niveles de tensión de accionamiento, entre corriente continua y corriente alterna, en este punto el encargado de instalar el dispositivo puede seleccionar el nivel de tensión que más le convenga según las facilidades que tenga en la planta o en el lugar de instalación.

- **Dispositivo de protección contra sobrecarga:** Según el CEN, la sobrecarga de un equipo eléctrico es producto de una corriente eléctrica que, de mantenerse un largo tiempo, podría generar daños o recalentamiento. En los circuitos de motores se define como corriente de sobrecarga aquella que se encuentre por encima de la corriente nominal y por debajo de diez veces el valor de la corriente nominal.

Para este apartado el CEN recomienda la utilización de relés térmicos, breakers o fusibles, e incluso guardamotores, sin embargo, el más destacado es el relé térmico, aunque este mismo no tiene la facultad para interrumpir el circuito, por lo que se suele conectar la bobina del contactor que acciona el motor a un contacto normalmente cerrado del relé térmico, de forma que mediante la desenergización del bobina del contactor el relé pueda abrir el circuito (ver figura 22).

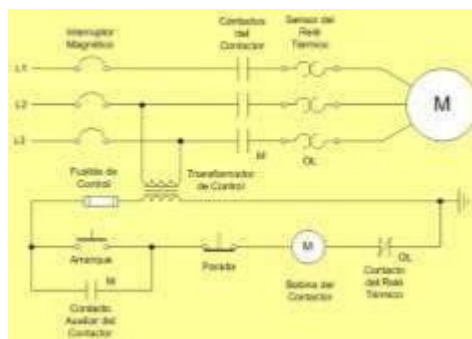


Figura 22. Diagrama de funcionamiento del relé térmico con el contactor

Fuente: Díaz y Lares (2017)

Los relés térmicos, poseen la característica de poder ajustarse en un rango de corriente de disparo, lo que los hace más precisos, para la correcta selección de este dispositivo según el CEN se deben considerar los factores de la tabla 11 para motores de más de 1 hp, los cuales serán aplicados a la corriente nominal indicada en la placa del motor, para determinar la corriente de disparo que se deberá ajustar en el relé.

Tabla 11. Factor de ajuste máximo para relé térmico

Tipo de Motor	Ajuste Máximo
Con factor de servicio 1.15	125 %
Con aumento de temperatura 40° C	125 %
Los demás motores	115 %

Fuente: Díaz y Lares (2017)

En caso de que al arrancar el motor con la configuración del factor anterior el relé térmico se dispare se permite reajustar el factor de corrección al indicado en la tabla 12, por lo que es recomendable seleccionar un relé térmico cuyo rango de disparo configurable incluya los parámetros correspondientes de la tabla 11 y 12, aplicados por supuesto como ya se mencionó en la corriente nominal señalada en el motor.

Tabla 12. Factor de ajuste máximo para relé térmico en caso de falla

Tipo de Motor	Ajuste Máximo
Con factor de servicio 1.15	140 %
Con aumento de temperatura 40° C	140 %
Los demás motores	130 %

Fuente: Díaz y Lares (2017)

2.2.10 Detectores

Son los sensores que proporcionan una salida binaria (activa o inactiva). Son los que más se utilizan en los automatismos secuenciales. Los más frecuentes son los detectores de proximidad, que normalmente detectan la presencia de un objeto, aunque también son frecuentes los detectores de nivel, de temperatura o de presión (Sanchis *et al*, 2010).

2.2.10.1 Detectores de proximidad inductivos

Sirven para detectar la presencia de objetos metálicos, tanto ferromagnéticos (como el hierro o acero), como no ferromagnéticos (como el cobre o el aluminio). Se basan en el cambio en la inductancia producido por la presencia del metal en las

proximidades del detector. Para detectar el cambio en la inductancia, el detector tiene un oscilador electrónico, cuya frecuencia de oscilación depende de la inductancia. En ausencia de objetos metálicos la frecuencia de oscilación es una determinada. Cuando se aproxima un metal cambia la inductancia, y por tanto la frecuencia de oscilación, un circuito electrónico detecta el cambio de frecuencia y produce la activación de la salida si ese cambio es suficientemente grande. La salida que presente el sensor puede ser NPN, PNP, a relé o incluso los hay con salida analógica, en cuanto al montaje, este dependerá de su forma y tamaño, ya que estas limitan las posibilidades de montaje, la forma más habitual es la cilíndrica (ver figura 23), estos vienen con diferentes diámetros, mientras mayor es el diámetro mayor es la distancia mínima de detección (Sanchis *et al*, 2010).



Figura 23. Sensor inductivo cilíndrico

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

Estos sensores cilíndricos se pueden instalar de forma enrasable o no enrasable (ver figura 24), los enrasables tienen la ventaja de ser más fáciles de instalar, pero su distancia de detección es menor, mientras que los no enrasables requieren dejar un hueco circular alrededor del sensor, pero poseen una distancia de detección mayor.

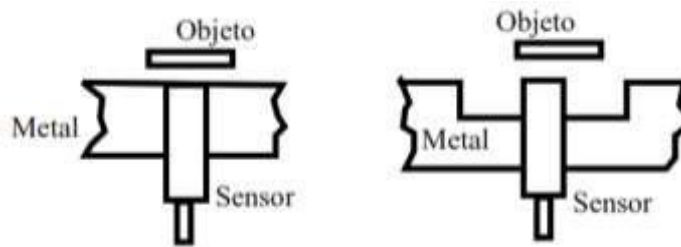


Figura 24. Montaje enrasable y no enrasable de un sensor inductivo

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

2.2.10.2 Detectores de proximidad capacitivos

Se basan en la modificación de la capacidad vista por el sensor debido a la presencia del objeto. Para que el objeto modifique la capacidad es necesario que su constante dieléctrica sea diferente a la del aire. Sirven, por tanto, para detectar la presencia de todo tipo de objetos, metálicos y no metálicos, siempre que su constante dieléctrica sea mayor a la del aire. Por ejemplo, la constante dieléctrica respecto a la del aire es de 80 para el agua, 2 a 7 para madera seca, 10 a 30 para madera verde, 2 a 5 para el papel, de 4 a 7 para la porcelana (Sanchis *et al*, 2010). Cuanto mayor sea esa constante dieléctrica, mayor el tamaño del objeto y menor la distancia al detector, mayor será el aumento de la capacidad, y por tanto más fácil será la detección.

La forma de detectar el cambio de capacidad es idéntica a la de los sensores inductivos, se trata de un oscilador electrónico cuya frecuencia de oscilación depende de la capacidad. Al variar la capacidad varía la frecuencia, y esta es detectada por un circuito que activa la salida. La forma más habitual también es la cilíndrica, una de las bases del cilindro es la superficie detectora, por la que salen al exterior las líneas de campo eléctrico, hay diferentes diámetros, aunque no hay tan delgados como los inductivos, siendo los más habituales los de 18 y 30 mm, a mayor diámetro, mayor distancia de detección (Sanchis *et al*, 2010).

2.2.11 Captadores

Son los sensores que proporcionan una salida continua proporcional a una magnitud física. Esta salida puede ser analógica (en tensión o en corriente), o digital (codificada en binario, o en forma de pulsos). Los captadores se utilizan en los sistemas de control continuo (como los PID), en los que se controla una variable continua (Sanchis *et al*, 2010).

2.2.12 Controladores lógicos programables (PLC)

También conocido como autómeta programable industrial (API), definido por Sanchis *et al* (2010) como un equipo electrónico programable, en un lenguaje no informático, el cual permite realizar la implementación de algoritmos secuenciales de forma sencilla, está diseñado para operar en tiempo real y en un ambiente industrial; el controlador en si vendría siendo la cabeza o cerebro del proceso, mediante módulos de entradas y salidas, permite realizar lecturas e interpretar la información de sensores y accionamientos, así como realizar el control de los diferentes equipos en el proceso. El PLC puede verse dividido en módulos, constituidos por la fuente de alimentación, el procesador, la unidad o módulo de comunicación, para ser conectado a otros medios como pantallas hmi o centros de control y/o monitoreo y por último los módulos de entradas y salidas ya sean digitales o analógicas, también existen módulos de control PID y de control de ejes (ver figura 25).

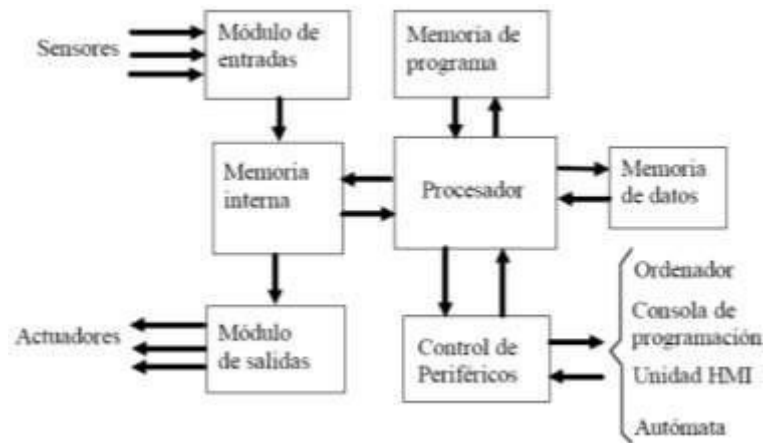


Figura 25. Arquitectura de un autómeta programable industrial

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

Dentro de las etapas de funcionamiento de un PLC (ver figura 26), se encuentra, la etapa de procesos comunes, esta representa un rápido escaneo del programa, en búsqueda de errores o bucles infinitos, este proceso es independiente de la aplicación del PLC y es también conocido como “Watch Dog” o “Perro Guardián”. Por su parte la gestión de periféricos, constituye la evaluación de los puertos de comunicación

conectados al PLC. En la ejecución del programa de usuario como su nombre lo indica, se ejecuta la programación de instrucción por instrucción, las cuales implementan la lógica de control del proceso, y por último el refresco de E/S es la actualización de entradas y salidas a los valores actuales de ese momento (Sanchis *et al*, 2010).

2.2.12.1 Entradas

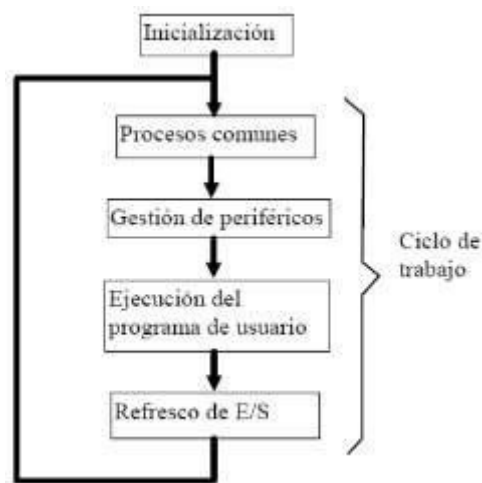


Figura 26. Ciclo de trabajo de un PLC

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

Las entradas son los medios por los cuales se comunica el proceso con el PLC, estas permiten indicarle ciertos parámetros a este desde interruptores, botones o selectores, además de recibir la información de los sensores puestos en campo (Sanchis *et al*, 2010). El tiempo de respuesta promedio es de unos cuantos milisegundos, dependiendo si es a transistor o a relé, este tiempo es suficientemente rápido en la mayoría de procesos, sin embargo, si se desea reducir este, se suelen utilizar entradas de interrupción, las cuales ejecutan un segmento de instrucciones específicas, evitando el recorrido del programa que normalmente ocurre, o entradas temporizadas, las cuales realizan la misma función, pero con una diferencia de tiempo previamente programada.

- Entradas digitales:** Son módulos que permiten la lectura de señales binarias provenientes de detectores (cuya salida es activa o inactiva), normalmente se aíslan mediante opto-acopladores, y suelen funcionar a 24 V de continua o alterna o 220 V de alterna. En la figura 27, se muestra el diagrama de un sensor de salida de contacto conectado al módulo de entradas digitales, este posee dos diodos en antiparalelo por lo que no importa la polaridad del sensor o si este es NPN o PNP.

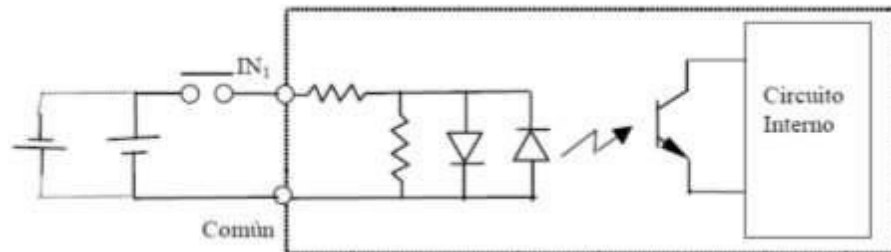


Figura 27. Conexión de un sensor con salida a relé a la entrada de un PLC

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

2.2.12.2 Salidas

Son módulos que le permiten al PLC tomar acciones directamente en el proceso, mediante estas se ejecutan la mayoría de las acciones de control programadas, ya que permiten realizar el accionamiento de actuadores y elementos finales de control de forma automática.

- Salidas digitales:** Estos son módulos que al igual que en las entradas permite dar salidas biestables, ya sean activas o inactivas a un dispositivo externo, los más utilizados son relés, transistores o triac (Sanchis *et al*, 2010), estos elementos deben conectarse mediante otro componente que permita aislar el circuito de control, del circuito de potencia, es decir que si por algún motivo la carga es exigida o sufre algún daño el elemento a recibir el impacto será precisamente el que se utilice a la salida del PLC, protegiendo la integridad física de este, el transistor utiliza un optoacoplador (ver figura 28), el triac un

optotriac (ver figura 29) y en el caso del relé no es necesario debido a las características del mismo (ver figura 30).

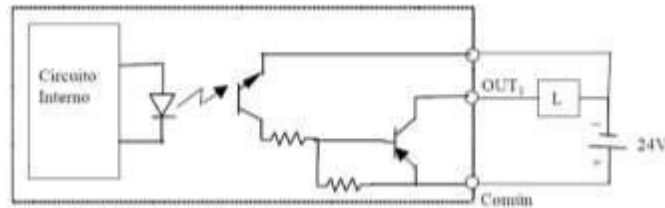


Figura 28. Circuito de salida digital a transistor PNP con carga

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

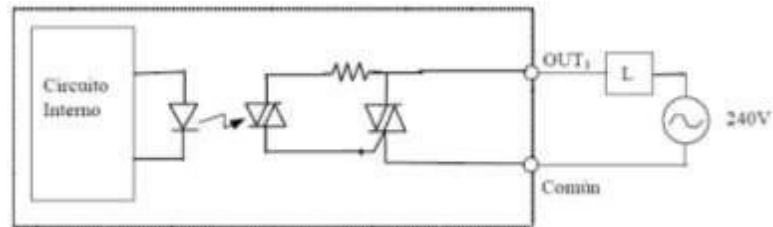


Figura 29. Circuito de salida digital a triac con carga

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

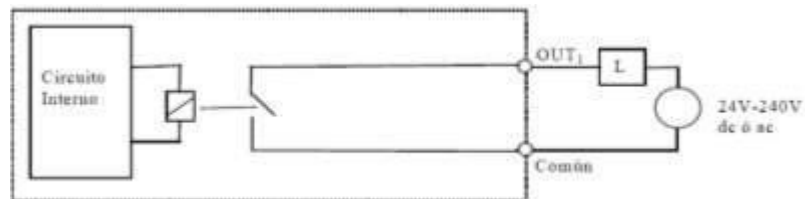


Figura 30. Circuito de salida digital a relé con carga

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

2.2.12.3 Módulos de entrada / salida analógica

Como su nombre lo indica, estos módulos permiten medir y dar como salida señales analógicas, permitiendo controlar procesos que requieran señales continuas, normalmente los rangos de estas señales tanto para entrada como salida es de 0 a 10 V o de -10 a 10 V o también de 4 a 20 mA, para las entradas se utiliza un convertidor analógico digital que asigna un número proporcional al valor de la señal, la

resolución o número de bits que puede utilizar el autómata depende el modelo, del fabricante y de la necesidad del proyecto claro, mientras más alto sea este valor, más precisa es la lectura, es muy común una resolución de 10 bits (1024 valores) o 12 bits (4096 valores), sin embargo existen de 16 bits (65536 valores) e incluso más (Sanchis *et al*, 2010).

Para el caso de las salidas también utilizan un convertidor, pero este será digital analógico, ya que la programación de la salida también se indica mediante un número, y poseen una resolución de salida en los mismos rangos de las entradas, por lo que de igual manera la salida será proporcional al número que se indique. Las salidas también pueden ser en tensión o en corriente y con los mismos rangos, esto también depende del modelo o fabricante, para aplicaciones muy distantes se recomienda utilizar salidas de corriente, ya que estas son más resistentes al ruido electromagnético que la tensión, sobre todo cuando el cable recorre un largo trayecto. Estas salidas digitales podrían utilizarse también para llevar a cabo un control PID, sin embargo, lo normal es que se utilice un módulo especial para implementarlo (Sanchis *et al*, 2010).

2.2.12.4 Lenguaje de programación

El “lenguaje” de programación más utilizado para autómatas industriales es el diagrama de contactos (Ladder Diagram o Diagrama Escalera), aunque como tal no forma parte de los lenguajes de programación, es un método bastante simple en comparación con los lenguajes de programación en sí, este está basado en automatismos cableados por medio de contactores. Consiste en dos líneas verticales separadas, una representa la tensión y la otra la masa, entre ellas se desarrollan las ecuaciones lógicas por medio de contactos (NA y NC) y bobinas (ver figura 31). Además de este también existen lenguajes basados en texto como lo son las listas de instrucciones, el texto estructurado o diagramas secuenciales de funciones, pero no son muy utilizados (Sanchis *et al*, 2010).

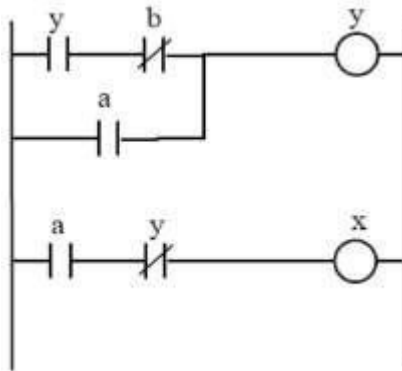


Figura 31. Ejemplo de programa con diagrama escalera

Fuente: Sanchis, Romero y Ariño (2010)

Existe una serie de reglas que se deben seguir para dibujar correctamente un diagrama de contactos, algunas de ellas son:

No debe haber contactos a la derecha de la bobina.

En una red puede haber bobinas en paralelo.

La conducción a través de los contactos solo se produce de izquierda a derecha.

• **Procedimiento para programar un autómata**

Configurar el equipo (tipo de PLC, módulos de entrada y salida, comunicaciones, entre otros).

Identificar el programa (nombre, empresa, fecha, versión).

Crear la estructura básica del programa (bloques y grupos dentro de los bloques).

Hacer la lista de etiquetas (nombres) de las variables a utilizar (entradas, salidas, variables internas, datos, temporizadores, contadores), asignándoles su dirección en memoria.

Introducir el programa (diagrama de contactos).

Comprobar el programa. Si el software lo permite, se puede simular la ejecución del programa en el PC y verificar el funcionamiento correcto.

Transferir el programa al autómata.

Ejecutar el programa en el PLC en modo monitor y comprobar el funcionamiento correcto (Sanchis *et al*, 2010).

2.2.12.5 Criterios de selección de un autómata programable industrial

- Número y tipo de E/S a controlar. El PLC debe admitir el número de entradas y salidas que se necesitan y algunas más para posibles imprevistos o ampliaciones o modificaciones futuras.
- Complejidad (tamaño) del programa de control que se quiere implementar. El programa de control debe caber en la memoria, y debe sobrar algo de espacio para imprevistos o posibles ampliaciones y modificaciones futuras.
- Potencia de las instrucciones necesarias (funciones matemáticas, rapidez de respuesta). Hay que tener en cuenta si se necesita hacer cálculos complejos (senos, raíces cuadradas, etc.) o si el algoritmo de control necesita ejecutarse especialmente rápido por alguna característica del proceso.
- Necesidad de utilización de periféricos (como terminales táctiles, lectores de código de barras, entre otros), módulos especiales de entrada o salida y módulos de comunicación. El autómata elegido debe admitir los módulos especiales y de comunicación que se necesiten.
- Precio, evidentemente, a mayor precio, mayores prestaciones (en tamaño de memoria, en capacidad de cálculo, en disponibilidad de módulos, etc.). Se debe llegar a un compromiso entre las prestaciones y el precio final.
- Posibilidad de ampliaciones futuras. Como ya se ha comentado, incluso en el caso de que no estén previstas ampliaciones futuras determinadas, es conveniente dejar algo de margen en el tamaño de memoria y número de entradas/salidas para imprevistos (Sanchis *et al*, 2010).

2.2.13 Diagramas P&ID

Estos documentos, conocidos por las siglas P&ID que provienen del inglés “piping and instrumentation diagram” son sin duda la fuente de información más importante para el trabajo de ingeniería de detalle (Bollain, 2018). Un diagrama

P&ID contiene información para casi todas las disciplinas y es el elemento clave informativo, para el diseño de tuberías y de instrumentación, siendo una fuente de información para las disciplinas de operación, seguridad, mantenimiento y control ambiental (ver figura 32).

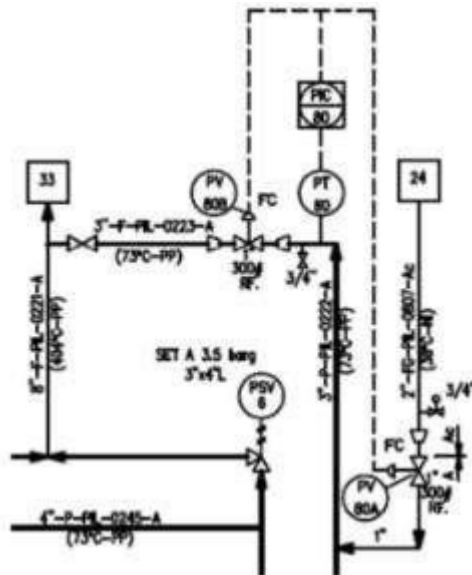


Figura 32. Fragmento de P&ID

Fuente: Bollain (2018)

Para la elaboración de estos diagramas se deben seguir un conjunto de reglas plasmadas en las normas ISA, donde se destaca simbología y nomenclatura, como deben nombrarse y enumerarse cada uno de los lazos del proceso, así como las indicaciones que se deben realizar según como se encuentre el proceso instalado, para lograr que el diagrama sea lo más detallado posible.

2.3 Bases legales

Según Arias (2012) “Las bases legales no son más que leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto”, explica que las bases legales “son leyes, reglamentos y normas necesarias en algunas investigaciones cuyo tema así lo amerite”. En este sentido, se exponen a continuación leyes, normas y reglamentos que intervienen en esta investigación.

2.3.1 Manual de higiene y seguridad industrial

El objetivo principal es prevenir o eliminar todo riesgo que pueda amenazar la seguridad y bienestar de los trabajadores, en él se destacan secciones especiales para uso de herramientas, manejo de materiales, mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico, soldadura y manejo de químicos.

2.3.2 Código eléctrico nacional

Indica las normas y exigencias a nivel eléctrico para la energización de industrias y de equipos industriales, así como viviendas, orientado a la seguridad y calidad de las instalaciones eléctricas.

2.3.3 COVENIN

COVENIN corresponde al acrónimo de la Comisión Venezolana de Normas Industriales, como se conoció desde 1958 hasta 2004, el ente es encargado de velar por la estandarización y normalización bajo lineamientos de calidad en Venezuela.

COVENIN estableció los requisitos mínimos para la elaboración de procedimientos, materiales, productos, actividades y demás aspectos que estas normas rigen. En esta comisión participaron entes gubernamentales y no gubernamentales especialistas en un área.

2.3.3.1 Normas aplicadas de COVENIN

- COVENIN 3699:2001 Campos de aplicación de los instrumentos de medición sujetos a verificación.
- COVENIN 3695: 2001 Evaluación de Modelo y Aprobación de Modelo.
- COVENIN 2552:1999 Vocabulario Internacional de Términos Básicos y Generales de Metrología.

2.3 Definición de termino basicos

- **Corriente:** Flujo de electrones que circulan por un conductor.
- **Conductor:** Medio diseñado para el flujo de una corriente eléctrica
- **Presión:** Fuerza que ejerce ya sea un gas, liquido o sólido sobre una superficie.
- **Sensor:** Dispositivo que capta magnitudes físicas u otras alteraciones de su entorno.

- **Contacto:** Elemento de apertura y cierre de circuitos
- **Bomba:** Equipo eléctrico de impulsión de líquidos
- **Flujo:** Circulación de un fluido por una tubería
- **Perdidas:** Potencia perdida en puntos específicos del proceso
- **Carrera:** Distancia recorrida por el cilindro
- **Radio:** Distancia desde el centro hasta cualquier punto sobre una circunferencia
- **Arranque:** Energización inicial de un motor o equipo eléctrico giratorio
- **Caída de tensión:** Perdida de tensión o voltaje por longitud del conductor

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

Debido a la naturaleza característica del presente proyecto de investigación, se puede ubicar en la clasificación de proyecto factible, que basado en lo descrito por Mijares y García (2007), se define como:

“... la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades...”
(p.5)

En este sentido, el trabajo de investigación busca desarrollar un plan de trabajo para el diseño de un modelo oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador principal en la empresa CVG Alucasa, todo esto en busca de aumentar la disponibilidad del mismo en la medida más eficiente posible.

3.2 Diseño de la Investigación

En el diseño de la investigación se define la estrategia a usar del investigador o investigadores para poder responder y resolver el problema planteado en el proyecto investigativo. Según Arias (2012), la investigación de campo se define como:

“... aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes...” (p.31)

En vista de que el medio principal de información es la misma empresa, y que los datos se obtienen directamente del proceso, analizando a detalle el mismo, para así poder tomar en cuenta todos los factores que sean posibles, de tal manera que la propuesta sea desarrollada de la mejor manera y lo más acertada posible en función de las necesidades del proceso en planta, es que se define la propuesta, como una investigación de campo.

3.3 Nivel de Investigación

Según Arias (2012), el nivel de la investigación se define como: “grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p.23). Entonces se puede decir que se refiere al punto al que se llevara a cabo el estudio del problema o tema planteado, añadiendo que permite conocer que factores deben intervenir para el desarrollo del proyecto. Con lo anterior expuesto se podría concluir que el nivel de investigación empleado es del tipo descriptiva, el cual es definido por Arias (2012) como:

“... la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en el nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.” (p.24)

3.4 Población y Muestra

Para el proyecto se considera de suma importancia definir la población; para ello Arias (2012) la define como “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio” (p. 81). Es decir, que es el conjunto de individuos de la misma clase que se encuentran limitadas por una serie de especificaciones del estudio a realizar. En este sentido se definiría entonces la población como el conjunto de empresas ubicadas en el sector de San Joaquín del estado Carabobo.

Por otro lado, la muestra según Arias (2012) la define como: “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83). Por lo tanto,

se concluye que la muestra es aquella que puede determinar la problemática pues es capaz de generar aquellos datos con los cuales se identifican las fallas que se requieren mejorar del problema. De esta manera se señala entonces como muestra la empresa CVG Alucasa, cual forma parte de la población al encontrarse ubicada en San Joaquín, estado Carabobo.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Investigación

Las técnicas e instrumentos son parte fundamental de la investigación para un proyecto, pues son aquellos medios por los cuales el investigador puede obtener información y recolectar datos acerca de la problemática a tratar. Arias (2012) define técnica como “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67). Y a su vez define instrumento como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68).

3.5.1 Técnicas Empleadas

3.5.1.1 Revisión Documental

La revisión documental se basa en realizar una recopilación sobre textos y manuales del sistema actualmente instalado, así como investigaciones e información pertinente al tema. Según Hurtado (2010) la revisión documental: “*es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros como texto que en sí mismo, constituyen los eventos de estudio*” (p.427).

3.5.1.2 Observación directa

La observación directa según Hurtado (2010) es: “*un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información para el cual el investigador se apoya en sus sentidos*” (p.459). Por lo tanto, se puede definir como el proceso mediante el cual el investigador puede realizar recolección de datos tomándolos directamente desde el ambiente a estudiar. En este sentido es indispensable obtener

información directamente del proceso en planta, para poder realizar un estudio coherente en función de las necesidades y características que este posee en la empresa.

3.5.1.3 Entrevista estructurada

La entrevista consiste en el diálogo entre el “entrevistador” y el “entrevistado”, con el fin de obtener mayor información acerca del tema hablado. Usualmente se realizan las entrevistas con personas expertas en el tema que se quiere conocer. Arias (2012) define la entrevista como “una técnica basada en el diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (p.73). Esta técnica será útil para aumentar la certificación de los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación.

3.5.2 Instrumentos empleados

3.5.2.1 Instrumento de registro

Es aquel que permite al investigador poseer un soporte guardado de información de manera que si se necesita en un tiempo a largo plazo se pueda tener la manera de acceder a ella.

3.5.2.2 Instrumento de observación técnica asistida

Son aquellos que le permiten al investigador poder medir u observar variables físicas de interés para realizar todo lo relacionado con el fenómeno a estudiar.

3.6 Fases de la Investigación

Fase I: “Diagnostico de la situación actual de operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”

Para esta primera fase, se comenzará con el estudio de la situación actual en la que se encuentra el sistema de elevación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa, mediante una profunda y asertiva observación y revisión del proceso, a su vez se realizará una entrevista estructurada al (los) operario (s), con la finalidad de obtener información desde la perspectiva de los mismos, para considerar en la etapa de diseño.

Fase II: “Identificación de los puntos críticos en la operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”

En este punto se estudiará arduamente el diseño actual del sistema, con la finalidad de identificar todos aquellos puntos críticos, que se puedan considerar como debilidades o factores importantes para ser mejoras

de la vivienda para que se logre identificar todos aquellos puntos débiles que posee la calidad de vida en el hogar, para luego poder mejorarlos, tomando en cuenta los costos y manteniendo lo mayor posible la estructura original de la vivienda.

Fase III: “Diseño del modelo de un sistema de automatización oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”

Al tener conocimiento de todo aquello que se requiera y se deba mejorar del proceso, se procederá a la etapa de diseño, donde se incorporen todos los factores determinados en la fase II y se realizaran tanto los planos como especificaciones correspondientes al sistema.

Fase IV: “Realización de un estudio de la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de un sistema oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”

Por último, también se realizará un estudio a profundidad del modelo para evaluar su factibilidad, mediante la evaluación del mismo y una entrevista a un experto para certificar dicha factibilidad.

CAPÍTULO IV

RECURSOS

En la realización de un proyecto de investigación es necesario definir los recursos tanto humanos, institucionales, materiales y de tiempo, pues son aquellos que influyen en la organización para realizar y materializar un proyecto.

4.1 Humanos

Para el presente trabajo de investigación, los recursos humanos estarán comprendidos por el investigador, el tutor académico, el tutor metodológico, profesores, especialistas y consultores.

4.2 Institucionales

Se tiene como principal recurso institucional la empresa CVG Alucasa, así como la universidad José Antonio Páez (UJAP).

4.3 Materiales

Computadoras, trabajos de grado realizados anteriormente de otros autores, materiales de papelería, software de desarrollo, de programación, de diseño y de simulación.

4.4 Tiempo

En estos recursos se estima el tiempo en que se va a desarrollar el proyecto desde el principio hasta la entrega del mismo, tomando en cuenta las actividades ya establecidas anteriormente en la descripción de las fases.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: “Diagnostico de la situación actual de operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”.

4.1.1 Observación directa

Una vez analizado el sistema actual de operación del carro de entrada se pudo observar las siguientes características, en primer lugar, el carro tiene las siguientes dimensiones 1650 x 2540 x 1524cm y el mismo llega cargado a la posición de elevación mediante el accionamiento de pulsadores por parte del operador recorriendo unos rieles, la elevación del mismo se lleva a cabo mediante el accionamiento de un tornillo sin fin por elementos de mando y se encuentra acoplado a un motor eléctrico de 480 V y 3 kW a 1800 rpm conectado a 25m del centro de carga, quien le entrega la potencia mecánica, para realizar su trabajo, el sistema está acondicionado para maniobrar con cargas de hasta 5000 kg, sin embargo, tiene una carga máxima de 7000 kg, recorriendo un total de 50 cm de elevación y 12 m de recorrido horizontal, también se cuenta con sensores de proximidad de tipo inductivo y finales de carrera, para conocer tanto el final de recorrido vertical del carro como para saber cuándo éste se encuentre en la posición correcta para ser accionado, posee un tiempo aproximado de 4 segundos en ascenso y otros 4 para el descenso, tiene una frecuencia de operación estimada de 3 veces por hora, ya que cada bobina de aluminio pasa un promedio de 20 minutos en el proceso de laminado, además se estima una temperatura de ambiente de aproximadamente 40°C.

A pesar de que el accionamiento se realiza mediante acciones manuales del operador, el proceso en general es comandado y monitoreado por un PLC marca Asea, este se encuentra programado para operar de dos maneras, ya sea manual o automática, siendo la operación manual totalmente controlada por el operador, mientras que, en el modo automático, el sistema realiza el proceso de elevación o descenso mediante el

PLC según los parámetros programados en él, cuenta con entradas y salidas tanto digitales como analógicas, en el anexo B se pueden apreciar los planos elé

Tomando en cuenta que el objetivo del proyecto es modificar todo el sistema de elevación del carro de entrada del laminador, se pudo conocer las dimensiones físicas o espacio disponible, al que se puede acceder para la realización de la investigación.

4.2 Fase II: “Identificación de los puntos críticos en la operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”

4.2.1 Entrevista con el operador

Con la intención de realizar una investigación lo más asertiva posible, se procedió a realizar una entrevista mediante una encuesta estructurada abierta a uno de los operadores del laminador intermedio de la empresa CVG Alucasa, el Sr. Rogelio López quien es el operador encargado del accionamiento de la máquina con 16 años de antigüedad. A continuación, se indican las preguntas de la encuesta, así como su respectiva respuesta:

- ¿Considera que el proceso de elevación del carro de entrada del laminador intermedio es un proceso optimo? Y ¿Por qué?
“Es un proceso importante ya que permite las maniobras de carga en el laminador, pero ha presentado fallas en la etapa de elevación”
- ¿Cree que existe algún riesgo para usted u otro miembro del personal a la hora de manipular el sistema de elevación del carro de entrada? De ser así ¿Dicho riesgo es tomado en cuenta en los parámetros de seguridad del sistema?
“Existe riesgo de volcamiento del carro y daños materiales”
- ¿El sistema actualmente instalado posee algún tipo de análisis de falla, antes, durante o después del accionamiento? De ser así ¿Qué tipo de análisis realiza?
“Existen análisis de falla que llevan a cabo los ingenieros de mantenimiento”
- ¿El sistema actual posee algún tipo de análisis de seguridad a la hora de accionar el sistema de elevación del carro? De ser así ¿Qué tipo de análisis realiza?
“No posee”

- ¿Considera que el sistema de elevación del carro de entrada debería poseer alguna característica diferente a las que ya posee? De ser el caso ¿Cuáles?
“Si, debería ser modificado y actualizado de manera que el operador a través de un monitor vea el proceso”
- ¿Existe alguna falla importante en el proceso de elevación del carro de entrada del laminador intermedio? De ser así ¿Cuál falla?
“Si, de hecho, de acuerdo al programa del departamento de mantenimiento, no se han registrado fallas sin carga durante las maniobras, pero si se pueden apreciar paradas por fallas en el tornillo sin fin con pesos mayores a 2500 Kg”
En caso de falla:
 - ¿Qué importancia tiene la falla para la continuación del proceso?
“Es de suma importancia la operatividad del carro de entrada, ya que, sin él, el proceso se detiene”
 - ¿Qué tan frecuente es esta falla?
“Los registros indican una frecuencia anual aproximadamente”
 - ¿Qué contratiempos produce esta falla?
“La imposibilidad de ingresar nuevas bobinas al sistema de laminación, deteniendo completamente el proceso”
 - ¿Qué tiempo requiere aproximadamente solucionar la falla?
“Aunque los tiempos de reparación son variables se han registrado paradas de hasta una semana para solventar este inconveniente”

4.2.1.1 Análisis de la entrevista con el operador

Una vez analizadas las respuestas del operador en el apartado anterior se pudo llegar a las siguientes consideraciones:

- El sistema carece de un análisis de falla o seguridad ya sea antes, durante o después del accionamiento, por un lado, dificultando la pronta determinación de la falla y por otro arriesgando la integridad física del personal obrero.

- Se presenta una falla en la etapa de elevación con cargas superiores a los 2500 Kg, que retrasan en un periodo considerable la continuidad del proceso de laminado.

4.2.2 Primera entrevista con el experto

Con el fin de servir de soporte se procedió a entrevistar a un experto en el área que pudiese validar los puntos críticos detectados en el sistema, para este caso se contará con la ayuda del ING. Gerson Sanchez, en el cargo de superintendente de ingeniería de mantenimiento con una antigüedad de 20 años.

- ¿Cuál cree que es la principal desventaja de los sistemas mecánicos a la hora de realizar trabajo pesado? ¿Y por qué?
“Pueden superar su capacidad nominal y fallar”
- ¿Considera una debilidad en el sistema de elevación del carro de entrada que este accionamiento se lleve a cabo con un tornillo sin fin?
“Es un sistema obsoleto, lo cual lo hace susceptible a grandes esfuerzos”
- ¿Para el sistema antes descrito considera más conveniente un mando manual, automático o ambas opciones? Y ¿Por qué?
“Por razones de seguridad debe trabajar en ambos modos”
- ¿Considera que la falla descrita por el operador es razón suficiente para proceder a un cambio de accionamiento para el carro de entrada? De ser así ¿qué tipo de accionamiento recomendaría? Y ¿Por qué?
“Al fallar el eje del actual sistema representa un problema ya que la sustitución del mismo no es posible, por lo tanto, un sistema oleohidráulico bien especificado es la solución”

4.2.2.1 Análisis de la primera entrevista con el experto

Gracias a la interpretación llevada a cabo sobre la entrevista al ING. Gerson Sanchez, se pudo constatar lo siguiente:

- El sistema actual se encuentra en obsolescencia y en considerable desventaja frente a la oleohidráulica al ser un sistema mecánico sometido a grandes esfuerzos.
- Es necesario instalar un sistema con la capacidad de funcionamiento tanto manual como automática desde el acceso del operador.

4.3 Fase III: “Diseño del modelo de un sistema de automatización oleohidráulica para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”

A continuación, se realizarán todas las acciones pertinentes al desarrollo y dimensionamiento del proyecto, sustentados en la previa investigación que forma parte de la justificación teórica de dicho proyecto con la finalidad de obtener el diseño de un sistema automatizado oleohidráulico para el carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa, que cumpla con características como eficiencia, seguridad y calidad.

4.3.1 Cálculo de los parámetros de diseño

Para realizar los cálculos de diseño se utilizó de apoyo el software Microsoft *Excel 2016*, en conjunto con todas las ecuaciones descritas en el capítulo II

4.3.1.1 Cálculo del cilindro oleohidráulico

Para el dimensionamiento del cilindro se utilizará un catálogo de cilindros hidráulicos estándar de la marca Parker, cuya fabricación será contemplada en acero SAE 1045 de barra cromada endurecida por inducción.

- **Cálculo del diámetro del vástago y pistón:** Mediante la ecuación 15 se obtendrá en primer lugar la longitud efectiva del vástago, el factor de fijación lo obtenemos de la figura 5 contemplando que se presenta el caso 1 (ver tabla 13).

Tabla 13. Cálculo de la longitud efectiva del vástago

Longitud	0.50	m
Factor de fijación	2.00	-
Longitud efectiva	1,000.00	mm

Fuente: Camacho (2021)

Ahora, para poder conocer los parámetros del cilindro se deben hallar los límites mínimos para la carga crítica, es por ello que se asume un posible fallo por pandeo, para lograr dimensionar el cilindro, así que se determina la carga crítica mediante la ecuación 20, asumiendo un factor de seguridad de 3.5 en función de la tarea que realizará el cilindro y el ambiente de trabajo en el cual este llevará a cabo su funcionamiento (ver tabla 14).

Tabla 14. Cálculo de la carga crítica

Fuerza de la carga	68,642.00	N
Coefficiente de seguridad	3.50	-
Carga crítica	240,247.00	N

Fuente: Camacho (2021)

Una vez conocida la carga crítica, se determina, el diámetro del vástago para su posterior evaluación, para ello se hará uso de la ecuación 21 (ver tabla 15) para la cual se obtendrá el módulo de elasticidad del acero de su ficha técnica (ver anexo C).

Tabla 15. Cálculo del diámetro mínimo del vástago

Módulo de elasticidad	165,474.17	N/mm ²
Diámetro	41.60	mm

Fuente: Camacho (2021)

Este valor, representa el diámetro mínimo necesario para evitar el fallo por pandeo del cilindro, por lo que solo servirá de referencia, así que utilizando la figura 6 y siguiendo las instrucciones del catálogo de cilindros hidráulicos Parker para la selección de vástagos y pistones se determinaron las siguientes dimensiones estandarizadas (ver tabla 16).

Tabla 16. Diámetro del vástago y pistón.

Diámetro del vástago	45.00	mm
Diámetro del pistón	63.00	mm

Fuente: Camacho (2021)

- **Cálculo de la presión en el pistón:** Se utilizará la ecuación 1 para determinar la presión necesaria en el pistón para llevar a cabo su elongación considerando su carga máxima (ver tabla 17).

Tabla 17. Cálculo de la presión máxima en el pistón.

Fuerza	68,642.00	N
Superficie	3,118.00	mm ²
Presión	220.00	bar

Fuente: Camacho (2021)

Una vez dimensionado el cilindro hidráulico se puede tener una idea de su modelado, en función de sus características físicas, como diámetros, áreas, carrera y presión máxima en estado de elongación, en la figura 18 se representan algunas de estas características, así como la presión máxima en función de la carga máxima admisible.

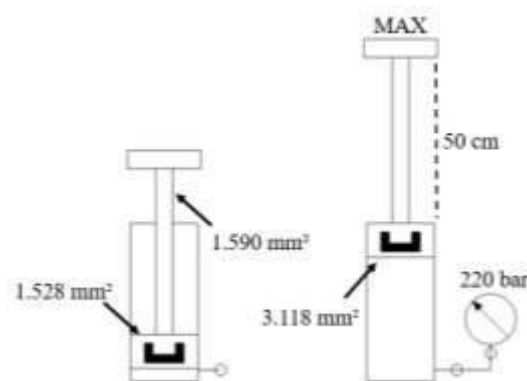


Figura 18. Características del cilindro

Fuente: Camacho (2021)

De esta manera, se encontraría ya dimensionado el cilindro por lo que accediendo al catálogo se puede ubicar un cilindro de la serie HMD con montaje

estilo HH (ver anexo D), este cilindro no solamente cumple con las características de dimensionamiento, sino que también presenta facilidades para el tipo de instalación, considerando que se ubicará de forma vertical, además el estilo de montaje posee especial apoyo al momento de realizar trabajos de empuje, en este caso, elevación.

4.3.1.2 Cálculo de la bomba hidráulica

Uno de las características más importantes de la bomba es, el caudal, para ello se necesita conocer el caudal con el que ingresará o deberá ingresar el aceite al cilindro, de ello depende la velocidad de elongación del vástago, para hallarlo se utilizará la ecuación 28 considerando la capacidad de la cámara del cilindro, así como un tiempo de elongación de 7.8 segundos, para obtener un valor de caudal entero y facilitar la selección de la bomba (ver tabla 18).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{Ec. 28})$$

Donde:

Q : Caudal (lt/min).

V : Volumen (lt).

t : Tiempo (seg).

Tabla 18. Cálculo del caudal de entrada al cilindro

Capacidad	1,564.00	cm ³
Tiempo	7.80	seg
Caudal	12.00	lt/min

Fuente: Camacho (2021)

Ahora bien, conocidos los parámetros como presión de trabajo y caudal de entrada al cilindro, se procedió a seleccionar una bomba de desplazamiento volumétrico variable de pistones axiales, marca Duplomatic, específicamente el modelo VPPL-0008PC5-R00B/20N, la cual incluye un regulador de presión máxima de 210 bar, un desplazamiento volumétrico de 8 cm³/rev, un rango de 500 a 2000 rpm y

una eficiencia mínima de 91% (ver anexo E). Debido a que el caudal dependerá directamente de la velocidad de la bomba, esta se deberá ajustar de manera que gire a la velocidad necesaria para lograr suministrar el caudal requerido, por ello mediante la ecuación 10, se determinará la velocidad de la bomba, para proporcionar un caudal de 12 lt/min.

Tabla 19. Cálculo de la velocidad de la bomba

Caudal	12.00	lt/min
Eficiencia	0.91	-
Desplaz. Volumétrico	8.00	cm ³ /rev
Velocidad	1,648.00	rpm

Fuente: Camacho (2021)

En vista de que la velocidad determinada no es un valor estándar (ver tabla 19), se debería entonces controlar la velocidad del motor acoplado a la bomba, ya sea mediante variador de frecuencia u otro medio para garantizar los parámetros hasta ahora descritos, sin embargo, se pudiese acoplar la bomba a algún motor de velocidad fija, considerando por supuesto que esto influirá directamente en el caudal del sistema y por ende en la velocidad de elongación del vástago, si las revoluciones del motor son mayores el vástago saldrá más rápido, y si son menores lo hará más lento.

Debido a que no se dispone de ningún controlador para la velocidad del motor y con la finalidad de reducir el costo de inversión, se dimensionará el proyecto en función de un motor eléctrico de 1800 rpm, por lo que se procederá a recalcular los parámetros para dicha velocidad (ver tablas 20 y 21). Es importante mencionar que las velocidades nominales de placa de los motores no son precisamente su velocidad de trabajo, por lo que probablemente el caudal y el tiempo de salida del vástago se vea afectado por este hecho.

Tabla 20. Cálculo del caudal de la bomba (1800 rpm)

Eficiencia	0.91	-
Desplaz. Volumétrico	8.00	cm ³ /rev
Velocidad	1,800.00	rpm
Caudal	13.10	lt/min

Fuente: Camacho (2021)

Tabla 21. Cálculo del tiempo de salida del vástago

Capacidad	1,564.00	cm ³
Caudal	13.10	lt/min
Tiempo	7.14	seg

Fuente: Camacho (2021)

Como se logra apreciar la diferencia de velocidad de la bomba produjo una reducción en el tiempo de elongación del vástago de aproximadamente 8.5% (ver tablas 18 y 21), precisamente debido a que dicha diferencia de velocidad también posee el mismo factor, pero en aumento, esto es producto de que el tiempo de elongación del vástago sea inversamente proporcional a la velocidad de la bomba, ahora bien, es necesario determinar si el tiempo de elongación del vástago es aceptable para el proceso, para ello se calculará la velocidad del mismo con la ecuación 29.

$$V = \frac{d}{t} \quad (\text{Ec. 29})$$

Donde:

V: Velocidad (m/seg).

d: Distancia (m).

t: Tiempo (seg).

Tabla 22. Cálculo de la velocidad de salida del vástago

Distancia	0.50	m
Tiempo	7.14	seg
Velocidad	0.07	m/seg

Fuente: Camacho (2021)

Al observar el resultado se puede apreciar que no es una velocidad muy alta, de hecho, comparando con el sistema actualmente instalado (0.12 m/seg) se puede

apreciar que esta es menor, por lo que podría considerarse como aceptable, ya que no pondrá en peligro ni a los operadores ni al proceso y tampoco es tan baja como para ocasionar pérdidas de tiempo en la producción.

4.3.1.3 Selección del motor eléctrico

Aunque anteriormente se definió la velocidad nominal con la que se elegirá el motor eléctrico, también se necesita evaluar su potencia eléctrica, para ello se utilizará la ecuación 11, donde se permitirá conocer la potencia eléctrica necesaria, para realizar el trabajo correctamente hasta la carga máxima considerada (ver tabla 23).

Tabla 23. Cálculo de la potencia del motor eléctrico

Presión	200.00	bar
Caudal	13.10	lt/min
Potencia	4.37	kW

Fuente: Camacho (2021)

Como resultado se obtiene que es necesaria una potencia de 4370 watts, que son aproximadamente 5.75 hp, ahora bien, debido a la necesidad de sobredimensionar un poco la potencia del motor, para evitar sobre-esfuerzos del mismo, se elegirá un motor trifásico de jaula de ardilla de 7.5 hp a 1800 rpm y 460 voltios, específicamente marca Meg, modelo 00718ET3E213T-S (ver anexo F)

4.3.1.4 Selección del aceite oleohidráulico

Para el fluido del sistema se seleccionó un aceite mineral de grado ISO VG 32 marca Shell (ver anexo G), el cual posee una buena estabilidad térmica, así como propiedades antidesgaste y versatilidad en uso industrial, tiene una viscosidad de 32 cSt a 40°C y de 328 cSt a 0°C , la selección se realizó mediante la figura 10 de viscosidad vs temperatura de diferentes grados de aceites, tomando en cuenta, las sugerencias acerca de la relación viscosidad-temperatura, así como el índice de viscosidad de dicho aceite y por supuesto la aplicación, ya que en este caso el fluido

solo realiza la labor de lubricar en los pistones dentro de la bomba, además claro de ser quien transmite a la energía para todo el sistema. De igual forma, los componentes de sistemas de transmisión de potencia oleohidráulica se encuentran probados a diferentes viscosidades, es por ello que se permite el uso de esta figura (figura 10) para la selección del aceite.

4.3.1.5 Velocidades en las líneas

Es importante conocer las velocidades que tendrá el fluido en los diferentes tramos o segmentos del sistema oleohidráulico, por lo que a continuación se presentará a detalle, tanto la velocidad como el diámetro del conducto para dicha velocidad en función del caudal ya calculado tomando en cuenta las características del catálogo Parker para mangueras hidráulicas de alta presión (ver tabla 24), con la intención de tabular las velocidades en función del caudal, para facilitar la selección de las mangueras, tomando en cuenta las velocidades recomendadas según su función en el capítulo II.

Tabla 24. Velocidades nominales en las líneas hidráulicas

Referencia	Diámetro Interno (mm)	Módulo	DN	Velocidad (m/s)
371LT-6	9.50	6	10	3.08
371LT-8	12.70	8	12	1.72
371LT-10	15.90	10	16	1.10
371LT-12	19.10	12	20	0.76
371LT-16	25.40	16	25	0.43

Fuente: Camacho (2021)

Cabe destacar que las velocidades se hallaron en función del caudal nominal entregado por la bomba o en su defecto el generado por el peso de la carga máxima sobre el cilindro con el vástago afuera.

4.3.1.6 Selección de las mangueras hidráulicas

Para la selección de las mangueras se utilizará un catálogo de mangueras hidráulicas de alta presión marca Parker específicamente el modelo 371LT, la cual cumple con todos los parámetros de trabajo como presión, temperatura y fluido de

trabajo, lo cual hace de este modelo una ventaja en comparación a los demás del catálogo, a continuación, se presentará tanto la selección de los diámetros como su función dentro del sistema (ver tabla 25), para ello se tomará en cuenta la velocidad de las líneas descritas en la tabla 24.

Tabla 25. Selección de las mangueras oleohidráulicas

Aplicación	Referencia	Diámetro (mm)
Conducto de succión	371LT-8	12.70
Conducto de presión	371LT-6	9.50
Conducto de retorno	371LT-8	12.70

Fuente: Camacho (2021)

4.3.1.7 Caídas de presión en válvulas y accesorios

Las caídas de presión en los componentes del sistema de transmisión de potencia oleohidráulica para el sistema de elevación del carro de entrada del laminador intermedio de la empresa CVG Alucasa se extraen de los anexos H, I y J, los cuales contemplan las fichas técnicas de los elementos a incorporar en el sistema; para esto solo se necesita conocer el caudal y por supuesto las características de dichos componentes (ver tabla 26).

Tabla 26. Velocidades nominales en las líneas hidráulicas

Elemento	Máxima caída de presión (bar)
Válvula antirretorno	2.50
Válvula proporcional "A"	4.50
Válvula proporcional "B"	4.50

Válvula de alivio	1.00
-------------------	------

Fuente: Camacho (2021)

4.3.1.8 Cálculo del filtro oleohidráulico

Para calcular el filtro de aceite de la línea de retorno, se considera un flujo máximo de 17 lt/min, considerando un umbral de 30% por encima del caudal de trabajo y la densidad del aceite que es 875 kg/m³

- **Finura del filtro:** De todo el sistema oleohidráulico, el elemento más costoso, de mayor cuidado y mantenimiento es la bomba de pistones, por ello será el elemento seleccionado para determinar la finura de filtrado, la cual según la tabla 3 resulta en un filtrado de 10 micras, cabe destacar que no se ha contemplado en el modelo ningún elemento que requiera un grado de filtrado más bajo.

En su totalidad se seleccionarán 2 filtros de marca Verion, en los cuales el de mejor filtrado será el ya calculado de 10 micras, sin embargo, según las consideraciones del fabricante es necesario incorporar un filtro de aproximadamente 150 micras en el proceso de succión, por lo que se procederá a determinar las caídas de presión de ambos filtros.

- Determinación de la caída de presión:** Para el cálculo de la caída de presión tanto en las carcacas como en los elementos filtrantes, se utilizarán el anexo K y las figuras 8 y 9, ambos filtros de marca Verion, uno modelo CF-S-100-04N-149X para el proceso de succión y otro modelo CF-S-100-04N-A10X, los dos con conexiones de ½ pulgada, pero de 149 y 10 micras respectivamente. A continuación, se presentarán las caídas de presión en los filtros (ver tabla 27).

Tabla 27. Caída de presión en los filtros del sistema

Elemento	Caída de presión en la carcaca (bar)	Caída de presión en el elemento filtrante(bar)
Filtro de succión	0.05	0.20
Filtro de retorno	0.05	0.40

Fuente: Camacho (2021)

4.3.1.9 Dimensionamiento del depósito de aceite

Como se mencionó en el capítulo II, un depósito de aceite ideal abarca 2 o 3 veces el caudal que puede succionar la bomba en un minuto, además de contener suficiente espacio como para que el aire se separe del fluido sin opción a que haya cavitación en la línea, para el dimensionamiento entonces se utilizará la ecuación 23 (ver tabla 28).

Tabla 28. Capacidad de aceite en el deposito

Caudal	13.10	lt/min
Factor de multiplicación	3.00	-
Volumen	39.30	Lt

Fuente: Camacho (2021)

Con la finalidad de satisfacer los requerimientos antes descritos se dimensionó el depósito con las siguientes medidas, 30x50x45 cm (ver figura 29), con estas medidas se garantiza un volumen total del tanque de más de 60 lt, sin embargo, solo

se utilizarán los 39,3 lt calculados en la tabla 28 para que de esta manera existan aproximadamente 13 cm entre el nivel máximo de aceite y la superficie del depósito, así como un altura aproximada de 27 cm del fluido dentro del mismo, y de esta manera poder cubrir completamente los elementos del sistema que se encontraran sumergidos en el depósito.

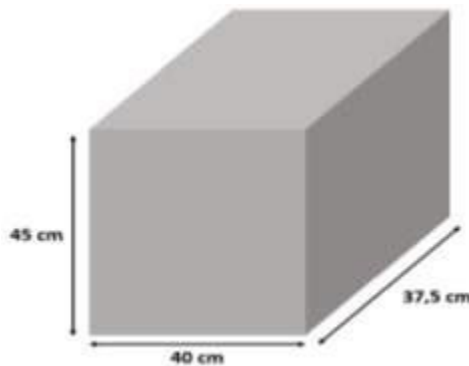


Figura 19. Dimensiones del depósito de aceite

Fuente: Camacho (2021)

Debido a que en el sistema actual ya se encuentra instalado un motor eléctrico se procederá a calcular todos los parámetros y elementos del sistema eléctrico y posteriormente se compararán con los componentes instalados, con la finalidad de determinar si existe la posibilidad de incorporar alguno de ellos en el modelo hidráulico que se diseña en la investigación.

4.3.1.10 Selección del conductor del sistema de potencia

La selección del conductor se realiza en función de la corriente exigida por la carga, así como las condiciones ambientales y demás factores mencionados en el capítulo II, en este caso, para el motor eléctrico se determinará su corriente por la tabla 7, y en vista de la temperatura ambiente se aplicarán los factores de corrección correspondientes según el tipo de cable que sea seleccionado según la tabla 6.

Según la tabla 7 para un motor de 7 ½ hp a 460 v corresponde una corriente nominal de 11 A, como la instalación será para un motor trifásico la canalización será de solo 3 conductores por lo que no existirá factor de corrección por la cantidad de

conductores, ni por ser carga continua, sin embargo, al ser la temperatura ambiente 40°C se debe aplicar un factor correspondiente según el tipo de cable que se vaya a seleccionar, por lo que la corriente final para determinar el conductor en función de los 11 A será: (ver tabla 29)

Tabla 29. Factor de corrección por temperatura

Tipo	Temperatura nominal	Factor	I para el cálculo (A)
TW	60°C	0.82	13.41
THW	75°C	0.88	12.50
THHW	90°C	0.91	12.08

Fuente: Camacho (2021)

Una vez obtenida la corriente se procederá a evaluar las alternativas existentes (ver tabla 30) según las ampacidades para los diferentes tipos de cables (ver anexo L) según el CEN considerando únicamente cables de cobre debido a su mejor rendimiento frente a los de aluminio.

Tabla 30. Opciones de conductores para el sistema de potencia

Material	Tipo	Temperatura nominal	Calibre	Capacidad (A)
Cobre	TW	60°C	14	20.00
Cobre	THW	75°C	14	20.00
Cobre	THHW	90°C	18	14.00

Fuente: Camacho (2021)

Analizando las opciones se puede observar que el conductor THHW es el que mejor se ajusta a la capacidad de corriente requerida, sin embargo, considerando que es el cable de menor calibre y podría dificultar los posteriores cálculos, se procederá a seleccionar 3#14 AWG THW de cobre y de color negro para las fases y 1#14 THW de cobre y de color verde para la tierra

4.3.1.11 Cálculo de la caída de tensión en el conductor

Para determinar la caída de tensión se deben conocer características específicas del conductor como resistividad y reactancia, para ello se utilizará el anexo M, en conjunto con la ecuación 28 (ver tabla 31).

Tabla 31. Calculo de la caída de tensión

Potencia aparente	6.14	KVA
Longitud del conductor	0.025	km
Resistividad	10.17	Ohm/km
Reactancia inductiva	0.19	Ohm/km
Tensión	0.46	kv
Factor de potencia	0.91	-
Caída de tensión	0.73	%

Fuente: Camacho (2021)

La máxima caída de tensión tolerable en sistemas de potencia es de 3% por lo que se puede decir que el dimensionamiento de los conductores se encuentra dentro del umbral de eficiencia en cuanto a la entrega de energía eléctrica del motor ya que la tensión entregada al motor seria de aproximadamente 456.64V.

4.3.1.12 Cálculo de la canalización

Para el transporte de los conductores se contempló usar tubería metálica rígida (RMC) en función de las características y condiciones del proceso, para evaluar el diámetro de dicha tubería se analizará la tabla 32 donde se expresan las capacidades de las tuberías RMC, en relación al calibre de los diferentes tipos de cable según su recubrimiento.

Tabla 32.
de
en tuberías

Table C.8 Maximum Number of Conductors or Fixture Wires in Rigid Metal Conduit (RMC)
(Based on Table 1, Chapter 9)

Type	CONDUCTORS															
	Conductor Size		Metric Designator (Trade Size)													
	(AWG/ kcmil)		16 (5)	21 (7 $\frac{1}{2}$)	27 (11)	35 (13 $\frac{1}{2}$)	41 (15)	53 (2)	63 (2 $\frac{1}{2}$)	78 (3)	91 (3 $\frac{1}{2}$)	103 (4)	129 (5)	155 (6)		
TW	14	0	15	25	44	59	98	140	216	288	370	581	839			
	12	7	12	19	33	45	75	107	165	221	284	446	644			
	10	5	9	14	25	34	56	80	123	164	212	332	480			
	8	3	5	8	14	19	31	44	68	91	118	185	267			
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	14	0	10	17	29	39	65	93	143	191	246	387	558			
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	12	5	8	13	23	32	52	75	115	154	198	311	448			
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	10	3	6	10	18	25	41	58	90	120	154	242	350			
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	8	1	4	6	11	15	24	35	54	72	92	145	209			

Capacidad
conductores
RMC

Fuente: Díaz y Larez (2017)

Como se pudo observar, para el cable seleccionado (THW calibre 14), es suficiente una tubería conduit de ½ pulgada, en la cual se pueden transportar hasta 6 conductores mientras que en el diseño actual solo se contemplan 4.

4.3.1.13 Cálculo del medio de desconexión

Para el medio de desconexión se debe retomar la corriente nominal del motor obtenida de la tabla 7, es decir, los 11 A, y aplicar un factor de 1.15, con ello se obtiene el ajuste mínimo del medio de desconexión del sistema (ver tabla 33).

Tabla 33. Calculo del ajuste del medio de desconexión

I nominal	11.00	A
Factor de corrección	1.15	-
Ajuste mínimo	12.65	A

Fuente: Camacho (2021)

Como medio de desconexión se pueden seleccionar tanto guardamotors como interruptores termomagnéticos, sin embargo, según los estándares, la selección del interruptor debería ser de 15 A, mientras que el Guardamotor puede ser ajustado en un rango más específico, por lo que debido a que este componente también pretende ser utilizado como protección contra cortocircuitos se procederá a plantear un

Guardamotor tripolar Siemens modelo S0 de 20 A con ajuste entre 14 y 20 A, el cual será evaluado una vez que se determine el ajuste mínimo para la protección de cortocircuito.

4.3.1.14 Cálculo de la protección contra cortocircuito y falla a tierra

El factor de corrección de corriente para esta protección depende del tipo de motor en que se instalará (ver tabla 8) y dado que se busca utilizar la misma protección de cortocircuito como medio de desconexión, se comparará, el calculado en este apartado (ver tabla 34) con el anterior.

Tabla 34. Calculo del ajuste de la protección contra cortocircuito

I nominal	11.00	A
Factor de corrección	2.50	-
Ajuste mínimo	27.50	A

Fuente: Camacho (2021)

Como es evidente, el elemento seleccionado como medio de desconexión no satisface la necesidad que demanda la protección contra cortocircuito, por lo que el anterior será descartado, y se procederá a seleccionar un Guardamotor tripolar Siemens modelo S2 de 32 A con ajuste entre 22A y 32A, para de esta manera poder satisfacer la exigencia del dispositivo como protección de cortocircuito y falla a tierra.

4.3.1.15 Cálculo del controlador del motor

Como es común en el entorno industrial, se utilizará un contactor para el control del motor, para dimensionarlo, se define la aplicación como servicio normal, por lo que, siguiendo la normativa del CEN, se utilizará la tabla 9 para determinar el tamaño del contactor, en función de tensión y corriente nominal (según la tabla 7), de esta manera, para un motor de 480V y 11A corresponde como mínimo un contactor NEMA 1 de 480V, ahora bien, para seleccionar la bobina de accionamiento del contactor se tendrá en consideración la tensión de línea disponible en el sistema, la cual es de 120V por lo que la bobina del contactor será seleccionada a esta tensión.

4.3.1.16 Cálculo de la protección contra sobrecargas

El dimensionamiento del relé térmico se realiza según el factor de servicio del motor y la temperatura ambiente, tal como indica la tabla 11, según las condiciones del sistema y las características del motor descritas en el anexo F, se procederá a evaluar las características del proceso para seleccionar el relé térmico que mejor se adecue a la aplicación (ver tabla 35).

Tabla 35. Calculo del ajuste de la protección contra sobrecargas

I nominal	11.00	A
Factor de corrección	1.25	-
Ajuste mínimo	13.75	A
Factor de corrección en caso de disparo	1.40	-
Ajuste mínimo en caso de disparo	15.40	A

Fuente: Camacho (2021)

Tal como se indicó en el capítulo II, dependiendo de la aplicación del motor existe la posibilidad de que el relé térmico se dispare durante el arranque del motor, en caso de que esto suceda se permite modificar el ajuste del relé a los valores de disparo calculados en la tabla 35, es por ello que se ha seleccionado un relé siemens modelo S2 con ajuste entre 11A y 16A, de esta manera se garantiza la posibilidad de ajustar el relé a cualquiera de los dos valores mínimos de disparo.

4.3.2 Demás elementos del sistema

4.3.2.1 Sensores inductivos

Para lograr identificar que el carro del laminador se encuentre en los puntos de interés durante su elevación o descenso, se utilizaran sensores inductivos de tipo PNP, los cuales le indicaran al PLC cuando haya presencia del carro en ese punto en específico, algunos de los sensores ya se encuentran instalados en el sistema actual, otros más fueron ubicados para un mejor funcionamiento del sistema permitiendo reducir la velocidad de elevación o descenso del carro cuando este se aproxime al final del recorrido.

4.3.2.2 Sensores fotoeléctricos de barrera

Con la finalidad de aumentar la seguridad de trabajo del carro y el personal, se dispondrán diferentes sensores fotoeléctricos modelo GD18/159 (emisor) y GV18/73/120 (receptor) con una distancia útil operativa de 20 m, estos se ubicaran, en los alrededores tanto del carro como del riel en el que este se desplaza, en un total de 4 parejas 2 a cada lado a 5 y 40 cm del suelo respectivamente, las cuales tendrán la función de determinar tanto si existe algún objeto o persona en las cercanías del carro, para que el sistema tome las precauciones pertinentes, la distribución de estos sensores se puede apreciar en la figura 19 y 20, mientras que en la figura 21 se puede observar un modelado de la ubicación en un proceso.

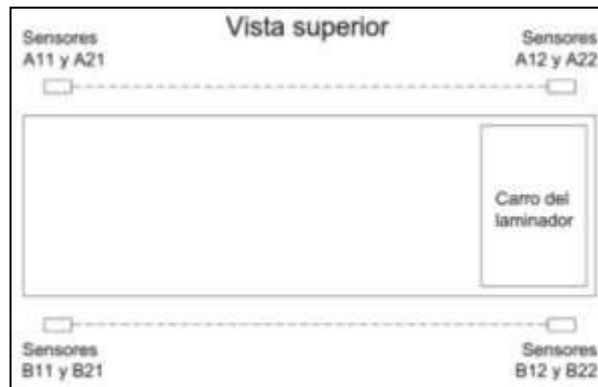


Figura 20. Vista superior ubicación de sensores fotoeléctricos

Fuente: Camacho (2021)

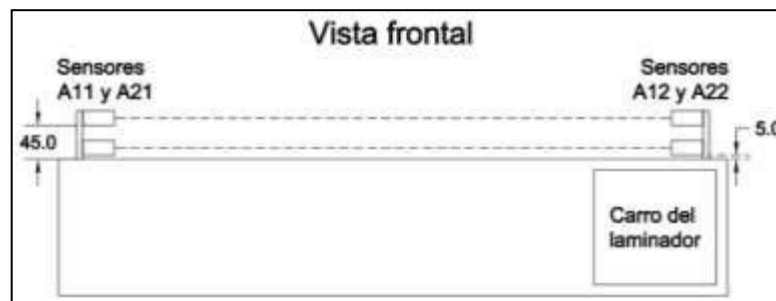


Figura 21. Vista frontal ubicación de sensores fotoeléctricos

Fuente: Camacho (2021)

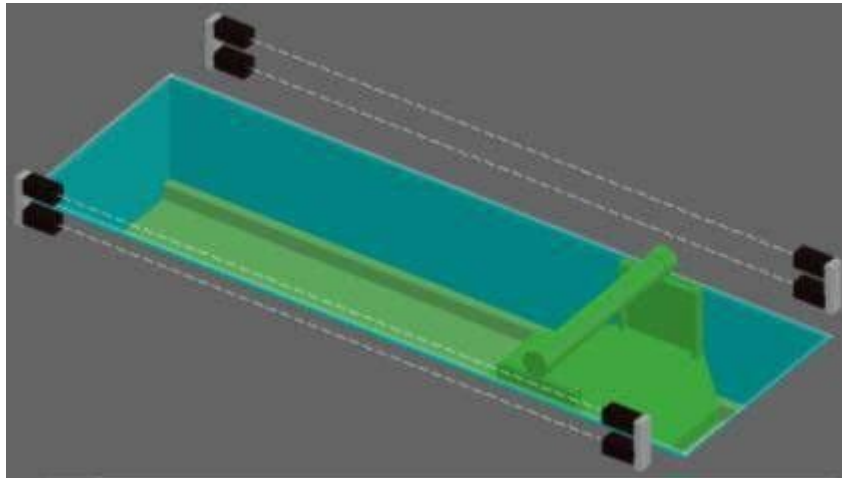


Figura 22. Modelado 3D ubicación de sensores fotoeléctricos

Fuente: Camacho (2021)

4.3.2.3 Sensor de presión

En los sistemas oleohidráulicos es de vital importancia conocer los valores de presión de los mismos, es por ello que se agregará un transmisor de presión en la toma del cilindro para conocer la presión con que este está trabajando y así el PLC pueda determinar la seguridad en este sentido del sistema y otro transmisor en la entrada de aceite para conocer la presión que suministra la bomba, además se añadirán dos manómetros al panel de control para que dicha presión también pueda ser vista por el operador o personal de mantenimiento.

4.3.2.4 Sensores de tipo limit-switch

Estos sensores ya forman parte del sistema, sin embargo, se consideró incluirlos en el diseño de la investigación, ya que son una muy buena opción para reconocer cuando el carro se encuentre en los finales del recorrido horizontal, la ubicación de estos

se puede
en la



sensores
apreciar
figura 22.

Figura 23. Vista superior ubicación de sensores limit-switch

Fuente: Camacho (2021)

4.3.2.5 Indicadores

Como en todo sistema industrial es necesario implementar diferentes indicadores para conocer ciertos parámetros del proceso, en este caso se usaran diferentes indicadores en el tablero de control, los cuales tendrán la función de indicar, cuando el sistema este energizado y listo para ser accionado, cuando este se encuentre detenido, cuando se haya accionado alguno de los botones de emergencia, cuando se encuentre en desplazamiento, ascenso o descenso y por ultimo cuando se produzca alguna falla, en este último punto además, se pretenden incluir 2 display 7 segmentos, los cuales serán controlados por una salida analógica del PLC mediante los integrados CA3162 y CA3162E (ver figura 22), los cuales permiten escalar una señal analógica entre -99 y 999 para ser indicada en 3 display 7 segmentos, sin embargo considerando las necesidades del proceso solo se utilizaran los 2 display más significativos, permitiendo obtener hasta 109 valores desde el -9 al 99

Sin embargo, estos integrados trabajan con niveles de tensión diferentes a los que puede proporcionar un PLC (-10V a 10V), por lo que los valores del display son reducidos a 73, sin embargo, es más que suficiente para las funciones que se pretenden llevar a cabo, ahora bien, el diagrama ladder desarrollado contempla los valores específicos que deben darse en la salida analógica para que los display indiquen el parámetro correspondiente, a continuación en la tabla 36 se indican tanto el parámetro como su descripción.

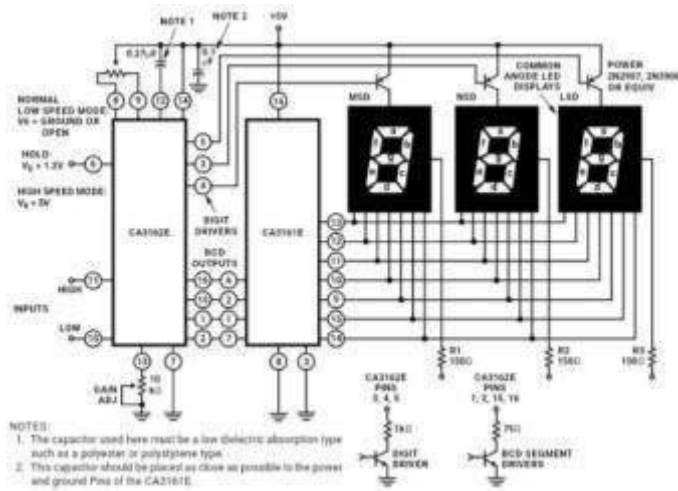


Figura 24. Diagrama circuital del display del tablero

Fuente: Camacho (2021)

Cuadro 1. Descripción del indicador numérico del tablero

Parámetro	Descripción
10	Sistema ok, listo para accionar
15	Emergencia activa
20	Interrupción sensores de presencia
30	Falta de presión en la entrada del sistema
32	Exceso de presión en la entrada del sistema
40	Falta de presión en el cilindro
42	Exceso de presión en el cilindro
45	Falta de presión crítica en el cilindro
50	Falla en descenso
52	Falla en ascenso
54	Falla en desplazamiento hacia adelante
56	Falla en desplazamiento hacia atrás

Fuente: Camacho (2021)

4.3.2.6 Pulsadores, interruptores y selectores

El accionamiento del carro se realizará a través de pulsadores normalmente abiertos, tanto para iniciar el sistema como para detener y apagar, de igual manera para movilizar el carro, se contará con 4 pulsadores, para ascender, descender,

avanzar y retroceder el carro del laminador, además se dispondrán diferentes interruptores normalmente cerrados para el circuito de emergencia, distribuidos en diferentes puntos del proceso y por último se instalará un selector para cambiar el modo de operación del carro entre automático y manual.

4.3.3 Funcionamiento del sistema de control

4.3.3.1 Inicialización y apagado

Para iniciar el sistema bastará con que el operador oprima el botón “Encendido” del tablero (ver figura 28), con esto el PLC analizará las señales correspondientes a sensores de presencia y de presión, para garantizar que es seguro accionar el carro de entrada, si la validación es positiva el display numérico del tablero indicará “10” tal como se indica en el cuadro 1, en caso de que la validación sea negativa se indicará un número diferente dentro de los descritos en dicho cuadro, correspondiente al parámetro que no se encuentre dentro de los valores de trabajo, ya sea presencia cerca del proceso o presión.

Por otro lado, para apagar el sistema bastará con presionar el botón “Apagar” del tablero, este puede ser utilizado con el carro en movimiento, sin embargo, se recomienda descender el carro completamente y detenerlo antes de apagar el sistema

4.3.3.2 Accionamiento

Si la validación es positiva y se pretende accionar el carro se deberá entonces seleccionar el modo de trabajo con un selector en el tablero (ver figura 28), para determinar si el accionamiento será manual o automático, en caso de que sea manual se deberá mantener presionado el botón del sentido y dirección en que se quiera hacer mover el carro (ver figura 27), ahora bien si se quiere trabajar en modo automático, basta con oprimir una sola vez el botón y el carro automáticamente realizará el recorrido hasta el final de ese trayecto, en cualquier momento que se desee detener el movimiento bastará con presionar el botón “Parada” del tablero

4.3.3.3 Fallas y emergencia

El sistema de control diseñado, permite contemplar fallas o alertas instantáneamente de presión y de presencia como se mencionó durante la inicialización, este análisis de señales perdura siempre y cuando el sistema este encendido, de igual manera si el circuito de emergencia se activa mediante sus pulsadores, en caso de que cualquiera de estos hechos sucedan, el sistema se detendrá automáticamente (si se encuentra trabajando en modo automático) o en su defecto impedirá ser accionado (si se encuentra en modo manual), a su vez indicará en el display un numero referente a la falla o alarma junto con su respectivo indicador (ver figura 26). Una vez que la falla o emergencia ha sido resuelta, se deberá oprimir el botón “Reset” del tablero (ver figura 28) y esperar que el display indique “10”, en caso de indicar otro valor, se deberá revisar el cuadro 1 para evaluar la falla que este indique.

4.3.3.4 Sistema de análisis de falla

Este sistema de análisis se diseñó con la finalidad de que el mismo controlador pudiese determinar la existencia de algunas fallas que pudiesen producirse durante el accionamiento del carro, consiste en iniciar un proceso donde el carro realiza un recorrido en sus cuatro ejes de movimiento, para determinar si existe algún inconveniente en alguno de estos movimientos el sistema cuenta con un temporizador, en caso de que el tiempo para alguno de los movimientos culmine y el carro aún no se lo haya efectuado, el sistema indicará que ocurrió una falla en dicho movimiento, para iniciar el proceso de análisis de falla el operador deberá ubicar el selector de trabajo en modo “Manual” y presionar el botón “Análisis de falla” (ver figura 27), una vez culminado el proceso, el carro se ubicará completamente descendido en la parte trasera del proceso y el display del tablero indicará “10” si no hubo inconvenientes, o algún otro número según el cuadro 1 en caso de alguna falla, en cualquier momento del proceso se puede detener mediante el botón “Parada” el cual detendrá dicho proceso y el carro quedará en estado de reposo a disposición de ser accionado.

4.3.4 Diagramas, planos y esquemas de diseño

A continuación, se presentarán los diferentes esquemas, modelos y planos que forman parte del diseño desarrollado en la investigación.

4.3.4.1. Tablero de control

En el tablero de control del operador se encontrarán todos los indicadores y controles que este posee para habilitar, movilizar o accionar el carro de entrada del laminador (ver figura 25).



Figura 25. Modelado del tablero de control

Fuente: Camacho (2021)

La zona superior del tablero contiene los indicadores de emergencia (emergencia) y falla (rojo) junto con el display encargado de indicar en qué punto del proceso se encuentra la falla si esta es determinada por el sistema de análisis de falla, según lo descrito en la tabla 36 (ver figura 23).



Figura 26. Tablero de control zona de indicadores

Fuente: Camacho (2021)

En la parte central del tablero se encuentran los botones de accionamiento del carro con su respectivo indicador luminoso (ver figura 24), estos permitirán accionar el carro en los cuatro movimientos posibles que requiere el proceso (subir, bajar, adelante y atrás) los cuales llevarán a cabo la acción correspondiente según las condiciones del proceso, así como detenerlo cuando este se encuentre en modo



automático.

Figura 27. Tablero de control zona de accionamiento

Fuente: Camacho (2021)

Por ultimo en la parte baja del tablero se encuentran los botones de emergencia, análisis de falla, reset de falla, encendido, apagado y el selector del modo de trabajo (manual o automático), estos permiten la habilitación o detención del accionamiento del carro en cualquier momento y en cualquier lugar del proceso (ver figura 25) así como en el caso del botón de análisis de falla, iniciar dicho proceso.



Figura 28. Tablero de control zona de habilitación

Fuente: Camacho (2021)

4.3.4.2. Planos del diseño oleohidráulico

Como se mencionó a lo largo de la investigación, el elemento principal para la elevación del carro es un cilindro oleohidráulico, para accionar el mismo se cuenta con un par de válvulas proporcionales, una para elevar y una para descender, ambas controladas por tensión de 0 a 10V, las cuales serán manipuladas directamente por el PLC, el tramo de succión contiene una válvula antirretorno posterior a la bomba por medidas de seguridad, así como una válvula de alivio para garantizar el flujo de aceite

de vuelta al depósito aun cuando la válvula de elevación se encuentre cerrada, el diagrama completo junto con la descripción de sus elementos se puede apreciar en el anexo N.

4.3.4.3. Planos eléctricos de potencia

En el sistema de potencia únicamente se tomará en cuenta el desplazamiento horizontal del carro y no el accionamiento del motor de la bomba hidráulica, esto es debido a que la empresa CVG Alucasa, contiene un sistema de distribución de presión de aceite para sus diferentes procesos, por lo que el dimensionamiento de la bomba hidráulica sirvió para verificar si el suplemento de la planta satisfacía las necesidades del sistema diseñado, resultando este apto para la demanda, sin embargo, en el desarrollo del proyecto se decidió incluir todo el dimensionamiento de la parte eléctrica incluyendo el motor con la intención de otorgarle un acabado completo e independiente a la propuesta, de tal manera que solo sería necesario añadir el control de la bomba hidráulica en el programa del PLC; el esquema eléctrico se puede ver en el anexo O.

4.3.4.4. Planos eléctricos de control

El diseño del diagrama de control indudablemente va de la mano con la programación del PLC, con la intención de ser lo más explícito posible, en este esquema se plasman tanto las conexiones de control en tableros y proceso como su propia entrada o salida relacionada dentro del código diseñado para el PLC, así como la identificación de los conductores y componentes a ser instalados, en el anexo O se pueden apreciar estos planos.

4.3.4.5. Diagrama ladder del controlador

Para la elaboración del diagrama escalera se utilizó el software TIA Portal de la empresa Siemens, donde se desarrolló todo el código correspondiente a las funciones del sistema descritas a lo largo de este capítulo, con una totalidad de 18 segmentos de código, los cuales pueden ser consultados a detalle en el anexo P y en conjunto con su descripción de variables en el anexo Q.

4.4 Fase IV: “Realización de un estudio de la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de un sistema oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa”

4.4.1 Factibilidad técnica

La base fundamental de la factibilidad técnica de la investigación radica en las amplias bases teóricas de la misma, así como la justificación de cada uno de los elementos a incorporar y su explícito dimensionamiento. Cada uno de los avances realizados fueron llevados a cabo tomando las consideraciones pertinentes tanto teóricas como las del proceso actual para garantizar la fiabilidad del sistema y de su funcionamiento. Sin embargo, se tomó en cuenta realizar una segunda entrevista al ING. Gerson Sanchez, con la intención de que este diera validez a los puntos clave de la investigación.

4.4.1.1 Segunda entrevista con el experto

- ¿Qué consideración tiene acerca de los parámetros dimensionados para el cilindro y demás componentes del sistema oleohidráulico en el diseño desarrollado?

“El dimensionamiento del cilindro es muy importante, ya que a través de este actuador se apreciará si su potencia útil aplicada para elevar el carro es la correcta, también el tamaño del cilindro es un reto para saber si puede ser instalado en el área designada para este elemento”

- ¿Cree que las características incluidas en la programación ladder del PLC representen un funcionamiento correcto del sistema? ¿Por qué?

“Hay que tener en cuenta que, para la propuesta solicitada, el PLC será aplicado solo para la inserción de las líneas de programa deseadas. Un buen desarrollo de las líneas de programa redundará en una correcta ejecución del proceso”

- ¿En su opinión considera que la integración de los sistemas tanto oleohidráulico, como eléctricos de control y potencia descritos en el diseño permitirían llevar a cabo todas las funciones especificadas en la investigación?

“Si porque en primer lugar se sustituye un arrancador eléctrico compuesto por contactores por un arreglo de válvulas para realizar las maniobras de elevación y descenso, a estas no hay que realizar mantenimiento de componentes eléctricos, lo cual representa un significativo ahorro, además de que el sistema oleohidráulico permitirá realizar maniobras más rápidas y efectivas”

- ¿Considera que existe algún parámetro o principio que no se haya tomado en consideración para el dimensionamiento del sistema dentro del diseño elaborado en la investigación? De ser así ¿Cuál?

“No, todos los parámetros mecánicos, eléctricos y de automatización fueron tomados en cuenta”

4.4.1.2 Análisis de la segunda entrevista con el experto

Considerando la opinión del ingeniero Sanchez y su amplia experiencia en el área, podría considerarse entonces que existe un respaldo técnico sobre el proyecto de investigación, aumentando la validez de todos los parámetros calculados y los equipos dimensionados, dando de esta manera un voto de confianza en cuanto a la factibilidad técnica de la investigación, certificando la posibilidad de que el modelo diseñado pueda satisfacer correctamente las demandas del proceso y significando una ventaja sobre el sistema actualmente instalado.

4.4.2 Factibilidad económica

La factibilidad económica se segmentará en dos apartados, por un lado, la capacidad de inversión de la empresa en función de otro tipo de sistemas industriales que pudiesen realizar el mismo funcionamiento y por otro lado las consecuencias de no realizar ninguna inversión y trabajar con el sistema actual. En primer lugar, es importante destacar que la investigación no consta en diseñar completamente el sistema de trabajo, sino en realizar las modificaciones necesarias para la mejora del sistema, lo que representaría claro una reducción de inversión si se compara con la instalación de un sistema completamente nuevo, el cual no solo tendría un valor más elevado sino también conllevaría mayor tiempo.

Por otro lado, el no realizar ningún tipo de inversión representaría enfrentarse frecuentemente a las fallas descritas por el operador cuando se operan con altas cargas, lo que se traduce en pérdidas de tiempo que se ven expresadas como pérdidas económicas, de tal manera que por ambos apartados se podría concluir que la puesta en marcha del diseño desarrollado en la investigación representaría una ventaja económica para la empresa.

4.4.3 Factibilidad social

En el ámbito social se puede destacar la actualización de un sistema obsoleto por uno moderno, viéndose mejorada la interacción de los operadores con el proceso, así como la inclusión de parámetros de seguridad para los mismos, permitiéndoles realizar su trabajo de manera no solo más cómoda sino también más segura, por otro lado si bien es cierto podría existir algún tipo de resistencia al cambio, esta podría reducirse sencillamente con nuevas inducciones para operar con el sistema actualizado.

4.4.4 Factibilidad ambiental

Podría considerarse que el diseño elaborada no posee ningún tipo de repercusión ambiental, de hecho, al no trabajar con químicos, procesos de quema de materiales, combustible o generación de desperdicios podría decirse que no posee ningún tipo de efecto sobre el ambiente, ya que el aceite utilizado simplemente realiza funciones de transmisión de energía y posee un periodo de vida considerablemente largo, las fugas que se pudiesen producir no atacan directamente al ambiente ni son vaciadas de ninguna manera, el único desecho que se pudiese generar sería el del material con el que se dispongan a limpiar las fugas de aceite que con el tiempo se pudiesen generar en los diferentes componentes del sistema oleohidráulico.

CONCLUSIONES

Una vez llevada a cabo la investigación se pudo demostrar algunas de las ventajas de los sistemas oleohidráulicos, en especial sobre los sistemas mecánicos, así como la necesidad que existe hoy en día de desarrollar al máximo los procesos industriales orientándolos e incluyéndolos en el mundo de la automatización, no simplemente por el hecho de que faciliten la operación de los procesos, sino también por la seguridad que estos pueden brindar a los trabajadores, sobre todo en ocasiones donde las condiciones de trabajo son críticas, ya sea con altas temperaturas, cargas pesadas, sistemas de elevación, succión, rodillos, entre otros; claro está, que en probablemente la mayoría o incluso todos los procesos industriales existe riesgo de daño o lesión, sin embargo, estos pueden ser reducidos, si se plantean los diseños correctos.

Además, también es un hecho que los sistemas automatizados representan una gran ventaja para el proceso, no solo por aumentar el tiempo de producción o la reducción de desperdicios, sino también por permitir mantener la calidad del mismo, lo cual es un factor primordial para todo fabricante, es por ello que, aunque la actualización de cualquier proceso pueda representar una inversión considerable, es necesario visualizar la empresa a futuro.

Ahora bien, tomando en cuenta los objetivos de la investigación, se logró realizar el diseño de un sistema capaz de operar bajo las necesidades del proceso, previniendo los principales fallos por los cuales el sistema actual no funciona

correctamente y a su vez incorporando características básicas en materia de seguridad y análisis de falla, siendo capaz el sistema de facilitar de cierta manera la búsqueda de cualquier tipo de avería, y además no solo presentar alarmas por posibles fallos sino bloquear completamente su operación como medida de seguridad. Sin embargo, es necesario que el operador tenga las precauciones pertinentes al realizar el accionamiento del carro, así como monitorear constantemente los niveles de presión y aceite del sistema incluso si estos parámetros están incluidos dentro del sistema de alarmas del proceso.

También es importante destacar la importancia de comprender con claridad los conceptos de cada una de las áreas del saber involucradas en la investigación, para poder comprender la complejidad del proyecto desarrollado, haciendo énfasis en la automatización, la oleohidráulica, la electrónica y la mecánica, ya que al no ser una investigación centrada en una sola rama o un grupo de ramas de la misma área, se podría creer que existen parámetros que se han pasado por alto, lo cual no sería más que un error, ya que cada uno de los parámetros descritos a lo largo de toda la investigación, no solamente se fundamentan en un sustento teórico sino que estos mismos fueron desarrollados en el capítulo II.

RECOMENDACIONES

- Incluir algún mecanismo de seguridad en caso de fallo de alguna de las válvulas mientras este afuera el cilindro
- Adaptar el accionamiento del carro a una interfaz HMI, donde aparte de operar el carro se puedan monitorear y modificar parámetros del sistema
- Incorporar sensores analógicos para ubicar tanto la posición del carro como su altura
- Añadir sensores de corriente para los motores y poder monitorearlos
- Instalar un variador de velocidad para el motor de la bomba hidráulica para poder manipular el caudal y con ello la velocidad máxima de elongación del vástago.
- Incluir en la programación del PLC la modificación de los parámetros necesarios para manipular a gusto la apertura de las válvulas proporcionales y con ellas la velocidad de elongación del vástago
- Modificar el diseño del carro de tal manera que se anule por completo la probabilidad de volcamiento del mismo
- Actualizar el PLC instalado por uno más moderno que contemple funciones que faciliten el sistema de accionamiento del carro

- Incluir tramos automatizados para el recorrido del carro en los puntos intermedios del recorrido horizontal, donde este se desplace con la ayuda de sensores, únicamente con una orden del operador
- Incluir un transmisor de nivel, para evaluar la cantidad de aceite existente en el depósito.
- Diseñar un plan de mantenimiento para el sistema oleohidráulico, con las actividades y frecuencia de las mismas.

REFERENCIAS

- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas, Venezuela: editorial Episteme.
- Bollain, M. (2018). **Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso**. Vol. 6. España: editorial Díaz de Santos.
- Bosch Automation (2010). **Hidráulica teoría y práctica**, Madrid., España: autor.
- Canales, R. (2019). **¿Por qué automatizar los procesos de una empresa?**
WebPicking. Recuperado de: <https://webpicking.com/por-que-automatizar-los-procesos-de-una-empresa>.
- Codelectra (1999). **Código eléctrico nacional**, Caracas, Venezuela: autor.
- Díaz, J. y Larez, A. (2017). **Sistemas industriales de potencia**. Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela: autor.
- Eaton Hydraulics training (1995). **Manual de oleohidráulica industrial**, 5ta edición. México D.F., México: editorial Blume S.A.
- Fialho, A. (2007). **Automação hidráulica**. [Automatización hidráulica]. 5ta edición. Sao Pablo, Brasil: editorial Érica Ltda.

- Fraile, J. (2003). **Maquinas eléctricas**. Madrid, España: editorial McGraw Hill.
- Hurtado, J. (2010). **Metodología de la investigación**. Caracas, Venezuela: editorial Quirón.
- Jiménez, S. (2019). **Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas**, 2da edición, Universitat Politecnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Llicahua, G. (2018). **Diseño de una compactadora oleohidráulica estacionaria de residuos sólidos de 9m³ para un proyecto piloto municipal**, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Mahmoud, G. y Mohamed, R. (2009). **Fluid power engineering**. [Ingeniería de energía fluida]. Nueva York, Estados Unidos: editorial McGraw Hill.
- Mannesmann Rexroth (1991). **Fundamentos y componentes de la oleohidráulica**, Madrid, España: autor.
- Mannesmann Rexroth (1992). **Proyecto y construcción de equipos hidráulicos**, Madrid, España: autor.
- Mijares, H. y García, L. (2007). **Manual de Investigación para trabajo especial de grado de la UJAP**. San Diego, Venezuela: editorial UJAP.
- Moreno, M. (2008). **Hidráulica industrial**. Buenos Aires, Argentina: editorial Automación micromecánica.
- Parker hannifin corporation (2001). **Tecnología hidráulica industrial**, Sao Pablo, Brasil: autor.
- Portero, C. (2012). **Neumática Básica, Circuitos neumáticos básicos**, Recuperado de: <https://crisportero.wordpress.com/2012/06/page/2/>.
- Ramos, E. (2017). **Diseño del sistema de transmisión de potencia oleohidráulica para la maquina moladora de ají de la empresa agroindustrias Famasa S.A.C**, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Sanchis, R. Romero, J. y Ariño, C. (2010). **Automatización industrial**. Universitat Jaume I. Castellón, España: editorial Publicaciones de la Universitat Jaume I.

- Sapiens, M. (2015). **Conceptos básicos de neumática e hidráulica. Neumática e Hidráulica**, Recuperado de: http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica2.htm.
- Schmitt, G. (1990). **Información y enseñanza de la hidráulica**, Madrid, España: editorial Mannesmann Rexroth.
- Serrano, A. (2002). **Oleohidráulica**. Madrid, España: editorial McGraw Hill.
- Universidad del país vasco san Sebastián Donostia (2007). **Sistemas neumáticos y oleohidráulicos**, Guipúzcoa., España: autor.
- Vanegas, J. (2017). **Automatización de prensa hidráulica HPM**. Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia.
- Vilaboa, J. (2004). **Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile**. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Tarapacá, 12(1), pp. 33-41.
- Yunus, C. y Cimbala, Y. (2012). **Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones**, 4ta edición. Nueva York, Estados Unidos: editorial McGraw Hill.

ANEXOS

Anexo A. Símbolos oleohidráulicos norma ISO 1219-1

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Fuentes de energía	
Hidráulica	
Pneumática	
Motor eléctrico	
Unidad de accionamiento, excepto motor eléctrico	
Transformación y acumulación de la energía	
Bombas y motores hidráulicos	
Bomba constante, general	
Bomba constante, 1 sentido de flujo, 1 sentido de giro	
Bomba variable, 2 sentidos de flujo, 1 sentido de giro, conexión de fugas	
Motor constante, 2 sentidos de flujo, 2 sentidos de giro	
Bomba/Motor constante, 1 sentido de flujo, 1 sentido de giro	
Bomba/Motor variable, variación manual 2 sentidos de flujo, 2 sentidos de giro, conexión de fugas	
Motor hidráulico basculable	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Reductor hidráulico compacto	
Bomba variable con compensador de presión, 1 sentido de flujo, 1 sentido de giro, conexión de fugas	
Bomba/Motor variable con compensador de presión, 2 sentidos de flujo, 2 sentidos de giro, conexión de fugas	
Cilindro hidráulico Cilindro hidráulico de acción simple, carrera de retorno por carga de presión, cámara del pistón unida con el tanque	
Cilindro hidráulico de acción doble, vástago unilateral, amortiguación ajustable de am- bos lados del pistón	
Cilindro hidráulico telescópico, efecto simple	
Cilindro hidráulico telescópico, efecto doble	
Acumulador hidráulico	
Sin precompresión	
Con precompresión del gas	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Botella de gas a presión sólo en posición vertical	
Mando y regulación de energía Válvulas direccionales	
Válvula con 2 posiciones de conmutación y 1 posición de transición	
Válvula con 2 posiciones finales e infinitas posiciones de transición	
Válvula con 3 posiciones definidas e infinitas posiciones de transición	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 2 conexiones, posición inicial cerrada, 2 sentidos de flujo	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 2 conexiones, posición inicial abierta, 2 sentidos de flujo	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 3 conexiones, posición inicial abierta, 2 sentidos de flujo	
Válvula direccional 2/2 vías, 2 conexiones, 2 posiciones de conmutación	
Válvula direccional 3/2 vías, 3 conexiones, 2 posiciones de conmutación, 1 posición transitoria, accionamiento por solenoide, posición inicial definida por resorte	
Válvula direccional 5/2 vías, 5 conexiones, 2 posiciones de conmutación, accionamiento por carga de presión en ambos sentidos	

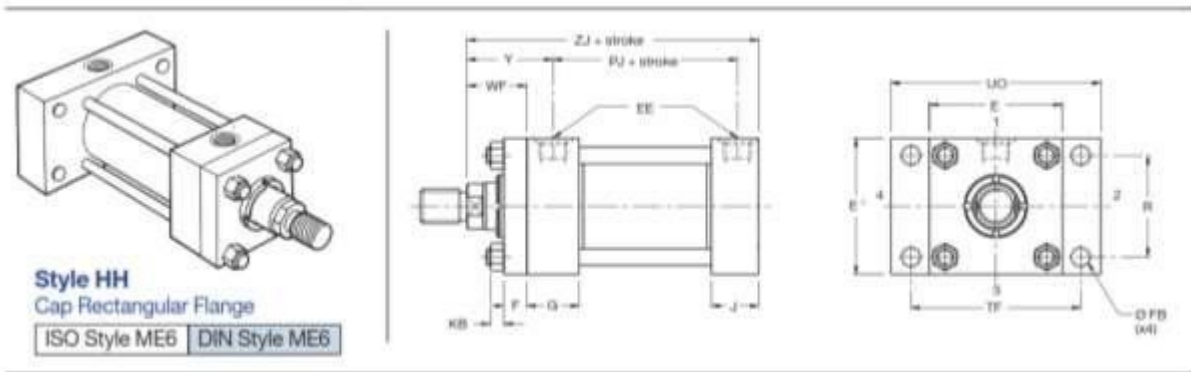
Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Válvula direccional 4/3 vías, (representación detallada) accionamiento electrohidr., 4 conexiones, 3 posiciones de conmutación, posición media centrada por resorte, accionamiento de emergencia, retorno externo de aceite piloto	
(representación simplificada)	
Válvula direccional 4/3 vías, (representación detallada) accionam. electrohidráulico, 4 conexiones, 3 posiciones de conmutación, posición media centrada por resorte, accionam. de emergencia, retorno externo de aceite piloto	
(representación simplificada)	
Válvulas continuas Válvula continua, recubrimiento negativo	
Válvula continua, recubrimiento positivo	
Servoválvula direc. 4/3 vías (ejemplo típico)	
Válvulas antirretorno/ Válvulas de cierre	
Válvula antirretorno, sin carga	
Válvula antirretorno, carga por resorte	
Válv. antirretorno, precomandada, sin pretensión por resorte	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Simbolos
Válvula antirretorno, precomandada, con pretensión por resorte	
Válvula alternadora	
Válvula de purgado	
Válvulas de presión	
Válvula limitadora de presión, mando directo, alimentación interna de aceite piloto.	
Válvula limitadora de presión, mando directo, retorno externo de aceite piloto	
Válvula limitadora de presión, precomandada, alimentación y retorno exter- nos de aceite piloto	
Válvula limitadora de presión, precomandada, descarga accionada eléctricamente, alimentación interna de aceite piloto, retorno exter- no de aceite piloto	
Válvula reductora de presión de 2 vías, mando directo, alimentación interna de aceite piloto.	
Válvula reductora de presión de 2 vías, precomandada, alimentación interna de aceite piloto, retor- no externo de aceite piloto	
Válvula reductora de presión de 3 vías, mando directo, retorno interno de aceite pilo- to.	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Simbolos
Válvulas de flujo	
Válvula estranguladora, ajusta- ble	
Válvula de cierre	
Válvula de retardo	
Válvula antirretorno-estrangu- ladora	
Válvula reguladora de flujo de 2 vías, con balanza compensa- dora de presión	
Válvula reguladora de flujo de 2 vías, con compensación de presión y de temperatura	
Válvula reguladora de flujo de 3 vías, con compensación de presión y de temperatura	
Divisor de caudal	
Válvulas insertables de 2 vías (elementos lógicos)	
Válvula direccional, libre de fu- gas, diversas superficies efec- tivas	
Válvula reguladora de flujo	

Fuente: <https://www.iso.org/standard/60184.html>

Anexo D. Ficha técnica del cilindro oleohidráulico



Dimensions – JJ, HH & C See Rod End Dimensions, page 28 & Mounting Information, page 19

Bore Ø	E	EE (BSP) inches	F max	FB	G	J	KB	LH h10	R	SB	ST	SW	TF	TS	UO	US	WF	XS	Y	+ Stroke			
																				PJ	SS	ZB max	ZJ
25	40	G ¹ / ₄	10	5.5	40	25	4	19	27	6.6	8.5	8	51	54	65	72	25	33	50	53	72	121	114
32	45	G ¹ / ₄	10	6.6	40	25	5	22	33	9	12.5	10	58	63	70	84	35	45	60	58	72	137	128
40	64	G ¹ / ₂	10	11	45	38	6.5	31	41	11	12.5	10	87	83	110	103	35	45	62	73	97	166	153
50	76	G ¹ / ₂	16	14	45	38	10	37	52	14	19	13	105	102	130	127	41	54	67	74	91	176	159
63	90	G ¹ / ₂	16	14	45	38	10	44	65	18	26	17	117	124	145	161	48	65	71	80	85	185	168
80	115	G ¹ / ₂	20	18	50	45	13	57	83	18	26	17	149	149	180	186	51	68	77	93	104	212	190
100	130	G ¹ / ₂	22	18	50	45	13	63	97	26	32	22	162	172	200	216	57	79	82	101	101	225	203
125	165	G1	22	22	58	58	18	82	126	26	32	22	208	210	250	254	57	79	86	117	130	260	232
160	205	G1	25	26	58	58	22	101	155	33	38	29	253	260	300	318	57	86	86	130	129	279	245
200	245	G1 ¹ / ₄	25	33	76	76	24	122	190	39	44	35	300	311	360	381	57	92	98	165	171	336	299

All dimensions are in millimetres unless otherwise stated.

Anexo L. Ampacidad de los conductores según su aislamiento

Size AWG or kcmil	Temperature Rating of Conductor (See Table 310.13.)						Size AWG or kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE- 2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUM			
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500

Anexo M. Resistividad y reactancia de los conductores

Calibre	OHM A NEUTRO (POR KM)														
	X _L (Reactancia Inductiva para todos los conductores)		Resistencia CA para Conductores de cobre sin revestimiento			Resistencia CA para conductores de aluminio			Impedancia efectiva (Z) a FP=0,85 para conductores de cobre sin revestimiento			Impedancia efectiva (Z) a FP=0,85 para Conductores de Aluminio.			
	AWG	Tubo PVC	Tubo Al	Tubo Acero	Tubo PVC	Tubo Al	Tubo Acero	Tubo PVC	Tubo Al	Tubo Acero	Tubo PVC	Tubo Al	Tubo Acero	Tubo PVC	Tubo Al
14	0.19	0.24	10.17	10.17	10.17	-	-	-	8.86	8.86	8.86	-	-	-	
12	0.18	0.22	6.56	6.56	6.56	10.50	10.50	10.50	5.58	5.58	5.58	9.18	9.18	9.18	
10	0.16	0.21	3.94	3.94	3.94	6.56	6.56	6.56	3.61	3.61	3.61	5.90	5.90	5.90	
8	0.17	0.21	2.56	2.56	2.56	4.26	4.26	4.26	2.26	2.26	2.30	3.61	3.61	3.61	
6	0.17	0.21	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36	
4	0.16	0.20	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51	
3	0.15	0.19	0.82	0.82	0.82	1.31	1.34	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21	
2	0.15	0.19	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98	
1	0.15	0.19	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82	
1/0	0.14	0.18	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66	
2/0	0.14	0.18	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52	
3/0	0.14	0.17	0.25	0.27	0.26	0.43	0.43	0.43	0.29	0.30	0.31	0.43	0.43	0.46	
4/0	0.13	0.17	0.20	0.22	0.21	0.33	0.36	0.33	0.24	0.26	0.26	0.36	0.36	0.36	
250	0.13	0.17	0.17	0.19	0.18	0.28	0.30	0.28	0.22	0.23	0.24	0.31	0.32	0.33	
300	0.13	0.17	0.14	0.16	0.15	0.23	0.25	0.24	0.19	0.21	0.21	0.27	0.28	0.29	
350	0.13	0.16	0.12	0.14	0.13	0.20	0.22	0.21	0.17	0.19	0.20	0.24	0.25	0.26	
400	0.13	0.16	0.11	0.12	0.11	0.18	0.19	0.18	0.16	0.17	0.18	0.22	0.23	0.24	
500	0.13	0.16	0.09	0.10	0.10	0.14	0.16	0.15	0.14	0.16	0.16	0.19	0.20	0.21	
600	0.13	0.16	0.08	0.09	0.08	0.12	0.13	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.19	
750	0.12	0.16	0.06	0.08	0.07	0.10	0.11	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	
1000	0.12	0.15	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.10	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	

Lista de los componentes hidráulicos

Ítem	Descripción
1	Deposito
2	Filtro de succión
3	Filtro de línea de alivio
4	Bomba hidráulica
5	Motor eléctrico
6	Válvula antirretorno
7	Válvula de alivio
8	Sensor de presión entrada de aceite
9	Válvula proporcional de ascenso
10	Válvula proporcional de descenso
11	Sensor de presión del cilindro
12	Cilindro oleohidráulico

Cuadro 1. Cronograma de actividades

Actividades	Tiempo									
	JUL 2020	AGO 2020	SEP 2020	OCT 2020	NOV 2020	DIC 2020	ENE 2021	FEB 2021	MAR 2021	Total (meses)
Diagnosticar la situación actual de operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa	X	X								2
Identificar los puntos críticos en la operación del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa		X	X							2
Diseñar el modelo de un sistema de automatización oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa				X	X	X	X			4
Realizar un estudio de la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de un sistema oleohidráulico para el accionamiento del carro de entrada del laminador intermedio en la empresa CVG Alucasa							X	X		2
Entrega final de trabajo de grado									X	1

Fuente: Camacho (2020)

REFERENCIAS

- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas, Venezuela: editorial Episteme.
- Bollain, M. (2018). **Ingeniería de instrumentación de plantas de proceso**. Vol. 6. España: editorial Díaz de Santos.
- Bosch Automation (2010). **Hidráulica teoría y práctica**, Madrid., España: autor.
- Canales, R. (2019). **¿Por qué automatizar los procesos de una empresa?**
WebPicking. Recuperado de: <https://webpicking.com/por-que-automatizar-los-procesos-de-una-empresa>.
- Codelectra (1999). **Código eléctrico nacional**, Caracas, Venezuela: autor.
- Díaz, J. y Larez, A. (2017). **Sistemas industriales de potencia**. Universidad José Antonio Páez, Carabobo, Venezuela: autor.
- Eaton Hydraulics training (1995). **Manual de oleohidráulica industrial**, 5ta edición. México D.F., México: editorial Blume S.A.
- Fialho, A. (2007). **Automação hidráulica**. [Automatización hidráulica]. 5ta edición. Sao Pablo, Brasil: editorial Érica Ltda.
- Fraile, J. (2003). **Maquinas eléctricas**. Madrid, España: editorial McGraw Hill.
- Hurtado, J. (2010). **Metodología de la investigación**. Caracas, Venezuela: editorial Quirón.
- Jiménez, S. (2019). **Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas**, 2da edición, Universitat Politecnica de Catalunya, Cataluña, España.
- Llicahua, G. (2018). **Diseño de una compactadora oleohidráulica estacionaria de residuos sólidos de 9m³ para un proyecto piloto municipal**, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Mahmoud, G. y Mohamed, R. (2009). **Fluid power engineering**. [Ingeniería de energía fluida]. Nueva York, Estados Unidos: editorial McGraw Hill.

- Mannesmann Rexroth (1991). **Fundamentos y componentes de la oleohidráulica**, Madrid, España: autor.
- Mannesmann Rexroth (1992). **Proyecto y construcción de equipos hidráulicos**, Madrid, España: autor.
- Mijares, H. y García, L. (2007). **Manual de Investigación para trabajo especial de grado de la UJAP**. San Diego, Venezuela: editorial UJAP.
- Moreno, M. (2008). **Hidráulica industrial**. Buenos Aires, Argentina: editorial Automación micromecánica.
- Parker hannifin corporation (2001). **Tecnología hidráulica industrial**, Sao Pablo, Brasil: autor.
- Portero, C. (2012). **Neumática Básica, Circuitos neumáticos básicos**, Recuperado de: <https://crisportero.wordpress.com/2012/06/page/2/>.
- Ramos, E. (2017). **Diseño del sistema de transmisión de potencia oleohidráulica para la maquina moledora de ají de la empresa agroindustrias Famasa S.A.C**, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Sanchis, R. Romero, J. y Ariño, C. (2010). **Automatización industrial**. Universitat Jaume I. Castellón, España: editorial Publicaciones de la Universitat Jaume I.
- Sapiens, M. (2015). **Conceptos básicos de neumática e hidráulica. Neumática e Hidráulica**, Recuperado de: http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica2.htm.
- Schmitt, G. (1990). **Información y enseñanza de la hidráulica**, Madrid, España: editorial Mannesmann Rexroth.
- Serrano, A. (2002). **Oleohidráulica**. Madrid, España: editorial McGraw Hill.
- Universidad del país vasco san Sebastián Donostia (2007). **Sistemas neumáticos y oleohidráulicos**, Guipúzcoa., España: autor.
- Vanegas, J. (2017). **Automatización de prensa hidráulica HPM**. Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia.

- Vilaboa, J. (2004). **Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile**. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Tarapacá, 12(1), pp. 33-41.
- Yunus, C. y Cimbalá, Y. (2012). **Mecánica de fluidos, fundamentos y aplicaciones**, 4ta edición. Nueva York, Estados Unidos: editorial McGraw Hill.

ANEXOS

Anexo A. Símbolos oleohidráulicos norma ISO 1219-1

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Fuentes de energía	
Hidráulica	
Neumática	
Motor eléctrico	
Unidad de accionamiento, excepto motor eléctrico	
Transformación y acumulación de la energía	
Bombas y motores hidráulicos	
Bomba constante, general	
Bomba constante, 1 sentido de flujo, 1 sentido de giro	
Bomba variable, 2 sentidos de flujo, 1 sentido de giro, conexión de fugas	
Motor constante, 2 sentidos de flujo, 2 sentidos de giro	
Bomba/Motor constante, 1 sentido de flujo, 1 sentido de giro	
Bomba/Motor variable, variación manual, 2 sentidos de flujo, 2 sentidos de giro, conexión de fugas	
Motor hidráulico basculable	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Reductor hidráulico compacto	
Bomba variable con compensador de presión, 1 sentido de flujo, 1 sentido de giro, conexión de fugas	
Bomba/Motor variable con compensador de presión, 2 sentidos de flujo, 2 sentidos de giro, conexión de fugas	
Cilindro hidráulico	
Cilindro hidráulico de acción simple, carrera de retorno por carga de presión, cámara del pistón unida con el tanque	
Cilindro hidráulico de acción doble, vástago unilateral, amortiguación ajustable de ambos lados del pistón	
Cilindro hidráulico telescópico, efecto simple	
Cilindro hidráulico telescópico, efecto doble	
Acumulador hidráulico	
Sin precompresión	
Con precompresión del gas	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Botella de gas a presión sólo en posición vertical	
Mando y regulación de energía Válvulas direccionales	
Válvula con 2 posiciones de conmutación y 1 posición de transición	
Válvula con 2 posiciones finales e infinitas posiciones de transición	
Válvula con 3 posiciones definidas e infinitas posiciones de transición	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 2 conexiones, posición inicial cerrada, 2 sentidos de flujo	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 2 conexiones, posición inicial abierta, 2 sentidos de flujo	
Válvula con 2 posiciones de conmutación, 3 conexiones, posición inicial abierta, 2 sentidos de flujo	
Válvula direccional 2/2 vías, 2 conexiones, 2 posiciones de conmutación	
Válvula direccional 3/2 vías, 3 conexiones, 2 posiciones de conmutación, 1 posición transitoria, accionamiento por solenoide, posición inicial definida por resorte	
Válvula direccional 5/2 vías, 5 conexiones, 2 posiciones de conmutación, accionamiento por carga de presión en ambos sentidos	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Símbolos
Válvula direccional 4/3 vías, (representación detallada) accionamiento electrohidr., 4 conexiones, 3 posiciones de conmutación, posición media centrada por resorte, accionamiento de emergencia, retorno externo de aceite piloto	
(representación simplificada)	
Válvula direccional 4/3 vías, (representación detallada) accionam. electrohidráulico, 4 conexiones, 3 posiciones de conmutación, posición media centrada por resorte, accionam. de emergencia, retorno externo de aceite piloto	
(representación simplificada)	
Válvulas continuas Válvula continua, recubrimiento negativo	
Válvula continua, recubrimiento positivo	
Servoválvula direc. 4/3 vías (ejemplo típico)	
Válvulas antirretorno/ Válvulas de cierre	
Válvula antirretorno, sin carga	
Válvula antirretorno, carga por resorte	
Válv. antirretorno, precomandada, sin pretensión por resorte	

Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Simbolos
Válvula antirretorno, precomandada, con pretensión por resorte	
Válvula alternadora	
Válvula de purgado	
Válvulas de presión	
Válvula limitadora de presión, mando directo, alimentación interna de aceite piloto.	
Válvula limitadora de presión, mando directo, retorno externo de aceite piloto	
Válvula limitadora de presión, precomandada, alimentación y retorno exter- nos de aceite piloto	
Válvula limitadora de presión, precomandada, descarga accionada eléctricamente, alimentación interna de aceite piloto, retorno exter- no de aceite piloto	
Válvula reductora de presión de 2 vías, mando directo, alimentación interna de aceite piloto.	
Válvula reductora de presión de 2 vías, precomandada, alimentación interna de aceite piloto, retor- no externo de aceite piloto	
Válvula reductora de presión de 3 vías, mando directo, retorno interno de aceite pilo- to.	













Denominación/ Aclaraciones, ejemplos	Simbolos
Válvulas de flujo	
Válvula estranguladora, ajusta- ble	
Válvula de cierre	
Válvula de retardo	
Válvula antirretorno-estrangu- ladora	
Válvula reguladora de flujo de 2 vías, con balanza compensa- dora de presión	
Válvula reguladora de flujo de 2 vías, con compensación de presión y de temperatura	
Válvula reguladora de flujo de 3 vías, con compensación de presión y de temperatura	
Divisor de caudal	
Válvulas insertables de 2 vías (elementos lógicos)	
Válvula direccional, libre de fu- gas, diversas superficies efec- tivas	
Válvula reguladora de flujo	

Fuente: <https://www.iso.org/standard/60184.html>

Anexo B. Simbología para diagramas P&ID norma ISA-S5.1














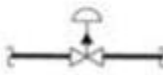
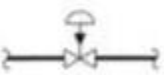
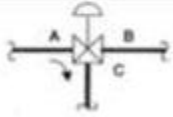
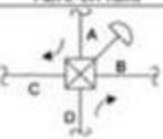
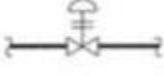

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	Montado en campo o localmente
	Montado en el panel principal, accesible al operador
	Montado detrás del panel o consola de instrumentos (no accesible al operador)
	Montado en tablero o panel de instrumentos auxiliar
	Montado en panel auxiliar, no accesible

	Montado en Tablero	Montado en Campo	Ubicación Auxiliar.
	Normalmente accesible al operador		Normalmente accesible al operador.
Instrumento Discreto o Aislado			
Display compartido, Control compartido.			
Función de Computadora			
Control Lógico Programable			

	Conexión a proceso, enlace mecánico, o alimentación de instrumentos.
	Señal indefinida
	Señal Eléctrica
	Señal Hidráulica
	Señal Neumática
	Señal electromagnética o sónica (guiada)
	Señal electromagnética o sónica (no guiada)
	Señal neumática binaria
	Señal eléctrica binaria
	Tubo capilar
	Enlace de sistema interno (software o enlace de información)
	Enlace mecánico

Fuente: <https://tableroalparque.weebly.com>

Anexo C. Simbología de instrumentos para diagramas P&ID norma ISA-S5.3

			
Símbolo general	Ángulo	Mariposa	Obturador rotativo o válvula de bola
			
Tres vías	Cuatro vías	Globo	Diafragma
			
Preferido para cualquier cilindro	Actuador manual	Electrohidráulico	
			
Solenoide	Para Válvula de alivio o de seguridad		
			
Abre en fallo	Cierra en fallo	Abre en fallo a vía A-C	
			
Abre en fallo a vías A-C y D-B	Se bloquea en fallo	Posición indeterminada en fallo	

Fuente: <https://tableroalparque.weebly.com>