



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**REDISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO UTILIZADO PARA LEVANTAR EL  
HORNO DE GALVANIZADO EN UNA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE**

**GIOVANNI LUCIANO VELÁSQUEZ CHIGUIL**

**Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez**

**Guatemala, marzo de 2006**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO UTILIZADO PARA LEVANTAR EL  
HORNO DE GALVANIZADO EN UNA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**GIOVANNI LUCIANO VELÁSQUEZ CHIGUIL**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. César Leonel Ovalle Rodríguez
EXAMINADOR:	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR:	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
SECRETARIO:	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**REDISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO UTILIZADO PARA LEVANTAR EL  
HORNO DE GALVANIZADO EN UNA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 21 de febrero de 2005



**Giovanni Luciano Velásquez Chiguil**

Guatemala, 3 de noviembre de 2005

Ingeniero  
Francisco Gómez  
Director de Escuela Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Por medio de la presente me es grato comunicarle que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado **“REDISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO UTILIZADO PARA LEVANTAR EL HORNO DE GALVANIZADO EN UN PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE”**, desarrollado por el estudiante Giovanni Luciano Velásquez Chiguil.

Considero que el trabajo realizado cumple con los objetivos establecidos llenando los requisitos académicos y de práctica necesaria, en virtud de lo cual, lo doy por aprobado, solicitando darle el trámite correspondiente.

Atentamente,



CARLOS H. PEREZ  
ING. MECANICO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Colegiado 3071

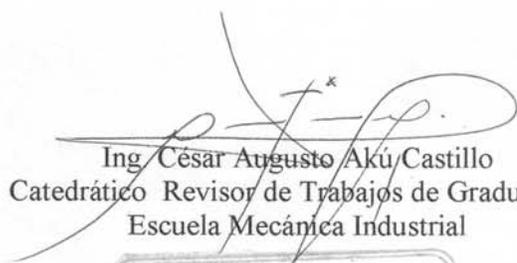
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO UTILIZADO PARA LEVANTAR EL HORNO DE GALVANIZADO EN UNA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE**, presentada por el estudiante universitario **Giovanni Luciano Velásquez Chiguil**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. César Augusto Akú Castillo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala febrero de 2006

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REDISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO UTILIZADO PARA LEVANTAR EL HORNO DE GALVANIZADO EN UNA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE**, presentado por el estudiante universitario **Giovanni Luciano Velásquez Chiguil**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
**DIRECTOR**  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2006



/mgp

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 045-2006.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO UTILIZADO PARA LEVANTAR EL HORNO DE GALVANIZADO EN UNA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE**, presentado por el estudiante universitario **Giovanni Luciano Velásquez Chiguil** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, marzo 1 de 2,006



/gdech

En este día que, para cada uno, tiene un significado diferente, hago el esfuerzo de recordar dónde comenzó este sueño de estudiante, pero es en vano. Tampoco se dónde terminará. Talvez, porque todo debería ser un día a la vez. De lo que sí estoy seguro es que mucha gente me empujó hasta este día y que esto me obliga a no olvidar de dónde vengo y hacia dónde debo ir. Por eso, hoy, quiero hacerle un reconocimiento y agradecimiento INFINITO a un ser humano que hoy y siempre me ha brindado lo necesario, me ha cuidado, ha rezado por mí, todo sin esperar nada a cambio, y que, además, sé que alguna vez la he hecho llorar. Porque, al final de cada jornada, pueda sentirse orgullosa, y que la justicia divina le conceda felicidad eterna.

A la mujer que el Creador me escogió como Madre.

ALEJANDRA ANASTACIA

CON TODO MI CORAZÓN.... ETERNAMENTE GRACIAS

## **DEDICATORIA A:**

### **EL CREADOR**

Gracias por permitirme este día.

### **MIS PADRES**

SANTOS JULIÁN (Q.E.P.D.), porque me hubiera gustado que compartiera este momento; donde esté gracias por todo.

ALEJANDRA ANASTACIA, mi agradecimiento lo dice todo.

### **MIS HERMANOS**

Angélica Rossana, Xiomara Elizabeth, Julio César y Esteban Alejandro, por todo el apoyo, por todo lo vivido y los sueños compartidos.

### **MI SOBRINA**

Vilma Alejandra; No soy el mejor guía, pero puedes contar conmigo siempre.

### **MIS OTROS HERMANOS**

Roberto Jerez, Edgar Quisquinay, Edgar Fuentes, César Noe, por la aceptación, y los sueños compartidos.

### **MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

Porque es imposible nombrarlos o contarlos. Por todo lo compartido, un abrazo.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad de San Carlos De Guatemala**, especialmente a La Facultad de Ingeniería.

**A mis maestros**, académicos y de la vida, por todo el conocimiento compartido.

**Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez**, por la confianza, orientación y el tiempo dedicado a este trabajo.

**Ing. Publio L. Fajardo Ramírez**, Por la oportunidad de desarrollar el presente proyecto.

**Carlos Francisco Figueroa Monzón**, por su apoyo y confianza en la elaboración del presente estudio.

**A todas las personas** que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	vii
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	ix
<b>GLOSARIO</b>	xi
<b>RESUMEN</b>	xv
<b>OBJETIVOS</b>	xvii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xix
<b>1. ASPECTOS GENERALES Y DEFINICIONES</b>	<b>1</b>
1.1 Breve descripción de la empresa	1
1.2 Descripción de la planta de alambre	2
1.2.1 Descripción de los productos producidos en la planta	2
1.2.2 Descripción de la materia prima empleada	3
1.2.3 Descripción del proceso de galvanizado	3
1.3 Fundamentos de hidráulica	8
1.3.1 Aplicaciones de la hidráulica	8
1.3.2 Ley de Pascal	9
1.3.3 Tipos de fluido	10
1.4 Componentes de un sistema hidráulico	11
1.4.1 Unidad generadora de flujo	11
1.4.1.1 Motor eléctrico	11
1.4.1.2 Bomba	12
1.4.1.3 Filtro	13
1.4.1.4 Válvulas de cierre y válvula de alivio	13
1.4.1.5 Depósito o tanque	14

1.4.1.6	Enfriador y calentador	15
1.4.1.7	Manómetros	15
1.4.2	Unidad distribuidora, controladora, reguladora y mandos	17
1.4.2.1	Válvulas distribuidoras	17
1.4.2.2	Válvulas de bloqueo	18
1.4.2.3	Válvulas de presión	18
1.4.2.4	Válvulas de caudal	18
1.4.3	Unidades de trabajo	19
1.4.3.1	Cilindros	20
1.4.3.2	Accesorios hidráulicos	21
1.4.4	Simbología de componentes hidráulicos	22
1.5	Circuitos hidráulicos	26
1.6	Tipos de aceites hidráulicos	26
<b>2.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>31</b>
2.1	Antecedentes históricos del sistema hidráulico	31
2.1.1	Descripción del sistema	31
2.1.2	Tiempo de operación del sistema	32
2.1.3	Plano de ubicación del sistema	32
2.1.4	Forma en que opera el sistema	34
2.1.4.1	Personal responsable	35
2.2	Características de los componentes del sistema	35
2.2.1	Diagrama del circuito	35
2.2.2	Capacidad del sistema	37
2.2.3	Unidad generadora de flujo	37
2.2.3.1	Bomba	37
2.2.3.2	Motor eléctrico	38
2.2.3.3	Depósito o tanque	38

2.2.4	Mandos del circuito	38
2.2.5	Tubería	40
2.2.6	Unidades de trabajo	40
2.2.6.1	Cilindros	40
2.2.7	Fluido hidráulico utilizado	41
2.3	Mantenimiento aplicado	41
2.3.1	Rutinas de mantenimiento	41
2.3.2	Personal responsable	42
2.4	Problemas y desventajas del actual sistema	42
2.4.1	Deficiencias	42
2.4.2	Capacidad de respuesta	43
2.4.3	Riesgos en la operación	44
<b>3.</b>	<b>DISEÑO PROPUESTO</b>	<b>45</b>
3.1	Diagrama del circuito	45
3.2	Descripción del sistema hidráulico propuesto	46
3.2.1	Cálculos necesarios	46
3.2.2	Descripción de componentes	48
3.2.3	Tubería	49
3.2.4	Características del fluido a utilizar	51
3.3	Instalación del sistema	52
3.3.1	Plano del sistema	53
3.4	Beneficios del sistema propuesto	54
3.5	Análisis de costos	55
3.5.1	Costos de componentes	55
3.5.2	Costo de materiales	56
3.5.3	Costo de mano de obra	57
3.5.4	Costo total del proyecto	57

<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN</b>	<b>59</b>
4.1	Descripción y cantidad de componentes a utilizar	59
4.1.1	Tubería	59
4.1.2	Unidad generadora	59
4.1.3	Unidad de mando	60
4.1.4	Unidad de trabajo	61
4.1.5	Otros requerimientos	61
4.1.5.1	Materiales empleados	62
4.1.5.2	Equipo y herramienta	62
4.2	Ruta crítica utilizada para la instalación del sistema	63
4.2.1	Pasos para la instalación	64
4.2.2	Personal responsable	65
4.3	Forma de operar el sistema	65
4.3.1	Pasos para operar el sistema	65
4.3.2	Personal responsable	66
4.4	Medidas de seguridad en la operación del sistema	66
4.4.1	Prevención de actos inseguros	66
4.4.2	Definir condiciones inseguras	68
4.4.3	Señalización	69
4.5	Creación de un historial del sistema	69
<b>5.</b>	<b>MEJORA CONTINUA</b>	<b>73</b>
5.1	Mantenimiento del sistema hidráulico	73
5.1.1	Mantenimiento preventivo	73
5.1.2	Mantenimiento correctivo	76
5.2	Inducción y capacitación	79
5.2.1	Capacitación a personal encargado de operación y mantenimiento del sistema	79
5.2.2	Guía para la operación del sistema	81

5.3 Auditorias de mantenimiento	82
<b>CONCLUSIONES</b>	83
<b>RECOMENDACIONES</b>	85
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	87
<b>ANEXOS</b>	89



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Diagrama de operaciones del proceso de galvanizado	7
2	Explicación de la Ley de Pascal	10
3	Cilindro de simple efecto	21
4	Simbología de componentes hidráulicos	22
5	Plano actual del sistema	33
6	Diagrama actual del circuito	36
7	Diagrama del circuito propuesto	45
8	Plano del sistema con la nueva central de mando	53
9	Ruta crítica seguida para la instalación	63
10	Horno de galvanizado donde está instalado el sistema hidráulico	89
11	Unidades de trabajo del sistema hidráulico	90
12	Actual central de mando del sistema	91
13	Características técnicas medias del aceite utilizado	92
14	Simulación del circuito en elevación	93
15	Simulación del circuito en descenso	94

## TABLAS

I	Costo de componentes	55
II	Costo de materiales	56
III	Costo de mano de obra	57
IV	Costo total del proyecto	58
V	Tubería necesaria para la instalación	59
VI	Materiales empleados	62
VII	Actividades de la ruta crítica	63
VIII	Formulario para el historial del sistema	70
IX	Mantenimiento preventivo	74
X	Mantenimiento correctivo	76
XI	Programa de capacitación	80

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Bar.</b>	Unidad de presión
<b>l/min.</b>	Litros por minuto, caudal
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit, unidad de temperatura
<b>°C</b>	Grado centígrado, unidad de temperatura
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>Hp</b>	Caballos de potencia
<b>GPM</b>	Galones por minuto, caudal
<b>V</b>	Voltio
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>Ppm</b>	Partes por millón
<b>cSt</b>	Centistoke
<b>m</b>	Metros
<b>Ø</b>	Diámetro
<b>API</b>	Instituto Americano de Petróleo
<b>ASTM</b>	Sociedad Americana de Ensayo de Materiales
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Estándares
<b>DOP</b>	Diagrama de Operaciones del Proceso



## GLOSARIO

<b>Abrasión</b>	Daño originado por la fricción causada por materiales desgastantes.
<b>Aceite</b>	Líquido graso, no mezclable con agua que puede ser de origen vegetal, animal, mineral o sintético.
<b>Aceite Multigrado</b>	Aceite cuya variación de viscosidad con la temperatura es mínima. Responde, simultáneamente, a las exigencias de utilización en altas y bajas temperaturas.
<b>Capacidad Q</b>	Es el gasto de líquido que puede proporcionar una bomba.
<b>Caudal</b>	Es el volumen de un fluido que fluye en una dirección dada, en la que se tiene en cuenta la velocidad, y, su volumen está referido en tiempo y gasto. Puede ser en litros por hora, galones por minuto, metros cúbicos por minuto.
<b>Cebado</b>	Cebado una bomba significa reemplazar el aire, gas o vapor que se encuentre en la parte interna de esta por el líquido a bombear.
<b>Corrosión química</b>	Ataque químico superficial a un metal causado por los contaminantes que puedan existir en un lubricante.

<b>Fluido</b>	Materia que se deforma continuamente cuando se ve sometida a un esfuerzo de corte, como son los líquidos y los gases.
<b>Hidráulica</b>	Ciencia que estudia el comportamiento de los líquidos.
<b>Presión</b>	Se define como la fuerza ejercida por unidad de área. En los sistemas hidráulicos la presión se crea por las obstrucciones que tiene el fluido.
<b>Presóstato</b>	Dispositivo que actúa sobre un contacto eléctrico cuando sobrepasa la presión a la cual está graduado.
<b>Peligro</b>	Riesgo o contingencia inminente de que se suceda algún mal.
<b>Riesgo</b>	Contingencia o posibilidad de que suceda un daño, desgracia o contratiempo.
<b>Rutinas</b>	Períodos de tiempo entre reparaciones o mantenimientos preventivos establecidos con anterioridad. Sirve para realizar, periódicamente, los trabajos de mantenimiento.

**Temperatura**

Medida de la energía calorífica que posee una materia. Grados Fahrenheit (°F) para el sistema inglés y grados Celsius (°C) para el sistema internacional.

**Viscosidad**

Rozamiento que existe entre las capas contiguas de un fluido. Se mide en Poise o en Stoke.

**Volumen**

Es el lugar que todo cuerpo ocupa en el espacio, normalmente se expresa en metros cúbicos.



## RESUMEN

Conociendo los principios y beneficios de la hidráulica, para, luego, establecer los requerimientos y especificaciones técnicas, además de la selección de componentes necesarios, se consigue el rediseño del sistema hidráulico utilizado para levantar el horno de galvanizado en una planta de fabricación de clavo y alambre, logrando, con ello, eliminar los problemas y desventajas que representa el sistema actual.

El trabajo presenta una breve descripción de la empresa, así como la descripción de la planta de alambre donde está ubicado el horno de galvanizado, cabe mencionar que el propósito de levantar el horno es tener acceso a su interior para darle mantenimiento, materia prima utilizada y productos producidos, además, se presentan los fundamentos de hidráulica necesarios para la interpretación y el diseño de cualquier sistema hidráulico.

Se describe y analiza el sistema instalado, actualmente, presentando el diagrama del circuito, estableciendo su capacidad, forma de operación, componentes instalados, mantenimiento aplicado, asimismo, los problemas y desventajas que manifiesta.

Luego, se presenta el diseño propuesto, aquí se describe cómo quedará el nuevo sistema hidráulico incluyendo: el nuevo diagrama del circuito, cálculos necesarios, componentes seleccionados, presentando además los beneficios y costos para el sistema propuesto.

Seguidamente, se definen las características y la cantidad de componentes necesarios para la implementación, los pasos para la correcta instalación y operación, así como las medidas de seguridad para el nuevo diseño.

Por último, se desarrolla el correspondiente programa de mantenimiento indispensable para la operación óptima y continua del sistema, definiendo el tipo de mantenimiento aplicado. Además, se presenta la inducción y capacitación necesaria para el personal de operación y mantenimiento, incluyendo una guía para la operación del sistema.

## OBJETIVOS

- **General**

Rediseñar el sistema hidráulico utilizado para levantar el horno de galvanizado en una planta de clavo y alambre para que su rendimiento sea óptimo.

- **Específicos**

1. Efectuar un análisis y establecer la forma en que opera el actual sistema hidráulico del horno de galvanizado.
2. Conocer los problemas y desventajas que presenta el actual sistema hidráulico.
3. Desarrollar el análisis y cálculos necesarios para establecer los requerimientos del diseño propuesto.
4. Establecer los beneficios del diseño del sistema hidráulico propuesto.
5. Desarrollar un programa de mantenimiento que permita una operación continua y eficiente del sistema.
6. Capacitar al personal encargado de operar y de dar mantenimiento al sistema propuesto.



## INTRODUCCIÓN

Dentro de la gran variedad de procesos utilizados, en la actualidad, para la elaboración, especialmente, de productos, es necesario el uso de diversas herramientas, equipos, sistemas, tecnologías o la combinación de más de una de estas para lograr con éxito dichos procesos. Dentro de esta variedad, se encuentran los equipos y sistemas hidráulicos que pueden ser utilizados en diversos procesos industriales y la importancia de su utilización, se debe a las ventajas que la hidráulica ofrece.

Una de las principales aplicaciones de la hidráulica es la transmisión de potencia, la cual se puede lograr en forma óptima a través de un correcto y adecuado diseño del sistema utilizado, junto con la selección apropiada de cada uno de sus componentes.

El presente trabajo pretende aplicar los conceptos de la hidráulica, a través del rediseño del sistema utilizado para levantar el horno de galvanizado en una planta de fabricación de clavo y alambre, estableciendo los requerimientos y especificaciones técnicas, así como los recursos económicos necesarios para su instalación, con el propósito de obtener una continua y eficiente operación respecto al sistema actual.

También, el nuevo diseño contará con un programa de mantenimiento con el objetivo de asegurar su óptimo y eficaz funcionamiento, incluyendo la capacitación y herramientas necesarias para alcanzarlo.

Además, este documento se constituye una herramienta de consulta que beneficia y orienta a aquellos interesados en adquirir o ampliar sus conocimientos acerca de aplicaciones de la hidráulica, al mismo tiempo, puede ser útil a personal técnico operativo y de mantenimiento en esta área

# 1. ASPECTOS GENERALES Y DEFINICIONES

## 1.1 Breve descripción de la empresa

La propuesta de rediseño del sistema hidráulico se realizó para una empresa que forma parte de una corporación dedicada a la fabricación de productos derivados del hierro. Dicha empresa fue fundada en 1963 y, a la fecha, es considerada como una de las empresas metalúrgicas más fuertes en el mercado centroamericano.

Dentro de la misión de la empresa se encuentra el dedicarse a la investigación, desarrollo, producción y distribución de productos básicos de acero y productos afines para la construcción en el área de Centroamérica, Panamá y el sur de México. Su visión es obtener el liderazgo total en Guatemala y Centroamérica en todos sus productos, lograr una expansión y participación importante hacia los mercados de América del Sur, centro y norte de México, el Caribe y los Estados Unidos de América a través de ser una empresa altamente profesional, rentable y respetada; fortaleciendo su competitividad por medio de alianzas estratégicas con las empresas más dinámicas y prestigiosas del sector.

La empresa tiene 4 plantas de producción:

- q Planta de barras
- q Planta de perfiles
- q Planta de lámina
- q Planta de clavo y alambre

## **1.2 Descripción de la planta de clavo y alambre**

Es en esta planta donde se desarrolla el presente proyecto. La también llamada Planta de Trefilado es una de las más versátiles por el tipo y la variedad de productos que allí se producen, dicha planta al igual que las otras tres cuentan independientemente con personal administrativo y operativo, de tal manera que cada una opera independientemente de la otra.

Cuenta con un taller mecánico el cual está formado por técnicos que son los encargados de dar mantenimiento preventivo y correctivo a los diferentes equipos que utilizan; cuenta con operarios calificados para cada una de las áreas, las cuales están determinadas en función del producto fabricado y, además, cuenta con personal administrativo para efectuar las funciones correspondientes, por ejemplo: inventarios, órdenes de pedidos y planillas, entre otras. Un Jefe de Planta es el responsable de toda la operación.

### **1.2.1 Descripción de los productos producidos en la planta**

Dentro de los productos que se producen en esta planta encontramos los siguientes:

- q Alambre de amarre: este tipo de alambre es utilizado principalmente por la industria de la construcción (este producto no lleva el proceso de galvanizado).
  
- q Alambre espigado: se producen varios tipos, entre los cuales están: AG 400, Cerca, Toro y Económico, la diferencia radica en la forma en que se entorcha, el número de púas, el calibre usado y el galvanizado aplicado.

- q Clavo para madera: se producen clavos de las siguientes medidas en pulgadas, 1/16, 3/8, 1/2, 1, y 1 ½ pueden ser con o sin cabeza.
- q Clavo para lámina: miden 2 ½ pulgada y son utilizados para el techado con lámina galvanizada.

### **1.2.2 Descripción de la materia prima empleada**

La materia prima utilizada en la planta se le llama alambión. Este llega a la planta en rollos procedente de la planta de perfiles. El alambión pasa por el proceso de trefilado en el cual se obtiene el diámetro requerido de acuerdo al producto a procesar.

### **1.2.3 Descripción del proceso de galvanizado**

El galvanizado es el proceso en que un recubrimiento adherente y protector de zinc y compuestos de zinc, es aplicado sobre las superficies de productos de hierro y acero por inmersión de los mismos en un baño de zinc fundido. El recubrimiento protector de zinc puede contar con varias capas. La temperatura del baño de zinc, el tiempo de inmersión y la velocidad de enfriamiento o subsiguiente enfriamiento, puede resultar en cambios significativos en la apariencia y propiedades del recubrimiento.

La composición química de hierros y aceros determinan la capacidad de los metales ferrosos para galvanización. Para evitar falta de brillo del recubrimiento de zinc, la base de metal ferroso debe tener un bajo contenido de fósforo y silicio; una composición buena podría contener cerca de 0.01% de fósforo y 0.12% de silicio.

**Elementos aleantes en el baño:** Cadmio y hierro usualmente están presentes en el baño de zinc como contaminantes, pero no son intencionalmente añadidos al baño. Una concentración baja de aluminio como 0.02%, mejorará el secado e incrementará el brillo del recubrimiento galvánico. Cuando un fundente de cloruro de amonio es utilizado antes del baño de zinc, generalmente es mantenida una concentración menor del 0.01% de aluminio.

**Espesor del recubrimiento:** Junto a la composición química del metal base y el contorno superficial, el espesor de recubrimiento aplicado por galvanización es principalmente una función de:

- a) el tiempo de inmersión, que controla el espesor de la capa aleante
- b) la velocidad de paso por el baño, que controla la cantidad de zinc no aleado adherido, y
- c) la temperatura del baño, que afecta ambas capas aliada y de zinc puro.

El esfuerzo de tensión, el esfuerzo de fluencia, la deformación y ruptura, y, la reducción del área de aceros laminados en caliente permanece virtualmente sin cambios después del galvanizado en caliente.

El objetivo principal del proceso de galvanizado de zinc del acero, es proporcionar protección al metal de cualquier ataque debido a las condiciones a las cuales debe someterse. La protección principalmente contra la corrosión que proporciona el recubrimiento de zinc o galvanizado es esencialmente determinado por el espesor del recubrimiento.

Específicamente en el caso del alambre espigado, dicha protección es esencial, debido a que el uso que se le da someterá al producto a condiciones severas de trabajo, por ejemplo: lluvia, aire, sol, tensión.

El proceso de galvanizado utilizado en la planta está formado por varias etapas, las cuales se describen a continuación:

**Preparación y montaje de materia prima:** Montado de alambre sobre los carretes (el alambre en rollos); ubicación de los carretes de alambre en el lugar correcto para la demanda en el proceso y, colocación de líneas de alambre en las entradas generales del proceso.

**Distribución de alambre a través del proceso:** Se pasa una varilla guía a través del horno de calentamiento y se amarra el alambre en la punta; se jala la varilla y se desamarra el alambre que ya pasó a través del horno. Este alambre es pasado por cada punto del proceso, hasta la máquina de enrollado o bobina. El motor de la máquina de enrollado es el que mueve el alambre a través de todo el proceso.

**Soldador:** Cuando un rollo de alambre se termina, para que el proceso no se interrumpa, se solda la punta final de este alambre con la punta del nuevo.

**Horno de calentamiento:** El alambre es pasado por un horno donde se calienta para hacerlo más dúctil.

**Enfriamiento del alambre:** Luego del calentamiento, el alambre es pasado por un sistema de enfriamiento, donde un rodillo lo introduce en una cámara de agua.

**Decapado:** El alambre frío (relativamente) es pasado por un tanque de HCl (ácido clorhídrico) donde se remueve todas las suciedades y oxidación en el alambre.

**Segundo lavado:** Luego del decapado, el alambre es pasado por un sistema de lavado con agua tibia, donde se le quita todo el ácido removiente.

**Lavado con amonio:** El alambre pasa por un pequeño tanque que contiene sulfato de amonio, para remover todo residuo de ácido, además de darle brillo.

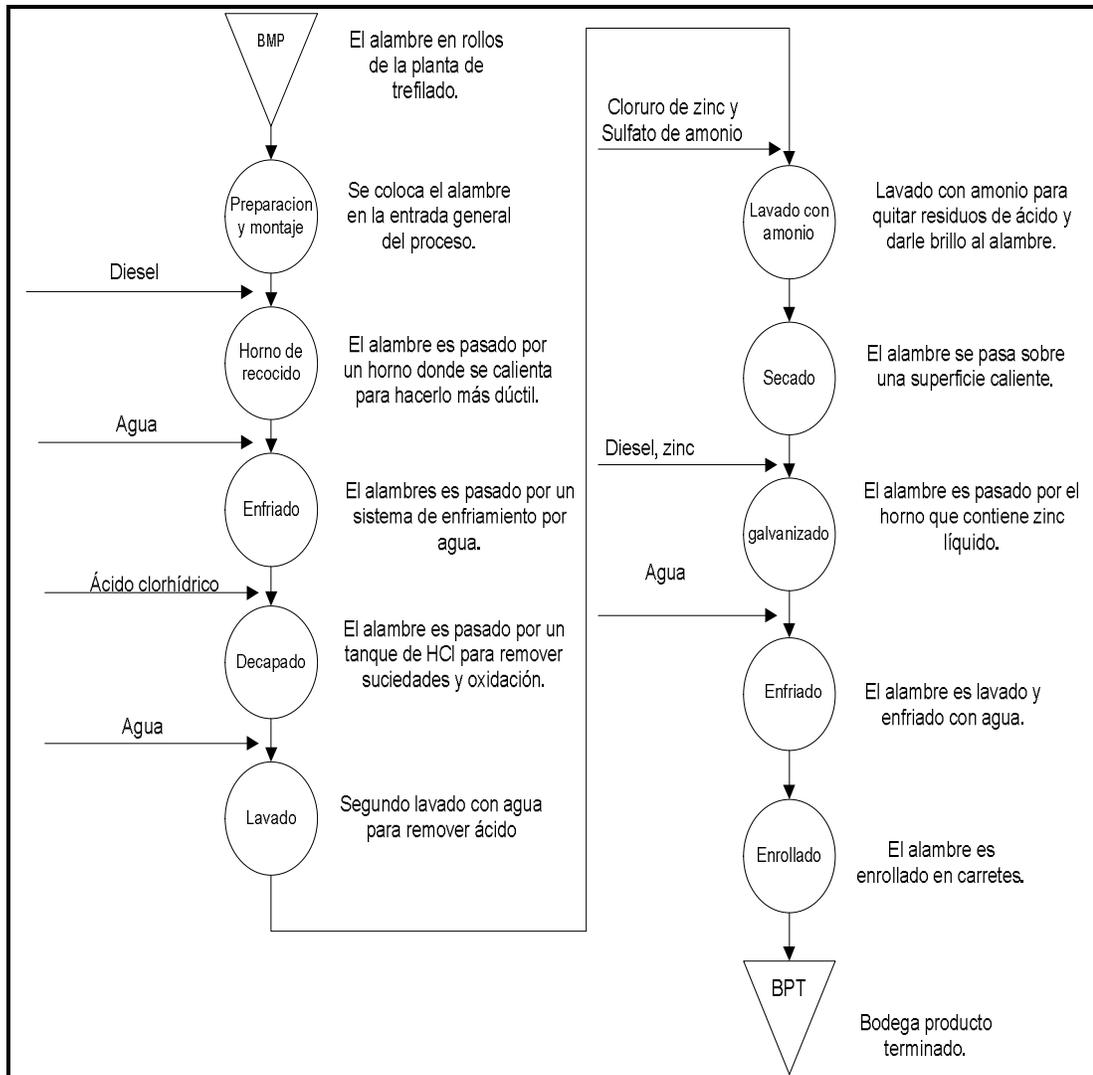
**Sección de secado:** El alambre pasa sobre una superficie caliente donde es secado para luego pasar a la etapa de galvanizado.

**Horno de Galvanizado:** El alambre pasa por un horno que mantiene zinc en estado líquido en el cual es galvanizado, luego enfriado y lavado con agua. Es en este horno donde se utiliza el sistema hidráulico que es el objetivo de estudio del presente trabajo.

**Enrollado:** El alambre ya galvanizado es enrollado en carretes, los cuales están montados en una máquina que es la que mueve todo a lo largo del proceso. En la figura 1 se muestra el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) de galvanizado.

**Figura 1. Diagrama de operaciones del proceso de galvanizado**

NOMBRE DE LA EMPRESA	DIAGRAMA DEL PROCESO DE GALVANIZADO DE ALAMBRE	CÓDIGO:			
		ELABORADO POR: Giovanni L. Velásquez			
		DIA	MES	AÑO	No. PÁG.
		29	4	2005	1 de 1



### 1.3 Fundamentos de hidráulica

La hidráulica en la actualidad forma parte esencial en la industria debido a las diversas aplicaciones que podemos obtener de ella; podemos definirla como la ciencia que estudia la creación de fuerzas y movimientos por medio de fluidos hidráulicos. Se clasifica generalmente como:

**Hidrostática:** Se refiere a los líquidos que trabajan en reposo, únicamente se activan por pequeños lapsos de tiempo y con poco movimiento.

**Hidrodinámica:** Se refiere a los líquidos o fluidos que trabajan en constante movimiento.

#### 1.3.1 Aplicaciones de la hidráulica

La hidráulica tiene varios campos y áreas de aplicación debido a las bondades que esta representa, dentro de las cuales podemos mencionar:

- q Multiplicadora de fuerza
- q Multiplicación de distancias
- q Multiplicadora de presión
- q Variación de velocidad de unidades de trabajo

La aplicación de la hidráulica no escapa a unas pocas desventajas que pueden ser controladas con un diseño adecuado. A continuación se presentan las principales ventajas y desventajas.

Principales ventajas de la hidráulica:

- q Transmisión de fuerzas considerables con elementos de pequeñas dimensiones.
- q Posicionamiento exacto.
- q Arranque desde cero con carga máxima.
- q Movimientos homogéneos e independientes de la carga.
- q Conmutaciones suaves.
- q Diseños simples.
- q Los controles pueden estar distantes de los dispositivos.
- q Operación eficiente y económica.

Principales desventajas:

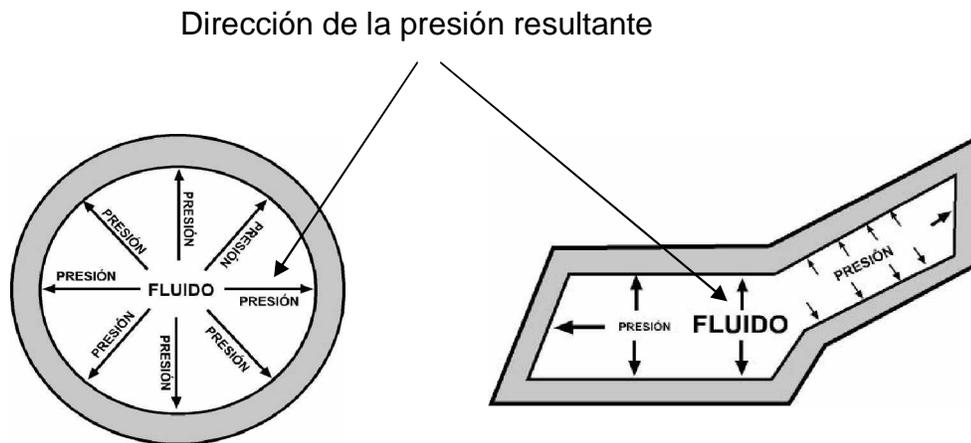
- q Contaminación por fugas de aceite (peligros del aceite y accidentes).
- q Sensibilidad a la suciedad.
- q Peligro por altas presiones (chorros cortantes).
- q Grado limitado de eficiencia en el sistema.
- q Sistema dependiente de la temperatura.

### **1.3.2 Ley de Pascal**

La ley más elemental de la física referida a la hidráulica fue descubierta y formulada por Blaise Pascal y, los conceptos desarrollados, son los que todavía gobiernan hasta los más modernos sistemas hidráulicos.

Esta afirma que la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente a todas las partes del fluido y lo hace formando ángulos rectos con las paredes del recipiente que la contiene. En la figura 2 se muestra la explicación.

**Figura 2. Explicación de la Ley de Pascal**



### 1.3.2 Tipos de fluido

Existen dos formas de comportamiento del flujo dentro de las tuberías en los sistemas hidráulicos: laminar y turbulento.

**Flujo laminar:** En el flujo laminar las partículas del líquido se mueven formando capas que se deslizan ordenadamente hasta cierta velocidad. No hay interferencia entre las partículas ni tampoco se influyen entre ellas.

**Flujo turbulento:** Si la sección de la tubería no varía y se aumenta la velocidad, cambia la forma del flujo; se hace turbulento y arremolinado, entonces las partículas no se deslizan ordenadamente en un sentido sino se interfieren entre sí. La velocidad a la que el flujo se desordena se llama velocidad crítica. La resistencia del flujo aumenta y las pérdidas hidráulicas crecen. Por todo lo anterior, este tipo de flujo no conviene en las instalaciones hidráulicas.

## **1.4 Componentes de un sistema hidráulico**

Existen componentes de diversas formas y tamaños dependiendo de su aplicación. A continuación se explicarán los más comunes que se encuentran en los circuitos hidráulicos.

### **1.4.1 Unidad generadora de flujo**

Es el componente principal dentro de un sistema hidráulico, sus componentes son los encargados de producir, en el fluido, movimiento y presión, además tienen por objeto reducir el calentamiento del fluido y filtrar sus impurezas.

#### **1.4.1.1 Motor eléctrico**

El motor eléctrico es el dispositivo que proporciona el movimiento mecánico que posteriormente es transformado en energía hidráulica dentro de un sistema hidráulico. El tipo de motor eléctrico que se necesita para una unidad de generación depende fundamentalmente de las necesidades de la aplicación en cuestión. Debe de estar sujeto firmemente a la cubierta de la unidad de generación de energía y su árbol alineado con el de la bomba.

Para que un motor preste un servicio eficiente debe estar adecuadamente instalado, y siempre debe escogerse uno que llene las características para hacer el trabajo que se le exige.

### 1.4.1.2 Bomba

La bomba se utiliza para transformar la energía mecánica del motor en la energía hidráulica. Las bombas generan la fuerza en el aceite hidráulico, el cual se encarga de mover los componentes. La bomba no crea la presión, únicamente mueve el aceite dentro del sistema; la presión es creada por la resistencia del fluido al moverse dentro del sistema.

El principio de funcionamiento de estas bombas es la formación de un vacío parcial a medida que las piezas internas efectúan su parte del ciclo; el aceite se introduce en la bomba debido a la presión atmosférica ejercida sobre él y, a continuación, la bomba lo elimina a presión a medida que el ciclo prosigue. Cuando se va a proceder a la selección de una bomba hidráulica hay que estudiar con cuidado la aplicación a la que se va a destinar; en la selección los factores más importantes a tomar en cuenta son: presión de funcionamiento, frecuencia de funcionamiento, temperatura, condiciones del aceite y cargas instantáneas.

Debido a la forma en que funcionan están clasificadas en dos grandes grupos: bombas de flujo constante y bombas de flujo variable cuando giran a una velocidad dada. Tomando en cuenta el diseño de fabricación, posteriormente las bombas se dividieron en tres grandes grupos: bombas de engranajes, bombas de paletas y bombas de pistones.

Las principales características técnicas que se deben de especificar para la selección de una bomba son: presión de operación y, capacidad Q (medida generalmente en galones por minuto o litros por minuto).

### **1.4.1.3 Filtro**

Todo sistema requiere de un filtro para asegurar un funcionamiento eficaz y exento de dificultades. De otra forma, abrasivos que se encuentran en el aceite o el ambiente, pasarían a los otros componentes del sistema y podrían causar desgaste excesivo en cilindros, bloquear y tapar válvulas, etc. Es necesario especificar el grado de filtración deseado o permitido para seleccionar un filtro, así como darle un mantenimiento regular siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los filtros pueden ser de dos tipos: de depósito o de inmersión, que se coloca dentro del depósito de aceite y está conectado a la conducción de admisión de la bomba; y el exterior o de conducción, que se monta fuera del depósito, ya en la conducción de admisión o en la que devuelve el aceite desde el sistema al depósito. También se puede decidir ambas alternativas a la vez.

### **1.4.1.4 Válvula de cierre y válvula de alivio**

Todos los circuitos hidráulicos necesitan de ciertos tipos de válvulas de control. Las válvulas son elementos que sirven para controlar la operación de los circuitos hidráulicos. Estos mecanismos tienen como función iniciar, detener o regular la circulación del fluido utilizado.

Generalmente todos los sistemas hidráulicos tienen una válvula principal que es conocida como válvula de cierre. Para esta función existen diversas válvulas que pueden ser utilizadas, dentro de cuales se pueden mencionar: la válvula de compuerta, la válvula de macho, válvula de globo, válvula de apriete y la válvula de mariposa.

La función de cualquier válvula de alivio, es proteger automáticamente al sistema hidráulico de presiones excesivas. Si, por cualquier razón, la presión sobrepasa el valor máximo predeterminado en el sistema, la válvula de alivio esta diseñada para aliviar el exceso de presión. Es la que da la presión de trabajo a los accesorios hidráulicos y es el dispositivo de seguridad más importante en un sistema. Están diseñadas para retornar directamente al tanque el aceite hidráulico y así limitar la presión en el sistema. Se le conoce también como válvula limitadora de presión.

#### **1.4.1.5 Depósito o tanque**

Es el dispositivo donde se almacena el fluido de trabajo. El tanque debe tener dimensiones de acuerdo a la base del gasto de la bomba y del calor desarrollado, el cual puede reducirse al mínimo con el uso de determinadas válvulas. Hay que procurar que las tuberías de retorno no provoquen espuma en el fluido hidráulico y que se renueve todo el fluido de este tanque por retorno a una posición opuesta a la aspiración.

Una regla general a la que conviene ajustarse es que la capacidad del depósito nunca debe de ser inferior al doble de la capacidad del caudal de la bomba, aunque existen algunas excepciones. Además, los tanques deben llevar filtro e imanes y algún accesorio de medición de nivel, como varillas, indicadores de carátula o niveles ópticos, y además aberturas para limpiar el tanque y cambiar aceite y filtros.

La capacidad del tanque dará también al aceite el tiempo necesario para que su temperatura disminuya lo suficiente para mantenerse en el nivel adecuado y recomendado por los fabricantes, tanto de componentes como de los mismos aceites.

#### **1.4.1.6 Enfriador y calentador**

Dependiendo de las condiciones ambientales y de operación, en ocasiones es necesario utilizar sistemas de refrigeración o de calefacción debido a que como es conocido, todos los aceites hidráulicos presentan variación de sus propiedades en función de la temperatura.

El calor provoca que el aceite hidráulico disminuya de viscosidad y que se pierdan cualidades, que se registren fugas en los componentes y que las bombas funcionen mal y trabajen con bajo rendimiento. Se han ideado varios métodos para reducir la temperatura del aceite hidráulico, uno de los cuales consiste en dotar a la unidad de potencia de depósitos grandes, pero aun contando con estos puede ser que no se disipe la cantidad necesaria de calor para proporcionar la refrigeración satisfactoria. El calentador es utilizado cuando un sistema opera a temperaturas muy bajas y es necesario mantener el aceite a su temperatura normal de operación.

#### **1.4.1.7 Manómetros**

Son los dispositivos que se encargan de hacer la medición de la presión en uno o varios puntos considerados claves en un sistema. La presión esta definida como la fuerza por unidad de área ejercida por un fluido, los dispositivos normales miden la presión con respecto al valor medio de la presión atmosférica. La presión absoluta es igual a la suma de la presión atmosférica y la presión a la que está el manómetro. En el sistema internacional la presión atmosférica es de 1.013 bares. Estos medidores de presión se clasifican de la siguiente manera:

**De tubo en U:** La medición consiste en una diferencia de presiones (P1-P2).

**De diafragma:** La presión actúa sobre este en oposición a un resorte y otro miembro básico elástico. Por lo tanto la deformación del diafragma es proporcional a la presión. Como la fuerza aumenta con el área de los diafragmas, si a estos se les da gran superficie pueden medirse presiones muy pequeñas. El diafragma puede ser metálico (latón, acero inoxidable) para que sea resistente mecánicamente, o no metálico (cuero, neopreno y caucho) para lograr alta sensibilidad y gran deformación. Con un diafragma rígido o poco flexible, el movimiento tiene que ser pequeño para que se mantenga la linealidad.

**De fuelle:** Este dispositivo es similar al anterior, con la diferencia que proporciona una amplitud de movimiento mayor. La fuerza que actúa sobre el fondo del fuelle equilibra la deformación del resorte, dicho movimiento es transmitido al brazo de salida que acciona una aguja o una pluma registradora.

**De Bourdon:** Este es el medidor más utilizado. Consiste en un tubo aplanado el cual puede ser de bronce o acero para resortes doblado en círculo, en donde la presión aplicada al interior tiende a rectificarlo o enderezarlo. Un extremo del tubo está fijo a la entrada de presión, el otro se mueve proporcionalmente a la diferencia de presiones que hay entre la aguja indicadora a través de un mecanismo de sector y piñón. Dependiendo de la capacidad del manómetro la robustez y el curvado del tubo pueden variar.

## 1.4.2 Unidad distribuidora, controladora, reguladora y mandos

### 1.4.2.1 Válvulas distribuidoras

Las válvulas distribuidoras son las usadas para dirigir el aceite hidráulico hacia los componentes que necesitamos que trabajen cuando así se requiera. Se pueden clasificar en:

- a) **Por el número de posiciones:** Describe el número de posiciones que tiene la válvula en su funcionamiento. Puede tener dos, tres y hasta cuatro posiciones.
- b) **Por el número de vías:** Describe el número de conexiones que tiene la válvula. Puede tener dos, tres, cuatro, cinco, seis o más según las necesidades del circuito hidráulico.
- c) **Por métodos de operación:** Describe la forma en que la válvula puede ser accionada. Puede ser de forma manual, mecánica, eléctrica, hidráulica, neumática o de combinaciones de las anteriores.

Una válvula distribuidora se compone simbólicamente de posiciones y vías, esto la identifica y le da su nombre, por ejemplo válvula 3/2, válvula 5/2, válvula 2/2.

Una válvula 3/2 se identifica de la siguiente manera: se compone de 3 vías y 2 posiciones es decir, el primer número indica el número de vías que tiene la válvula y el segundo número indica la cantidad de posiciones. Juntos identifican qué tipo de válvula es. Además estas válvulas pueden adoptar diferentes posiciones de conmutación por ejemplo: abiertas o cerradas.

#### **1.4.2.2 Válvulas de bloqueo**

La característica principal de este tipo de válvulas es que debe cerrar el paso del caudal del fluido en un sentido y dejarle libre el otro (en sentido contrario). Esta válvula es más conocida como antirretorno.

#### **1.4.2.3 Válvulas de presión**

Una de las preocupaciones primarias en los circuitos hidráulicos es el control de la presión o del flujo. En teoría varias válvulas de control de flujo pueden ser usadas para controlar la presión. Sin embargo, las válvulas de control de flujo no proporcionan un adecuado control de la presión. Si el tamaño del orificio, el abastecimiento de aceite y su viscosidad permanecen constantes, también la presión lo estará. Si una de las tres variables anteriores cambia, la presión también cambiará.

Las válvulas de reducción de presión se usan cuando se necesita menor presión en un circuito secundario al del circuito hidráulico principal. Esta válvula mantiene una presión reducida a su salida, independientemente de la presión más elevada en su entrada. Todas las válvulas reductoras de presión están provistas de una conexión de drenaje externo, esta debe ser siempre llevada al tanque en los circuitos.

#### **1.4.2.4 Válvulas de caudal**

Estas válvulas controlan el volumen de aceite en los circuitos hidráulicos. La cantidad de flujo es controlada por estrangulamiento o por desviación.

Para poder estrangular el fluido, se disminuye el tamaño del orificio desde un valor máximo hasta que el aceite no puede pasar a través de él. Desviar el flujo consiste en dirigir parte de este a través del circuito, para que el dispositivo actuador reciba únicamente la cantidad de flujo que necesita para realizar su tarea. Estas son generalmente válvulas de aguja que incrementan o disminuyen exactamente la distancia a través de la cual el fluido debe pasar.

Controlando el volumen del flujo se puede conseguir que el dispositivo mecánico se mueva más rápido o más lento (se ajusta su velocidad); cuando la velocidad del dispositivo está seleccionada, la válvula se aprieta para que no se mueva, siendo esta regulación de velocidad su principal función.

### **1.4.3 Unidades de trabajo**

Una de las ventajas más sobresalientes de los sistemas hidráulicos es que la fuerza generada por la bomba puede ser fácilmente convertida en cualquier tipo de movimiento mecánico, a los componentes que transmiten este movimiento se le conocen como unidades de trabajo.

Dentro de las unidades de trabajo utilizados en un sistema hidráulico se pueden mencionar: motores hidráulicos para producir movimientos de rotación, acumuladores usados como reguladores de caudal y la presión en un circuito y, los cilindros hidráulicos que son las unidades de trabajo utilizadas en el presente trabajo.

### 1.4.3.1 Cilindros

Los cilindros trabajan en donde se requiere de un movimiento lineal para mover algún mecanismo. Debido a que los cilindros producen un movimiento de hale y/o empuje, son llamados en ocasiones motores lineales o motores reciprocantes. Un cilindro simplificado se compone de un pistón y un eje o vástago, instalados dentro de una adecuada y hermética carcasa tubular; el eje sale de uno u otro extremo de la carcasa para ser conectado con el mecanismo que necesita moverse.

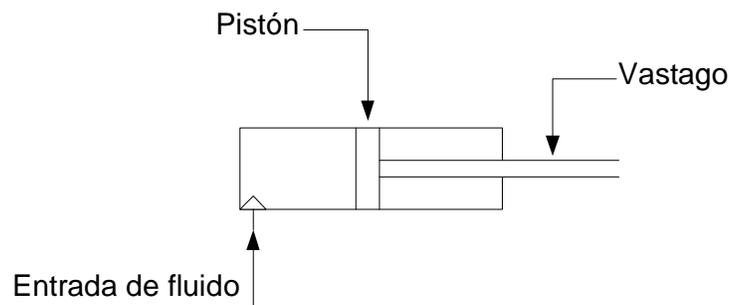
Una de las clasificaciones principales de los cilindros esta basada en la característica de la aplicación de la fuerza; si se da en una sola dirección, es un cilindro de simple efecto y, si se da en dos direcciones es un cilindro de doble efecto.

**Cilindro de simple efecto:** Son aquellos que ejercen fuerza únicamente en una dirección, sea halando o empujando el mecanismo que está acoplado a su extremo. Este tipo de cilindros tiene en uno de sus extremos una conexión que lleva el aceite hidráulico a su interior con cierta presión, la cual es necesaria para mover el eje del cilindro, en el otro extremo tiene un pequeño orificio de ventilación para evitar que se forme presión y/o vacío, dependiendo de la dirección de movimiento del eje.

El aceite hidráulico llega a los cilindros de simple efecto únicamente a un lado, ya sea del lado del pistón o al lado del eje, al lado contrario de donde llega el aceite se instalan resortes para que el cilindro vuelva a su posición anterior o se utilizan otros mecanismos externos al cilindro.

El sistema hidráulico para levantar el horno de galvanizado que se analiza en el presente trabajo utiliza esta clase de cilindros. En la figura 3 se muestra este tipo de cilindro.

**Figura 3. Cilindro de simple efecto**



**Cilindros de doble efecto:** Son aquellos que ejercen fuerza en ambas direcciones de su movimiento, ya sea halando y/o empujando el mecanismo que esta acoplado a su extremo. Tiene conexiones de mangueras en ambos extremos, las cuales llevan el aceite a su interior; cuando la manguera del lado del eje lleva el aceite a presión, la manguera del lado del pistón lleva el aceite de retorno al tanque u a otro componente hidráulico según sea el diseño del circuito. Al cambiar la dirección del movimiento del eje también cambia la función de las mangueras.

#### **1.4.3.2 Accesorios hidráulicos**

En los sistemas hidráulicos se consideran accesorios a los componentes necesario para que el sistema funcione eficientemente, entre los cual podemos mencionar: mangueras y/o tuberías, indicadores de presión, acoples, empaques, intensificadores de presión, entre otros; de los cuales se da una breve descripción a continuación:

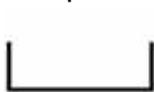
- q Mangueras y/o tuberías: existen diversidad de tamaños y diámetros, dependiendo del trabajo de aplicación.
- q Indicadores de presión (manómetros): estos son usados para detectar presiones en puntos específicos de trabajo dentro del sistema hidráulico.
- q Acoples: son los necesarios para interconectar todos los componentes que forman el sistema y los medios de transporte y distribución del fluido hidráulico (tuberías ó mangueras). Los normalmente disponibles para efectuar las conexiones son: codos de 45° y 90°, tees, reductores, uniones, crucetas, ramales en Y, y tapones.
- q Empaques: los sellos y empaquetaduras deben tener ciertas características especiales, la que deben combinar, larga vida de servicio y compatibilidad con los fluidos hidráulicos.
- q Intensificadores de presión: se utilizan para aumentar en líneas de baja presión, cuando se desea operar actuadores de alta presión.

#### 1.4.4 Simbología de componentes hidráulicos

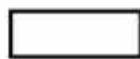
A continuación se presenta la simbología comúnmente usada en hidráulica.

**Figura 4. Simbología de componentes hidráulicos**

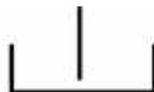
Tanques



Deposito  
abierto a la  
atmósfera



Deposito  
presurizado



Retorno  
sobre nivel  
de aceite



Retorno  
bajo el nivel  
del aceite

## Continuación

### Líneas



Línea de trabajo



Línea de pilotaje



Línea de drenaje



Contorno de componente



Líneas cruzadas



Caudal hidráulico



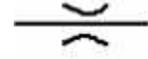
Líneas cruzadas



Flexible



Tapon

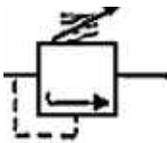


Línea con restrictor fijo

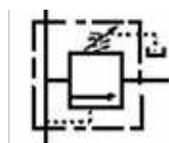


Líneas unidas

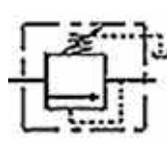
### Válvulas de control de presión



Válvula de seguridad

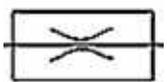


Válvula de secuencia

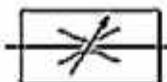


Válvula reductora

### Válvulas de control de flujo



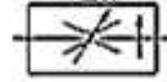
Restricción de flujo



Regulador de caudal ajustable



Regulador de caudal ajustable unidireccional



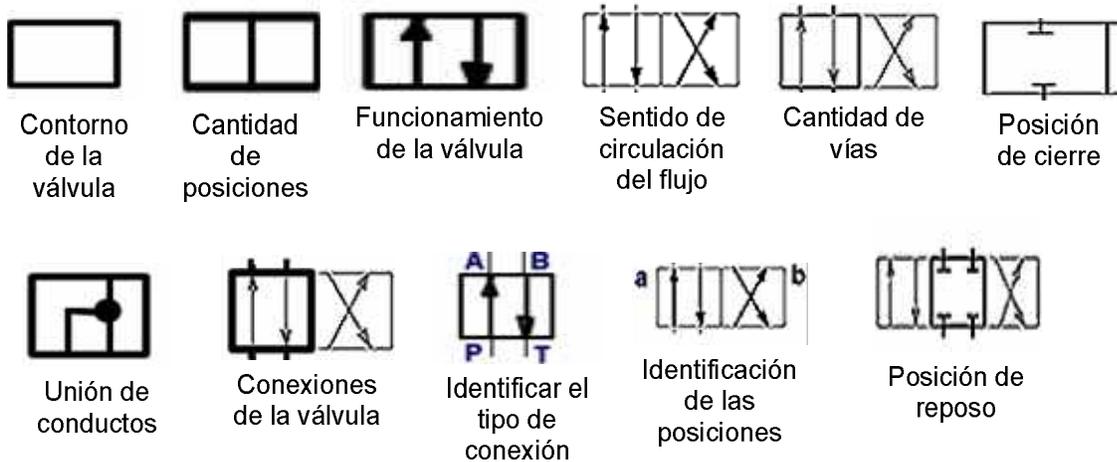
Regulador de caudal compensada por presión



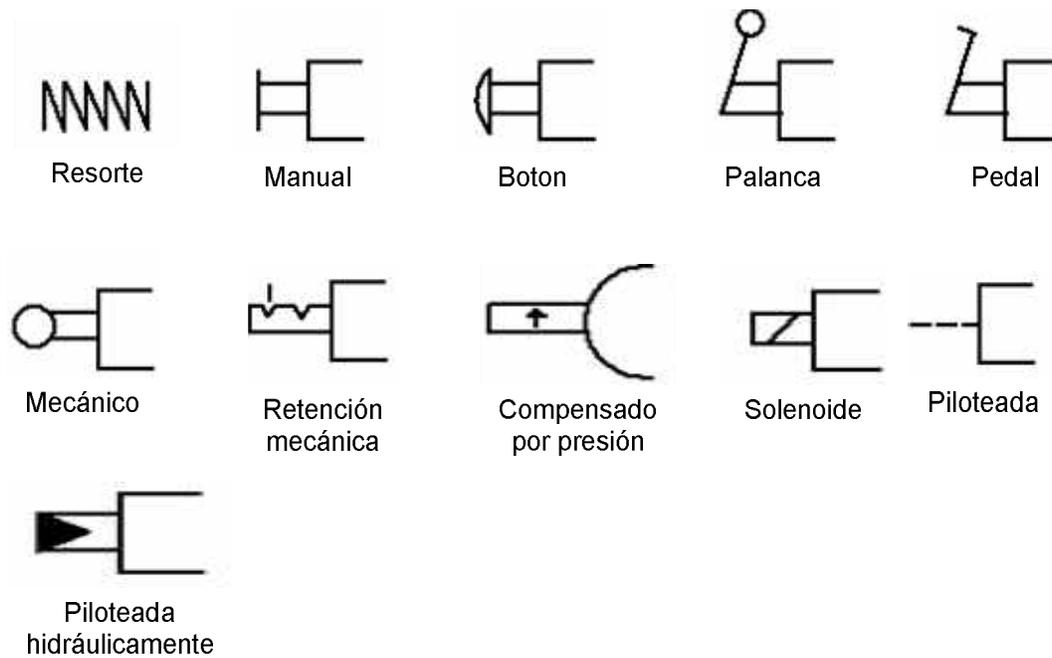
Regulador de caudal compensada por temperatura

Continuación

### Válvulas direccionales y accionamientos



### Accionamiento

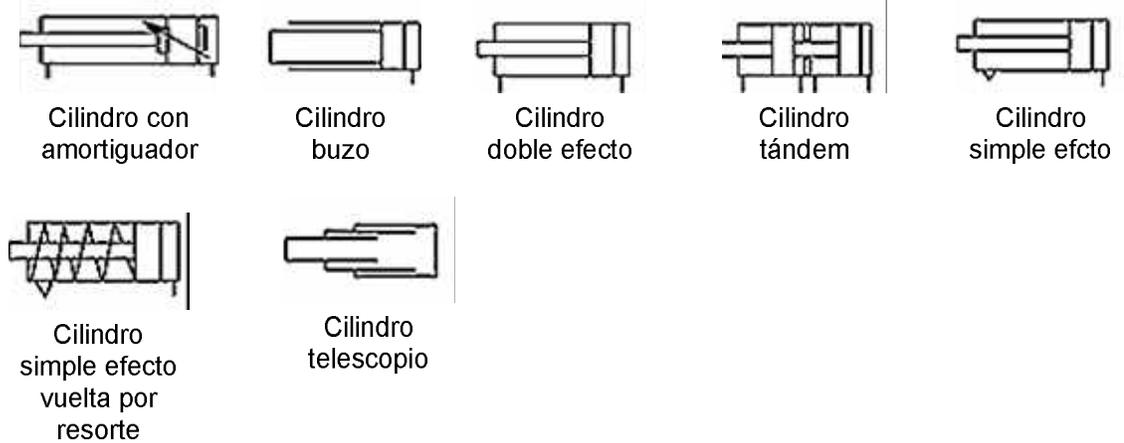


Continuación

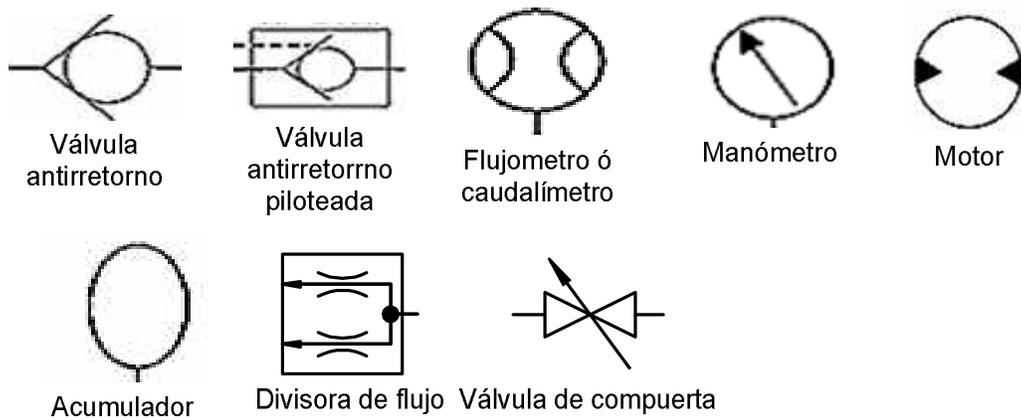
### Bombas y filtros



### Cilindros



### Otros



## **1.5 Circuitos hidráulicos**

Para lograr el mayor provecho de la energía hidráulica producida en un sistema, es indispensable que todos los componentes estén correcta y adecuadamente conectados para obtener el trabajo que necesitamos. A la forma en que se conectan todos los componentes hidráulicos (bombas, motores, válvulas, cilindros) se le llama circuito hidráulico. Según las diversas formas de conexión, los circuitos se pueden clasificar básicamente en: abiertos, cerrados.

- Circuito abierto: en este tipo de circuito vemos que el aceite está circulando desde el tanque para la bomba hidráulica, de la bomba para los consumidores, y de estos para el tanque nuevamente, es decir la circulación del aceite principia y finaliza en el depósito. La bomba hidráulica que se incluye dentro de estos circuitos es por lo general una bomba unidireccional, ya sea de caudal fijo o variable.
  
- Circuito cerrado: en este tipo, vemos que el aceite está circulando desde un componente hidráulico (motores o cilindros) hacia la bomba y de allí nuevamente hacia los componentes, es decir, el aceite está siempre en circulación, ya que no existe depósito. La bomba usada generalmente en este tipo de circuitos es bidireccional, ya sea de flujo fijo o variable.

## **1.6 Tipos de aceites hidráulicos**

Para los circuitos hidráulicos suelen adaptarse y emplearse tres tipos de fluidos: aceites derivados del petróleo, fluidos sintéticos y agua. Aunque muy adecuada para ciertos tipos de aplicaciones, el agua no satisface todas las exigencias de las instalaciones hidráulicas.

Es importante recordar que la misión de un fluido hidráulico no es solo transmitir energía, sino, también, la de actuar como lubricante y cierre hermético. Con objeto de realizar satisfactoriamente estas tres funciones, el fluido debe tener ciertas propiedades básicas que generalmente son llamadas propiedades de servicio. Dichas propiedades deben encontrarse presentes en el grado que exige la aplicación determinada, de lo contrario, seguramente surgirán dificultades de funcionamiento e incluso puede fallar la instalación.

A continuación se da una breve descripción de las principales propiedades de servicio de los aceites hidráulicos:

- q **Viscosidad:** Es la propiedad más importante del fluido hidráulico. Es la resistencia interna que afecta al flujo, a una temperatura y presión determinadas. Es la medida de la resistencia de un fluido para fluir. Para propósitos prácticos se puede usar la viscosidad relativa, la cual se determina midiendo el tiempo que tarda en fluir a través de un orificio estableciendo una cantidad específica de aceite a una temperatura dada. Las unidades más usadas son el Segundo Saybol Universal (SUS por sus siglas en inglés) y el centistokes (cSt) siendo las temperaturas que se usan de referencia 37.8 °C (100 °F) y/o 98.9 °C (210 °F).
  
- q **Índice de viscosidad:** Es una medida o escala arbitraria que indica la velocidad del cambio de la viscosidad en función de la temperatura de los fluidos hidráulicos. Cuanto más elevado sea el valor numérico de este índice, tanto menor será el cambio de viscosidad para un valor determinado de la temperatura, y viceversa. Por tanto, dos aceites pueden tener la misma viscosidad a 37.8 °C (100 °F), pero viscosidades completamente distintas a una temperatura mucho más elevada.

El aceite que tiene el índice de viscosidad más elevado registrará el cambio más pequeño y, desde este punto de vista, es preferible tratándose de una maquina o sistema hidráulico.

- q **Desemulsibilidad:** La propiedad de servicio de un fluido hidráulico que permite que se separe rápida y completamente de la humedad y que resista con éxito la emulsificación, se conoce con el nombre de desemulsibilidad. Esta propiedad es sumamente importante, ya que el diseño, construcción y funcionamiento de un sistema hidráulico tienden a la formación de humedad y de emulsiones estables de agua y aceite del sistema.
  
- q **Estabilidad a la oxidación:** Esta es otra propiedad de servicio que es sumamente importante en la determinación de la calidad de un aceite hidráulico, y se define como la aptitud del fluido para resistir la oxidación y deterioro durante periodos prolongados de tiempo. Esta propiedad esta basada en la estructura química inherente del aceite en sí, que puede reforzarse mediante aditivos que inhiben la descomposición.
  
- q **Untuosidad:** Algunas maquinas herramientas emplean el mismo aceite como medio hidráulico y como lubricante, lo que exige que tenga una mayor untuosidad. La aptitud de un aceite para comportarse satisfactoriamente, es decir para reducir al mínimo el frotamiento y el desgaste, se debe a aquella propiedad que se conoce con el nombre de valor lubricante. Al contrario de lo que ocurre con la viscosidad, que es una propiedad eminentemente física, el valor lubricante está relacionado directamente con su naturaleza y afinidad química por los metales.

q **Propiedades anti-herrumbre y anti-corrosivas:** La ausencia de corrosión es otro factor que hay que tener en cuenta. El índice de neutralización del aceite (que nos da su grado de acidez o de alcalinidad), puede ser satisfactorio cuando aquel se está por estrenar; pero una vez usado, el aceite puede desarrollar una tendencia corrosiva a medida que empieza a deteriorarse. Otro tipo de corrosión es la herrumbre, que conviene combatir de modo distinto. Cuando los sistemas están inactivos durante periodos largos de tiempo después de haber funcionado a temperaturas elevadas, se condensa humedad en el sistema, dando lugar a la formación de herrumbre.

q **Resistencia a la espuma:** Debido a la construcción de la maquina o al tipo de trabajo que realice, en ciertos sistemas hidráulicos se acusa una formación de espumas excesivas, debido a la entrada de aire en la línea de succión de aceite, fugas alrededor de sellos, bajo nivel en el deposito que permite exponer la entrada de succión de la bomba y otras fuentes a medida que el aceite se devuelve al deposito. En algunos casos, esta formación de espumas se debe a la presencia de aditivos.

**Aditivos:** Los aditivos son compuestos químicos que se agregan al aceite para darle propiedades específicas. Algunos aditivos imparten nuevas y beneficiosas propiedades, otros mejoran las ya existentes; mientras otros reducen la velocidad en la cual el aceite sufre cambios no deseados durante su vida útil. En la actualidad, prácticamente todos los tipos de aceite contienen al menos un aditivo, mientras que otros contienen una gran variedad. Es importante tomar en cuenta que, además de las propiedades benéficas que los aditivos nos brindan, podemos tener efectos dañinos si se usan en una dosificación excesiva o si interactúan con otros.

A continuación se mencionan ejemplos de aditivos:

- q Depresores del punto de fluidez
- q Mejoradores del índice de viscosidad
- q Antiespumantes
- q Antioxidantes
- q Antidesgaste
- q Inhibidores de corrosión
- q Inhibidores de herrumbre

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Antecedentes históricos del sistema hidráulico**

La operación más importante del proceso de galvanizado como se describió en el capítulo anterior, se efectúa en el horno de galvanizado y es en este lugar donde se encuentra instalado el sistema hidráulico sujeto a rediseño en el presente trabajo.

El sistema hidráulico utilizado para levantar el horno de galvanizado fue instalado juntamente con el horno hace aproximadamente 25 años y no se cuenta con registros o información que revele la fecha exacta de instalación, ni tampoco si al sistema se le ha efectuado algún tipo de modificación.

#### **2.1.1 Descripción del sistema**

La función del sistema hidráulico llamado también, unidad de elevación, consiste en proporcionar la fuerza necesaria para levantar el horno de galvanizado. El horno está montado sobre cuatro cilindros idénticos que son impulsados por una bomba. El sistema cuenta también con un panel de mando en donde son operados todos los componentes (los componentes del sistema se describen más adelante).

El objetivo principal de levantar el horno de galvanizado, es proporcionar la accesibilidad necesaria al personal encargado de darle mantenimiento y limpieza al horno, ya que como parte fundamental del proceso de galvanizado es de vital importancia reducir al máximo la averías o paradas, ya que esto representaría una inactividad inevitable en la producción de la planta.

Con base a lo anotado en el párrafo anterior se deriva la importancia de que el sistema hidráulico funcione de forma correcta, eficiente y además que su operación no represente riesgo alguno.

### **2.1.2 Tiempo de operación del sistema**

Recordando que la función del sistema hidráulico es levantar el horno para tener acceso necesario y poder darle mantenimiento, el tiempo de operación queda entonces en función del mantenimiento aplicado.

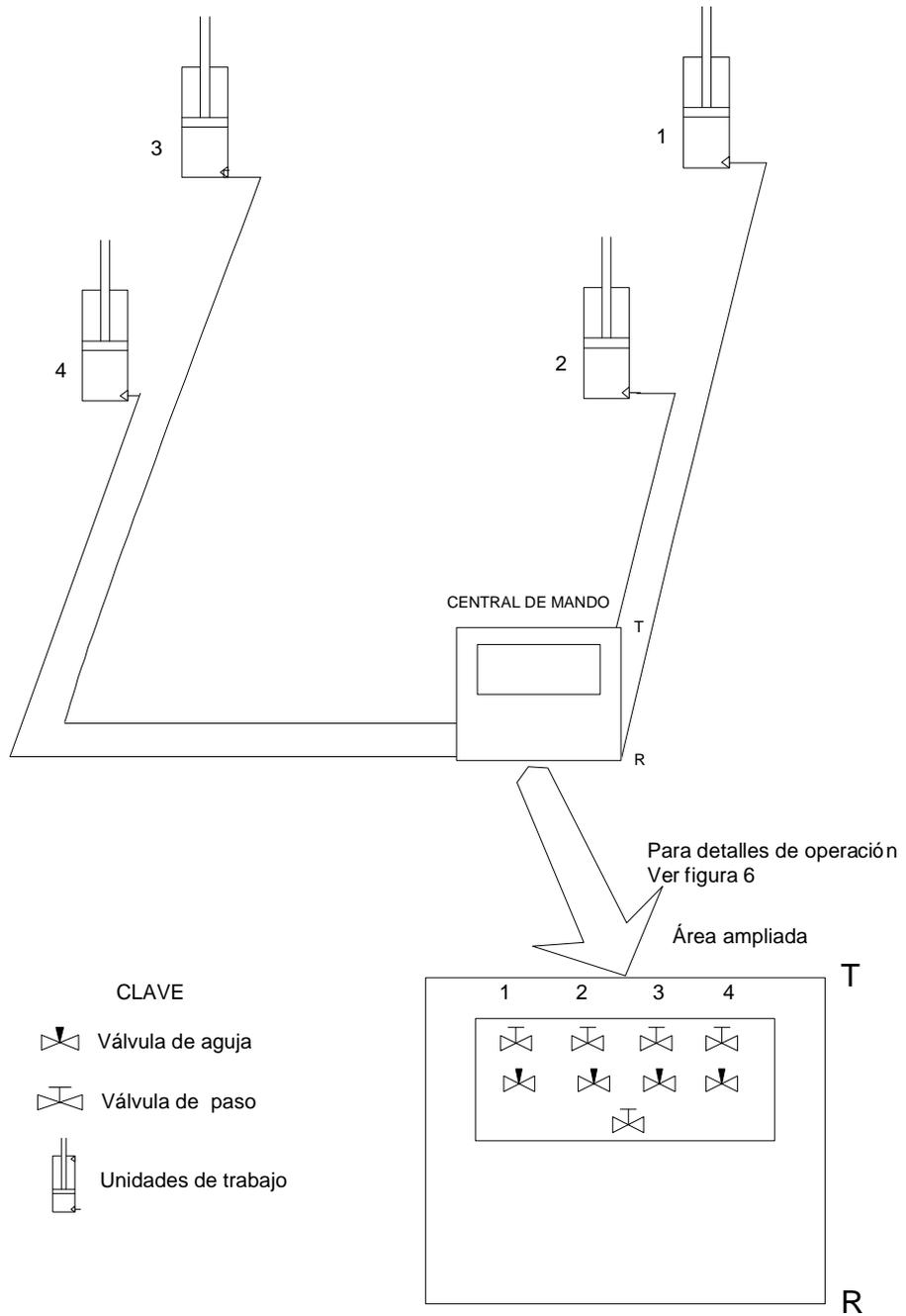
Actualmente no hay establecido un plan rígido para el mantenimiento del horno, ya que este se realiza en función del tiempo de operación que a su vez depende de la producción demandada, sin embargo ya que generalmente solo los domingos y ocasionalmente los sábados es cuando no funciona el horno, para poder efectuarle limpieza, el horno es levantado como mínimo una vez por día.

El tiempo de operación del sistema es el necesario para levantar el horno, que el personal encargado realice la limpieza y, luego bajar el horno; esto dura dependiendo de los residuos que haya que remover del horno o de las veces que haya necesidad de levantarlo, además de las ocasiones en que exista un mantenimiento programado. Por todo lo anterior el sistema no tiene un tiempo fijo de operación.

### **2.1.3 Plano de ubicación del sistema**

A continuación se presenta el plano de cómo está ubicado el sistema hidráulico.

**Figura 5. Plano actual del sistema**



#### 2.1.4 Forma en que opera el sistema

La forma en que opera el sistema esta constituida por tres fases las cuales se describen a continuación:

- I. **Elevar:** después de haber conectado el motor, la bomba suministra a los 4 cilindros exactamente las mismas cantidades de aceite, a presión máxima sobre la válvula. Los émbolos de elevación salen regularmente.
- II. **Parada:** Cuando el horno alcanza su elevación máxima se desconecta el motor; el sistema esta parado.
- III. **Bajar:** al bajar por primera vez, se abre cada válvula reguladora para los 4 émbolos proporcionalmente, manteniendo cerrada la válvula de descenso, se observa minuciosamente los émbolos y se abre cuidadosamente la válvula de descenso. Como existen diferencias causadas por cargas desiguales, se debe ajustar la válvula reguladora conforme a eso para tratar de que se obtenga también una bajada uniforme. Una vez alcanzada la velocidad de descenso uniforme, solo es necesario operar la válvula de descenso manualmente.

Por lo todo lo anterior son evidentes las desventajas de la forma en que opera el sistema, ya que prácticamente cada ves que se utiliza existe la necesidad de ajustar los mandos de cada una de las unidades de trabajo.

#### **2.1.4.1 Personal responsable**

Las personas responsables de operar el sistema hidráulico son los dos jefes de área (uno en cada turno), dichas personas son las que disponen cuándo efectuar la elevación del horno para realizar la limpieza o el mantenimiento correspondiente, como se mencionó anteriormente regularmente el horno se levanta una vez por día. Todo el personal que labora en el área de galvanizado es el responsable de efectuar la limpieza e inspecciones visuales al sistema.

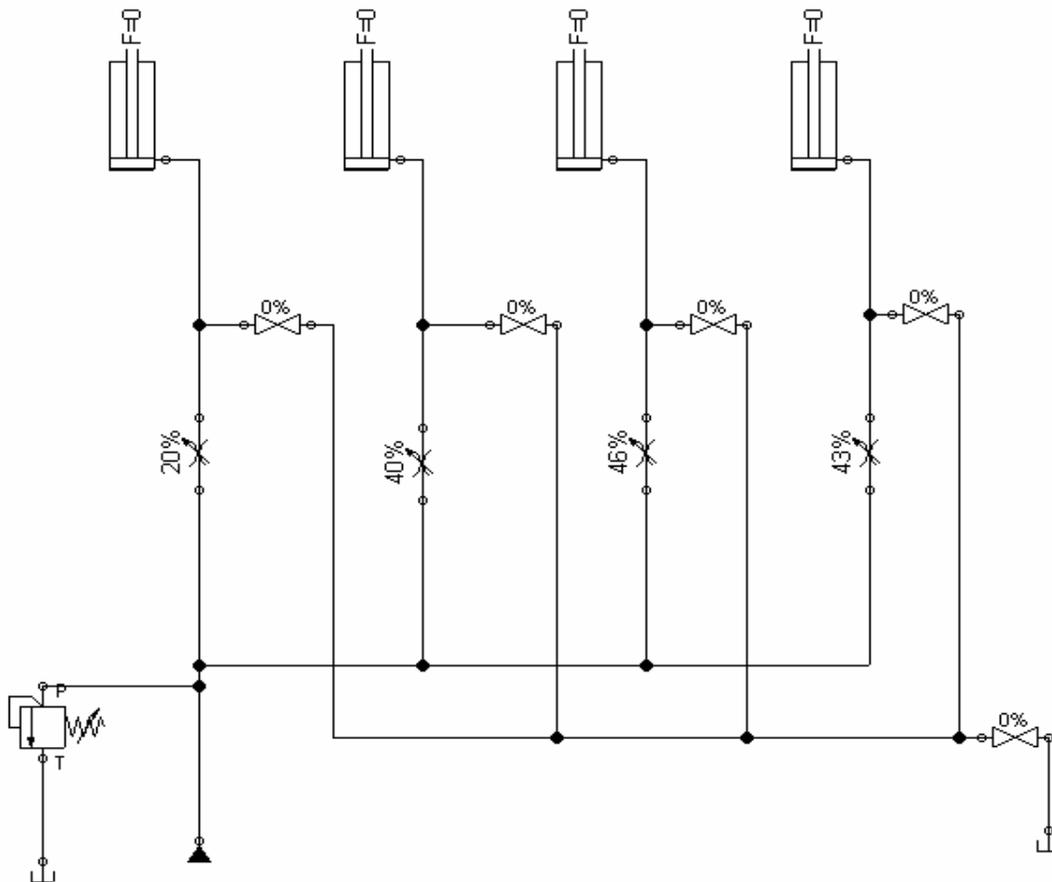
### **2.2 Características de los componentes del sistema**

A continuación se presentan las características de la situación actual del sistema hidráulico utilizado para levantar el horno de galvanizado.

#### **2.2.1 Diagrama del circuito**

A continuación en la figura 6. Se presenta el diagrama actual del sistema hidráulico.

**Figura 6. Diagrama actual del circuito**



**CLAVE**

- |   |                               |   |                           |
|---|-------------------------------|---|---------------------------|
|  | Válvula de paso               |  | Válvula de máxima presión |
|  | Unidad de trabajo             |  | Depósito                  |
|  | Válvula limitadora de presión |  | Bomba                     |

## **2.2.2 Capacidad del sistema**

El actual sistema hidráulico tiene la capacidad de operar de acuerdo a los requerimientos básicos de funcionamiento, presentando varias desventajas que se abordaran más adelante. Produce un caudal de 15 l/min. (3.90 GPM) a una presión de 138 bar.

## **2.2.3 Unidad generadora de flujo**

Los elementos que se enlistan a continuación son los encargados de producir en el fluido el movimiento y la presión necesaria:

### **2.2.3.1 Bomba**

Actualmente en el sistema hidráulico utilizado para levantar el horno de galvanizado en la planta de clavo y alambre, la bomba utilizada es de desplazamiento positivo, lo cual significa que, exceptuando los cambios de rendimiento, la salida de la bomba es constante.

Como no existe información de las especificaciones de todo el sistema instalado, fue necesario efectuar mediciones directas al sistema, en el caso de la bomba se procedió a tomar medidas de la presión, velocidad y potencia, con lo cual se obtuvieron los siguientes datos: presión de 138 bares, con un caudal de 15 l/min.

### **2.2.3.2 Motor eléctrico**

El motor eléctrico es el que suministra la energía mecánica a la bomba, y de acuerdo a los datos recabados durante las visitas de campo y las lecturas respectivas, los datos del motor son: potencia de 2.2 Kw, velocidad de 1,715 RPM, 220/440V y un factor Y de 9.2/5.2 Amp.

El sistema cuenta con un procedimiento de bombeo manual en el caso de que no hubiera energía eléctrica.

### **2.2.3.3 Depósito o tanque**

En el sistema instalado actualmente, el tanque se encuentra directamente debajo de la bomba y sus dimensiones son las siguientes:

Largo	0.60 m
Ancho	0.35 m
Altura	0.32 m

Con lo cual se establece que su capacidad volumétrica es de 0.0672 m<sup>3</sup> ó 67.2 litros, el depósito cuenta con su respectivo orificio de llenado y para drenaje, éste último ubicado en uno de los costados, en el mismo costado se encuentra la palanca para bombeo manual.

### **2.2.4 Mandos del circuito**

El sistema cuenta con una central donde se ubican los mandos principales del circuito.

Como se anotó en las tres fases de operación del sistema descritas con anterioridad, en este panel se encuentran mandos individuales para cada cilindro a través de los cuales se puede ajustar el funcionamiento de cada uno, los mandos que se tienen son: cuatro válvulas reguladoras de caudal y cuatro válvulas de paso. Por las deficiencias que presenta el sistema, prácticamente se deben de ajustar todas las válvulas cada vez que se utiliza, lo que se convierte en una operación muy compleja.

Una de las causas de que los cilindros no levanten sincrónicamente se debe a que el peso del horno no está balanceado para cada cilindro por lo que cada uno debe aplicar una fuerza diferente. Debido a esto se aprecia la necesidad del rediseño del sistema.

Además en el panel encontramos la válvula de descenso del sistema, que es una válvula de globo. Como el sistema desciende por gravedad, con esta válvula se puede obtener una regulación del flujo a conveniencia. También se encuentra una válvula de globo a una salida extra en cada uno de los cilindros, las cuales se presume que sean para lectura de presiones y que son usados como respiraderos por los operadores del sistema.

En el panel de operación el único mando que no se encuentra es el que acciona la bomba, pues éste se encuentra en otro panel donde están los demás mandos eléctricos usados en el área de galvanizado; se hace hincapié en que este mando solo enciende y apaga la bomba, es decir cuando el sistema está arriba la bomba debe apagarse manualmente ya que como se mencionó el descenso es por gravedad.

### **2.2.5 Tubería**

La tubería que esta instalada en el sistema es de cobre, el diámetro utilizado en la que sale directamente de la bomba hasta otra tubería de distribución para los cuatro cilindros es de ½ pulgada, también es del mismo diámetro la tubería donde se unen el flujo de cada uno de los cilindros para pasar por la válvula de descenso, hasta llegar al tanque o depósito. Todo el resto de tubería instalada en el sistema es de ¼ de pulgada.

La tubería es otra de las razones del rediseño ya que presenta demasiadas fugas en las conexiones, así como excesivos accesorios de conexión.

### **2.2.6 Unidades de trabajo**

El presente sistema esta formado por cuatro unidades principales de trabajo, éstos obtienen el caudal proveniente de la bomba y son los encargados de elevar el horno de galvanizado para que se le efectúe la limpieza o mantenimiento necesario

#### **2.2.6.1 Cilindros**

Las unidades de trabajo mencionadas en el inciso anterior son cuatro cilindros hidráulicos, idénticos, de simple efecto, dichos cilindros fueron instalados originalmente con el sistema que como se menciona en el capítulo 1 tienen aproximadamente 25 años de uso y no existen datos que muestren sus especificaciones, tampoco en los cilindros se observa ninguna placa de identificación por lo que los datos que se presenta a continuación se obtuvieron efectuando mediciones directas.

Diámetro del cilindro	0.108 m
Diámetro del vástago	0.08 m
Carrera del vástago	0.45 m

### **2.2.7 Fluido hidráulico utilizado**

El fluido hidráulico utilizado en el sistema para levantar el horno de galvanizado, de acuerdo al personal de mantenimiento, es **Tellus 68**, éste aceite es fabricado por la empresa Shell. Además es importante anotar que no existe un régimen establecido para el cambio y control del aceite.

### **2.3 Mantenimiento aplicado**

Básicamente el sistema no cuenta con un programa específico de mantenimiento, a continuación se menciona lo que se realiza y quién lo hace.

#### **2.3.1 Rutinas de mantenimiento**

El mantenimiento aplicado al sistema hidráulico en la actualidad, consiste en las rutinas que se hacen diariamente a toda el área de galvanizado, las cuales radican, principalmente, en una inspección general de toda el área y no del sistema en específico. Prácticamente sólo es aplicado mantenimiento correctivo: fugas, nivel de aceite, daño en tuberías, etc.

### **2.3.2 Personal responsable**

La persona responsable de efectuar la inspección mencionada es el jefe de turno del área de galvanizado y todo el personal del área de galvanizado es el encargado de la limpieza y de informar al jefe de turno de cualquier anomalía visible en el sistema; a su vez el jefe de turno informa al departamento de mecánica quienes son los encargados de efectuar las correcciones necesarias.

## **2.4 Problemas y desventajas del sistema**

El sistema hidráulico presenta una serie de aspectos que afectan la operación y por lo cual su funcionamiento no se aprovecha al máximo; a continuación se presentan los aspectos más relevantes.

### **2.4.1 Deficiencias**

Las principales deficiencias que presente el actual sistema hidráulico son las siguientes.

- q Falta de sincronización en la elevación del horno de galvanizado.
  
- q Mandos del sistema individualizados, lo cual provoca una operación compleja.
  
- q Demasiadas fugas de aceite en todo el sistema, principalmente en las uniones y conexiones de las tuberías y los diferentes componentes.
  
- q Falta de identificación de todo el sistema hidráulico.

- q Falta de un programa integral de mantenimiento para el sistema.
  
- q La bomba debe desconectarse manualmente cuando el sistema finaliza su elevación.
  
- q Falta de información que pueda servir de referencia en el mantenimiento y operación del sistema.

#### **2.4.2 Capacidad de respuesta**

La capacidad de respuesta es uno de los principales problemas que presenta el actual sistema, ya que como se ha hecho referencia éste no se encuentra sincronizado y, como consecuencia, cada cilindro efectúa su recorrido a diferente velocidad, lo que requiere que se manipulen las válvulas de cada unidad de trabajo para obtener el mejor resultado posible. Otra posible causa de que el sistema constantemente se desajuste es por las numerosas fugas que existen.

Esta falta de respuesta y sincronización constituye una parte crítica, ya que en ocasiones existe la necesidad de levantar primero la parte frontal del horno y la parte trasera después para poder efectuar el mantenimiento; esto ocasiona otro grave problema, ya que el horno por estar construido a base de refractario, sufre esfuerzos de compresión y torsión para lo cual no está diseñado, lo que provoca su deterioro, reducción de la vida útil y mantenimientos prolongados, que se traducen en costos para la empresa.

### **2.4.3 Riesgos en la operación**

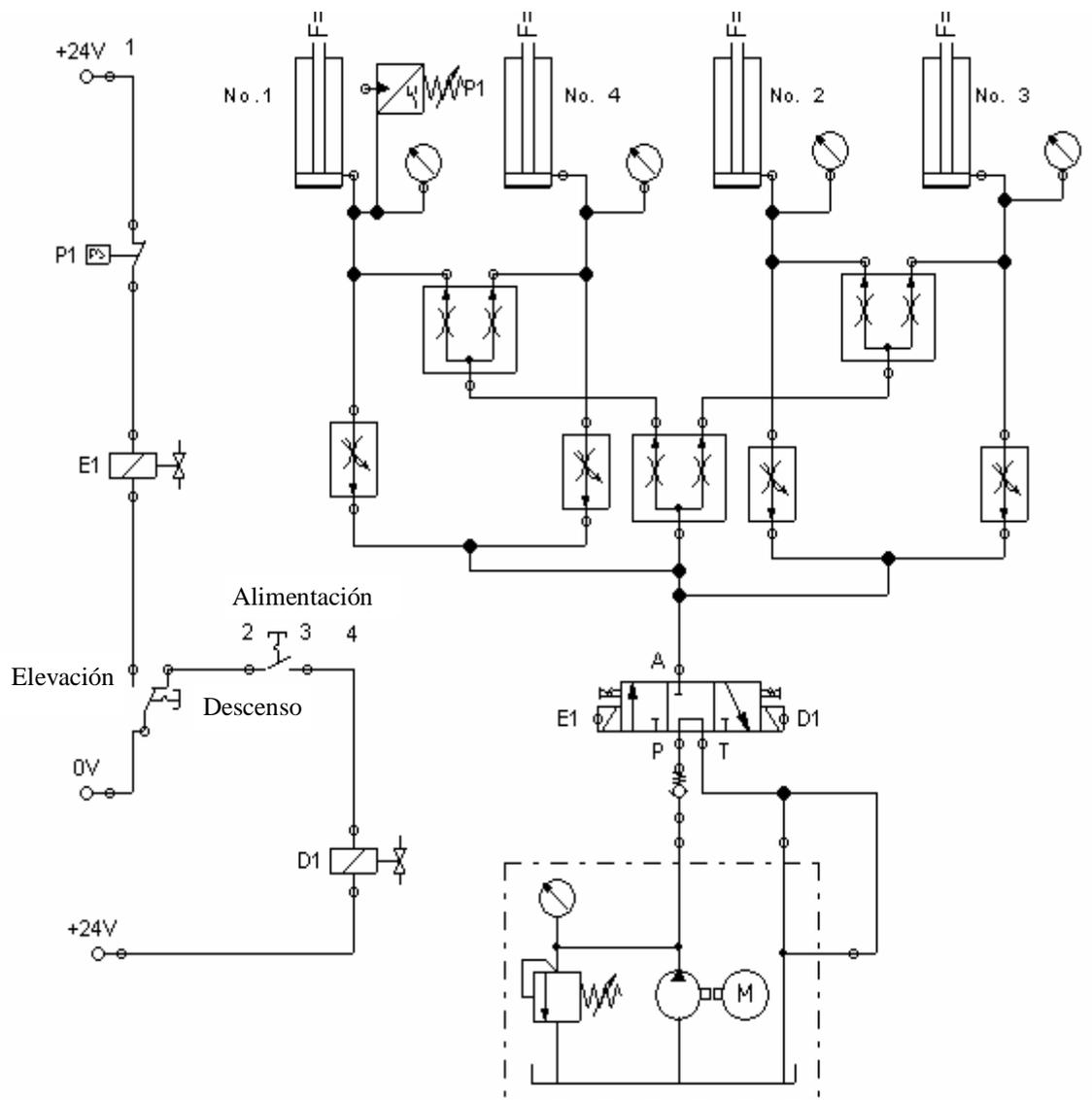
Algunos problemas que tiene el sistema se convierten en riesgos en su operación, como por ejemplo:

- q Las fugas de aceite representan riesgos de accidentes para todos los trabajadores del área de galvanizado, pues estos están en constante movimiento para controlar todo el proceso. Por ejemplo: caídas y quemaduras con aceite.
  
- q La falta de sincronización o elevación no nivelada, no permite que la limpieza o mantenimiento del horno se realice con suficiente seguridad por parte de los responsables de la misma.
  
- q La falta de señalización de todo del sistema no permite identificar fácilmente, cuál mando pertenece a cada unidad de trabajo, así como las características de todos los componentes y por ejemplo la dirección del flujo en las tuberías.

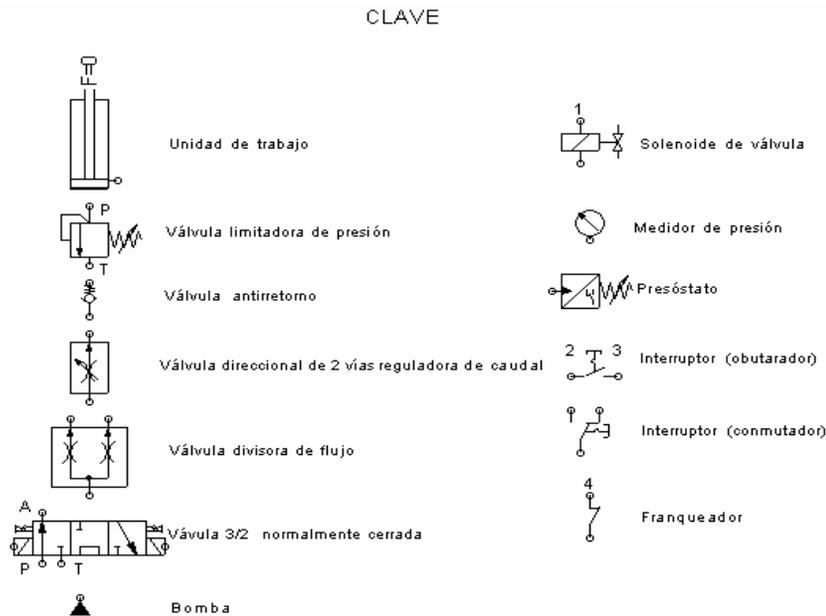
### 3. DISEÑO PROPUESTO

#### 3.1 Diagrama del circuito

Figura 7. Diagrama del circuito propuesto



## Clave para componentes de la figura 7



### 3.2 Descripción del sistema hidráulico propuesto

El sistema que se propone tiene como objetivo principal optimizar el funcionamiento del sistema utilizado para levantar el horno de galvanizado. Como se planteo en la capitulo 1 el uso de la hidráulica puede presentar beneficios y en la presente propuesta se aprovechan algunas de éstas.

De acuerdo al diagnostico de la situación actual y de común acuerdo con la empresa, se estableció que se utilizaran algunos componentes del actual sistema ya que no existe la necesidad de sustituirlos. Los componentes que se utilizarán son: la bomba hidráulica, el tanque o depósito y los cilindros o unidades de trabajo.

El sistema funciona totalmente sincronizado: la elevación se efectúa de manera que todos los cilindros la realizan a una misma velocidad, con lo cual se evita que el horno sufra daños por aplicación de diferentes fuerzas en cada cilindro; el horno desciende también de forma sincronizada; además para la operación únicamente es necesario accionar los mandos de encendido, elevación y descenso por lo que la operación es mucho más sencilla y, con la instalación de tubería y accesorios nuevos se asegura que el sistema no tendrá fugas que afecten su eficiencia. La forma y los pasos para operar el sistema se describen en el siguiente capítulo.

### 3.2.1 Cálculos necesarios

A continuación se presentan los cálculos efectuados para el diseño propuesto:

Los cuatro cilindros utilizados en el sistema son idénticos y tienen las siguientes dimensiones: Diámetro del cilindro 0.108 m, diámetro del vástago 0.08 m, carrera del vástago 0.45 m y la velocidad deseada de elevación es de 0.009m/s, con la cual tardara 50 segundos en alcanzar su elevación máxima.

$$\text{Área efectiva del cilindro} = \pi r^2 = \pi (0.04 \text{ m})^2 = \mathbf{0.005 \text{ m}^2}$$

Calculando el caudal necesario se tiene:

$$\text{Caudal} = \text{velocidad} * \text{área} = (0.009\text{m/s}) (0.005 \text{ m}^2) = 0.000 045 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Donde:

$$(0.000 045 \text{ m}^3 / \text{s})(1 \text{ litro}/0.001 \text{ m}^3)(60 \text{ s}/ 1\text{min.}) = \mathbf{2.7 \text{ l/min.}}$$

Como se trata de 4 cilindros, se tiene  $4 * 2.7 \text{ l/min.} = 10.8 \text{ l/min.}$  Esta es la capacidad o caudal mínimo que debe tener el sistema para operar los cilindros a la velocidad deseada.

De acuerdo a la capacidad del sistema actual, descrito en el capítulo anterior, y los datos arriba calculados, se establece que la bomba sí tiene la capacidad de proporcionar el caudal necesario, para mover los cilindros a la velocidad deseada. Se establece también que la presión de trabajo quede regulada en 103.44 bar.

Para todo diseño se recomienda que el tanque ó depósito tenga la capacidad de proveer de dos a tres veces el flujo necesario en el sistema.

El depósito deberá de tener como mínimo una capacidad de volumen de:

$3 * 10.8 = 32.4$  litros. Por lo que el depósito actual también cumple con las especificaciones.

### **3.2.2 Descripción de componentes**

Los componentes a utilizar en el diseño propuesto son los siguientes:

Unidad generadora de flujo: formada principalmente por la bomba, motor eléctrico y depósito; dichos componentes serán tomados del actual sistema pues se encuentran en buenas condiciones y cumplen con las especificaciones necesarias. Se instalara un manómetro para controlar la presión del sistema, así como una válvula de máxima presión indispensable en todo circuito.

Unidad distribuidora y mandos: será necesario el uso de válvulas distribuidoras de caudal, válvulas reguladoras y divisoras de caudal. Además se utilizarán mandos eléctricos: Conmutadores, contactos normalmente cerrados, interruptores, presóstatos y solenoides para válvulas.

Unidades de trabajo: se utilizaran los cilindros instalados en el sistema actual y se instalará un manómetro a cada uno para poder controlar la presión de trabajo.

Para ver detalles de cómo están conectados los componentes ver figura 7.

Además para la instalación del sistema se usaran accesorios necesarios tales como: codos, tees, racores, uniones, etc.

### **3.2.3 Tubería**

La tubería que se utilizará en el diseño será de cobre tipo "K", de ¼ de pulgada de diámetro externo, ya que esta cumple con las especificaciones necesarias para el sistema propuesto y por la economía que representa. La instalación de la tubería debe de efectuarse tomando todas las consideraciones necesarias para que el sistema trabaje en forma óptima; es decir no deben de quedar fugas, deben tener fácil acceso para brindarle mantenimiento, no debe de efectuar recorridos innecesarios, etc.

El uso de la tubería de cobre además representa las siguientes ventajas:

- q Fabricada sin costura.

- q Continuidad de flujo por su pared lisa: El proceso de fabricación por extrusión permite obtener tuberías con paredes lisas y tersas, esto, aunado a que no admiten incrustaciones en su interior, permite conducir los fluidos con un mínimo de pérdidas de presión, conservando el mismo flujo durante la vida útil de la instalación.
  
- q Resistencia a las presiones internas de trabajo: Las tuberías de cobre se fabrican sin costura, lo que permite tener espesores de pared mínimos calculados para resistir perfectamente las presiones de trabajo que se presentan en cualquier instalación, además de ofrecer un factor de seguridad de 5 veces la presión de trabajo constante.
  
- q Las tuberías de cobre pueden instalarse todo el año, a cualquier temperatura y clima. Asimismo, pueden probarse inmediatamente después de la instalación.
  
- q Resistencia a la corrosión: El cobre debido a sus características, es sin duda el metal apropiado para la fabricación de tuberías. El cobre tiene la particularidad de cubrirse de una capa de óxido que penetra en el metal sólo unas cuantas micras, esta capa sirve de protección indefinida, de ahí que las tuberías de cobre tengan un excelente comportamiento frente a la totalidad de los materiales de construcción y de los fluidos a conducir, asegurando así una larga vida útil.
  
- q Las tuberías de cobre se fabrican en dos temple: rígidas en tramos rectos de 6.10 m y flexibles en rollos de 15.24 m y de 18.30 m de largo. Son ligeras y se instalan con facilidad y rapidez.

- q La tubería de cobre no requiere de mayor mantenimiento y puede protegerse de daños. Su conductividad térmica permite el uso de métodos simples de ajuste en caso de ser necesario.

### **3.2.4 Características del fluido a utilizar**

Los sistemas hidráulicos utilizan aceites como fluidos de transmisión, de potencia y presión. La composición y calidad de un fluido hidráulico es extremadamente importante para proteger y lubricar los mecanismos de bombas, motores y dispositivos de control, con la mayor efectividad posible y al mismo tiempo aumentar su vida útil.

Los fabricantes de componentes y equipos hidráulicos definen los requisitos y propiedades de los fluidos hidráulicos adecuados en cada caso, ya sea utilizando especificaciones internacionales o por medio de ensayos específicos.

En el presente caso, el sistema, debido al horno, trabaja en un ambiente con temperaturas relativamente altas, por lo que, para el diseño propuesto, se recomienda usar aceite **Shell Tellus T Oils 68** que posee las siguientes características:

Es un aceite hidráulico de alto índice de viscosidad, clase HV, desarrollado para sistemas hidráulicos que trabajen a presiones elevadas que estén sometidos a importantes variaciones de temperatura y que exijan una muy baja variación de la viscosidad con la temperatura.

#### **Composición:**

- q Mezcla de aceites minerales súper refinados y aditivos.

### **Propiedades:**

- q Es lo suficientemente fluido a bajas temperaturas, como para permitir arranques fáciles en frío y la disminución de pérdidas de carga en los filtros.
- q Permanece lo suficientemente viscoso a altas temperaturas para asegurar la lubricación de los órganos sensibles.
- q Mejoradas propiedades antidesgaste, para asegurar una buena protección de la bomba.
- q Propiedades anticorrosivas y antiherrumbre, para una protección eficaz del circuito.
- q Una gran resistencia a la oxidación, que aumenta la duración de la vida útil del aceite.
- q Una buena filtrabilidad, factor primordial en el funcionamiento de la instalación.
- q Compatibilidad con las juntas normalmente utilizadas en los circuitos hidráulicos.
- q Alta estabilidad al cizallamiento, permitiendo mantener estable la viscosidad a lo largo de su vida en servicio.

Un resumen de las normas y de las características técnicas medias de este aceite se muestra en los anexos.

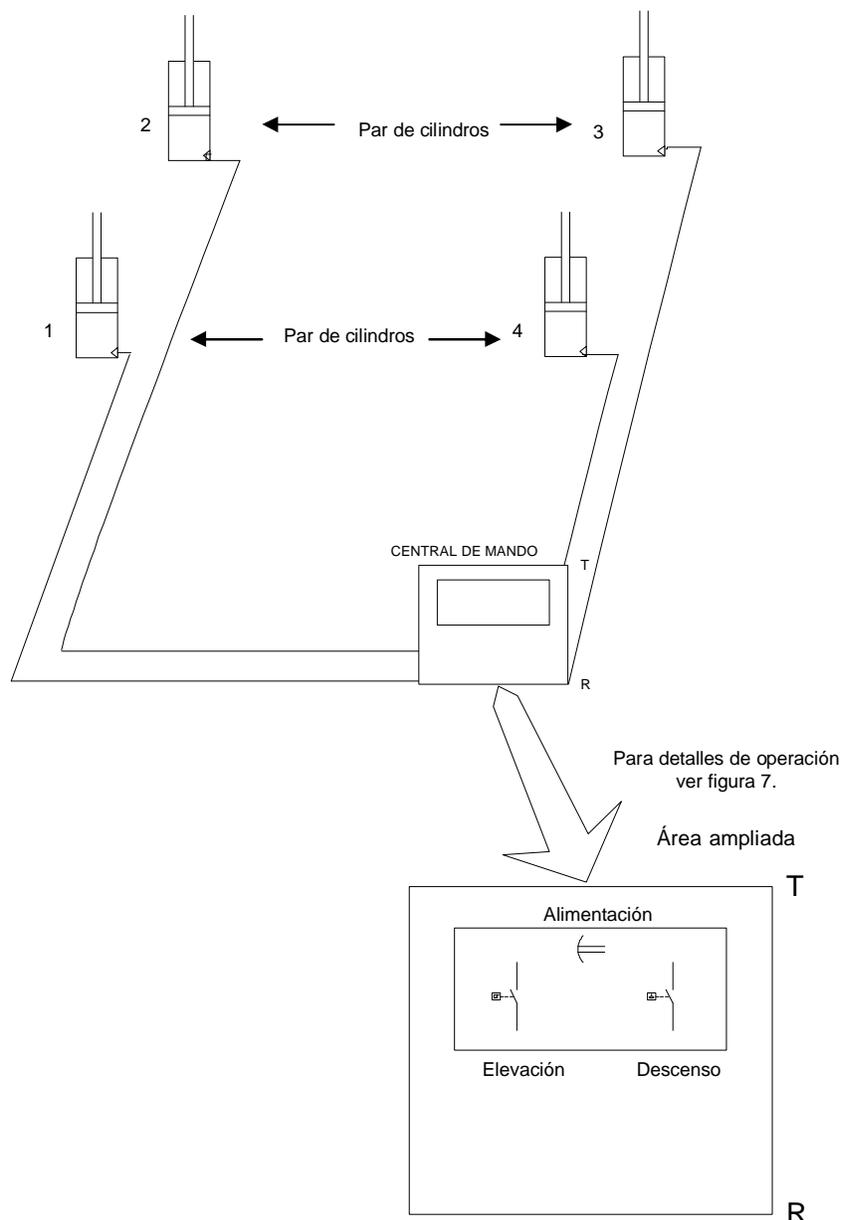
### **3.3 Instalación del sistema**

El sistema tendrá variaciones con respecto a la instalación actual, principalmente en la identificación del sistema, la ubicación y tipos de los mandos, la agrupación y numeración de los cilindros.

### 3.3.1 Plano del sistema

En la figura 8 se muestra como estarán agrupados los cilindros y también muestra como será la nueva central de mando.

**Figura 8. Plano del sistema con la nueva central de mando**



### **3.4 Beneficios del sistema propuesto**

A continuación se presentan los principales beneficios del rediseño, del sistema hidráulico utilizado para levantar el horno de galvanizado.

- q El horno se logra levantar de forma sincronizada.
- q El sistema opera en forma automática, pues no existe la necesidad de estar ajustando las diferentes válvulas.
- q Eliminación de factores que reducen la eficiencia del sistema como conexiones innecesarias y principalmente fugas.
- q Todos los componentes del sistema estarán debidamente identificados lo cual permitirá llevar un adecuado control de los mismos.
- q Mejor control visual de la presión de trabajo por medio de los manómetros a instalar.
- q Creación de un plan integral de mantenimiento para el sistema.
- q Operación sencilla del sistema.
- q Confianza y seguridad para el personal encargado de la operación y del mantenimiento.
- q Bajo costo de instalación debido a que se usaran los principales componentes del sistema actual.

### 3.5 Análisis de costos

Para efectuar la instalación del nuevo diseño se necesita la siguiente inversión:

#### 3.5.1 Costo de componentes

La inversión necesaria para los componentes se muestra en la tabla I.

**Tabla I. Costo de componentes**

<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO (Q.)</b>
Válvula 3/2 normalmente cerrada	1	3,284.8
Válvula antirretorno	1	192.30
Válvula de máxima presión (presión nominal 103.44 bar.)	1	254.50
Válvulas direccional de 2 vías reguladoras de corriente	4	267.00 c/u
Válvula divisoras de caudal	3	857.70 c/u
Franqueador eléctrico	1	50.00
Presóstato	1	500.00
Interruptor obturador	1	40.00
Interruptor conmutador	1	40.00
Filtro	1	200.00
Manómetro tipo bourdon	5	178.00 c/u
Codos de ¼ de pulg.	18	9.00
Cruces de ¼ de pulg.	9	9.00
<b>TOTAL</b>		<b>9,335.20</b>

### 3.5.2 Costo de materiales

El costo de los materiales necesarios se presenta en la tabla II.

**Tabla II. Costo de materiales**

<b>NOMBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO (Q.)</b>
Tubería de cobre de ¼ tipo K	25 metros	300.00
Pintura	2 galones	200.00
Teflón	3 rollos	75.00
Tarjetas o Etiquetas (para identificar componentes)	*	500.00
Materiales de construcción ( para cimiento de la central de mando )	3 sacos de cemento; 1/4 m <sup>3</sup> de piedra; 1/4 m <sup>3</sup> de arena	350.00
Cable calibre 8	50 m.	200.00
Otros		500.00
<b>TOTAL</b>		<b>2,125.00</b>

\* Es importante anotar que las etiquetas adhesivas llevan un proceso de diseño especial, ya que se debe de tomar en cuenta las condiciones de donde serán usadas. En el presente caso las condiciones son extremas por lo que el costo de fabricación de estas es elevado, además del inconveniente de que las empresas dedicadas a este trabajo, generalmente producen solo volúmenes grandes de pedidos. El costo que se presenta en la tabla anterior es de 5 etiquetas para cada uno de los componentes.

### 3.5.3 Costo de mano de obra

Para la instalación del sistema se estima un tiempo máximo de 5 días, debido a que el paro en producción del área de galvanizado no debe ser prolongado por el costo que representa para la empresa. Los costos para la mano de obra se presentan en la tabla III.

**Tabla III. Costos de mano de obra**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO (Q.)</b>
Accesoría y supervisión de ingeniero	10,000.00
Dos técnicos instaladores ( tomando como base un sueldo de 3,500.00 mensuales )	1,166.67
Trabajo de albañilería a necesario( ej. los cimientos)	300.00
<b>TOTAL</b>	<b>11,466.67</b>

### 3.5.4 Costo total del proyecto

Integrando todos los costos, la inversión total para el diseño propuesto se muestra en la tabla IV.

**Tabla IV. Costo total del proyecto**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO (Q.)</b>
Costo de componentes	9,335.20
Costo de materiales	2,125.00
Costo de mano de obra	11,466.67
<b>TOTAL</b>	<b>22,927.17</b>
Factor de seguridad por posible aumento de precios ( 10% )	2,291.72
<b>TOTAL</b>	<b>25,219.89</b>

## 4. IMPLEMENTACIÓN

### 4.1 Descripción y cantidad de componentes a utilizar

Para efectuar satisfactoriamente la implementación del diseño propuesto a continuación se presenta lo requerido.

#### 4.1.1 Tubería

**Tabla V. Tubería necesaria para la instalación**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
De cobre tipo "K" de ¼ de pulgada de diámetro externo	25 metros

#### 4.1.2 Unidad generadora

La unidad generadora del sistema está formado por un motor eléctrico, una bomba de desplazamiento positivo con la capacidad de 15 l/min. a una presión de 138 bar.; la válvula de seguridad regulada a una presión de trabajo de 103.44 bar.; deposito con capacidad de 67.2 litros con su respectivo filtro y manómetro. Además cuenta con la opción de bombeo manual en el caso de no haber energía eléctrica.

### 4.1.3 Unidad de mando

La unidad de mando principal del sistema está formada por: una válvula 3/2 (3 vías y 2 posiciones) normalmente cerrada con recirculación al tanque, la cual puede ser accionada manual o eléctricamente; tres interruptores (un conmutador, un obturador y un franqueador) para la alimentación eléctrica.

Los otros mandos medios que forma el circuito son:

<b>Cantidad</b>	<b>Denominación del componente</b>
1	Presóstato
2	Solenoides de válvula
4	Válvulas direccionales de 2 vías reguladoras de caudal
3	Válvulas distribuidoras de caudal.
1	Válvula antirretorno.

La función del presóstato consiste en actuar sobre un contacto eléctrico cuando alcanza una presión establecida, en este caso su función es desconectar o apagar la bomba cuando el sistema alcance la presión máxima de trabajo (103.44bar.)

Los solenoides tienen como función conmutar la válvula 3/2 cuando es energizada eléctricamente, una posición para elevación y la otra para descenso.

Las válvulas direccionales 2 vías reguladoras de caudal, tienen como función regular el caudal o la velocidad de un componente (como se describió en el numeral 1.4.2.4). En el presente caso su función es regular la velocidad de descenso de los cilindros hidráulicos.

Las válvulas divisoras de caudal tienen como función, dividir el caudal de entrada en partes iguales a su salida. En el presente circuito con el objetivo de que llegue el mismo caudal a cada cilindro y así obtener una misma velocidad durante la elevación, se deben instalar 3 de estas válvulas, además con el fin de equilibrar el peso del horno se agruparon los cilindros en pares.

La válvula antirretorno tiene como función evitar que el aceite regrese al depósito a través de la bomba.

Para una mejor interpretación de lo anterior descrito, ver diagrama del circuito: figura 7.

#### **4.1.4 Unidad de trabajo**

La unidad de trabajo está formada por cuatro cilindros de simple efecto, todos con las siguientes especificaciones:

Ø Cilindro	0.108 m
Ø Embolo	0.08 m
Carrera	0.45 m

#### **4.1.5 Otros requerimientos**

Para efectuar adecuadamente la instalación del sistema además de los componentes principales se necesitan también otros accesorios y materiales que se mencionan a continuación:

#### 4.1.5.1 Materiales empleados

Los materiales necesarios para completar la instalación se muestran en la tabla.

**Tabla VI. Materiales empleados**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Manómetro tipo bourdon (1 c/cilindro)	4
Codos de ¼ de pulg.	18
Cruces de ¼ de pulg.	9
Pintura	2 galones
Teflón	3 rollos
Etiquetas (para identificar componentes)	5 unidades para cada componente
Materiales de construcción ( para cimiento de la central de mando)	3 sacos de cemento; 1/4 m <sup>3</sup> de pedrín; 1/4 m <sup>3</sup> de arena.
Cable calibre 8 ( para conexiones eléctricas necesarias)	50 m

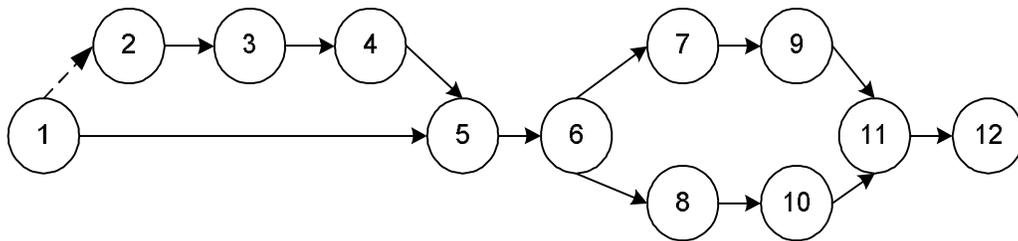
#### 4.1.5.2 Equipo y herramienta

Dentro del equipo y herramienta necesaria para la instalación del nuevo sistema tenemos:

Corta tubos, dobla tubos, llaves (cola-corona), llave ajustable, llaves de torque, guantes, pinzas y alicates eléctricos, pela cables, multímetro, equipo de soldadura, compresor.

## 4.2 Ruta crítica usada para la instalación

**Figura 9. Ruta crítica seguida para la instalación**



En la tabla VII se muestran las actividades de la ruta crítica para la instalación del sistema.

**Tabla VII. Actividades de la ruta crítica**

No	ACTIVIDAD
1	Construcción del cimiento para la central de mando.
2	Verificar que el sistema no tenga corriente eléctrica.
3	Verificar que el sistema este completamente vacío o de aceite hidráulico.
4	Efectuar todas las desconexiones de los diferentes componentes.
5	Instalar la central de mando.
6	Instalar la unidad generadora.
7	Iniciar conexiones nuevas, comenzando desde la bomba, pasando por los mandos y luego hacia cada unidad de trabajo.
8	Iniciar las conexiones eléctricas.
9	Verificar todas las conexiones eléctricas.
10	Verificar todas las conexiones hidráulicas.
11	Comprobar operación del sistema.
12	Identificar el sistema.

#### **4.2.1 Pasos para la instalación**

Par lograr la instalación satisfactoria del diseño propuesto deben de seguirse los siguientes pasos:

1. Construir el cimiento para la central de mando.
2. Verificar que el sistema actual no tenga corriente eléctrica.
3. Verificar que el sistema este completamente vacío o de aceite hidráulico.
4. Efectuar todas las desconexiones de los diferentes componentes.
5. Instalar la central de mando.
6. Instalar la unidad generadora.
7. Iniciar conexiones nuevas, comenzando desde la bomba, pasando por los mandos y luego hacia cada unidad de trabajo.
8. Iniciar las conexiones eléctricas.
9. Verificar todas las conexiones eléctricas.
10. Verificar todas las conexiones hidráulicas.
11. Comprobar operación del sistema.

12. Identificar el sistema.

#### **4.2.2 Personal responsable**

Para la instalación del sistema se procederá de la siguiente manera:

- q La construcción del cimiento para la central de mando estará a cargo de un albañil bajo la supervisión del ingeniero responsable de la instalación.
- q La instalación de todo el sistema la realizarán dos técnicos instaladores.
- q La supervisión y asesoría de la efectiva instalación del sistema estará bajo responsabilidad de un ingeniero Mecánico Industrial o un ingeniero Mecánico.

#### **4.3 Forma de operar el sistema**

El sistema fue diseñado de manera que la operación sea sencilla y no requiera de un nivel avanzado en conocimiento de hidráulica.

##### **4.3.1 Pasos para operar el sistema**

Para la operación eficiente del sistema se deben de seguir los siguientes pasos:

1. Conmutar el interruptor de ALIMENTACIÓN (para energizar los mandos eléctricos).
2. Conmutar el interruptor de ELEVACIÓN.

### 3. Conmutar el interruptor de DESCENSO.

En caso de que no hubiera energía eléctrica la válvula de mando 3/2 se puede conmutar manualmente, Y para el descenso, también se hace en forma manual.

#### **4.3.2 Personal responsable**

La operación del sistema estará a cargo del jefe de turno del área de galvanizado o en su defecto del encargado de dicha área.

#### **4.4 Medidas de seguridad en la operación del sistema**

Para que todo sistema se considere efectivo, además de ser eficiente debe ser seguro, tanto para el personal que lo opera así como para todo el personal que trabaja en las cercanías de los componentes del sistema. En el presente caso es de vital importancia ya que el fin primordial de levantar el horno de galvanizado por medio de las unidades de trabajo o cilindros del sistema, es tener la accesibilidad necesaria para el mantenimiento y limpieza de dicho horno, por lo que el personal encargado durante esta labor se encontrará obligatoriamente cerca de los componentes del sistema.

##### **4.4.1 Prevención de actos inseguros**

A pesar de que un equipo o sistema esté diseñado para garantizar la seguridad del personal que lo opera, debemos de pensar en los peligros que significa un manejo inadecuado de los equipos y sistema hidráulicos.

Los actos inseguros siempre representan mucho mas peligro para los trabajadores. A continuación se presentan las medidas recomendadas para el presente sistema.

- q Si no esta seguro de que el sistema esta en óptimas condiciones NO lo opere.
- q Antes de la operación del sistema realice una inspección visual de todos los componentes, especialmente en las conexiones y tuberías, para verificar su buen estado físico.
- q Bajo ninguna condición operar el sistema o levantar el horno mientras este se encuentre encendido ó mientras las bobinas de enrollado de alambre estén operando.
- q No operar el sistema sin haber recibido inducción y capacitación.
- q No se debe de hacer fuerza excesiva sobre los mandos del sistema.
- q No deje caer objetos pesados sobre las tuberías.
- q Para dar servicio o mantenimiento verifique que todas las condiciones sean seguras.
- q No intente hacer ajustes con el sistema operando.
- q Cuando drene el aceite, verifique que la temperatura es la adecuada y asegúrese que el reemplazo no esté contaminado.

- q No limpie ni verifique los componentes golpeándoles.

#### **4.4.2 Definir condiciones inseguras**

Se definen como condiciones inseguras para el presente sistema las siguientes:

- q Componentes con apariencia física de estar en mal estado o rotos.
- q Cualquier conexión que presente fugas.
- q Tubería deformada, abollada o rota.
- q Sobrepresión del sistema.
- q Calentamiento excesivo del aceite hidráulico.
- q Ruido excesivo de la bomba.
- q Horno encendido o con muy alta temperatura.
- q Personal trabajando en el horno mientras el sistema es operado.

#### **4.4.3 Señalización**

Con la identificación del sistema se simplifica la operación, el mantenimiento y la interpretación del funcionamiento de todo el sistema. Todos los componentes deben de tener su tarjeta o etiqueta de identificación donde se identifique las principales especificaciones técnicas, aparte de la placa que la mayoría de fabricantes incluye en sus componentes.

En la tubería se debe de identificar la dirección del flujo, la central de mando se debe de pintar de color de acuerdo al código de colores industriales y en el panel de control se debe de identificar todos los mandos.

#### **4.5 Creación de un historial del sistema**

Para aprovechar al máximo el sistema instalado, es de vital importancia que se pueda contar con información histórica acerca de todo lo relacionado a éste, ya que el uso de esta información seguramente será beneficioso en la toma de decisiones futuras sobre el sistema propuesto.

En la tabla VIII se presenta un formulario que nos permite obtener la información que se considera importante de archivar.

**Tabla VIII. Formulario para historial del sistema**

ANVERSO

HISTORIAL TÉCNICO					
NOMBRE DE LA EMPRESA			SISTEMA O EQUIPO	CÓDIGO	
				VERSIÓN	
				VIGENCIA	
FECHA	COMPONENTE	CÓDIGO INTERNO	CONDICIÓN	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	

Continuación

REVERSO

HISTORIAL TÉCNICO				
FECHA	NO. DE ORDEN	TRABAJO EFECTUADO	OBSERVACIONES	TÉCNICO

Además de los formularios anteriores que permiten el archivo de información física, es conveniente elaborar un programa con el fin de disponer de ésta información en forma digital.



## **5. MEJORA CONTINUA**

### **5.1 Mantenimiento del sistema hidráulico**

Para garantizar que todo equipo o sistema tenga un rendimiento óptimo y una vida prolongada en operación, es indispensable que cuente con un programa de mantenimiento. El mantenimiento recomendado para el nuevo diseño se clasifica en dos tipos: mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

#### **5.1.1 Mantenimiento preventivo**

Los programas de mantenimiento preventivo, además de asegurar el funcionamiento de un sistema o equipo, se convierten en una estrategia de eficiencia de toda empresa, debido a que vienen a reducir los costos de reparación y en las operaciones minimiza tiempos perdidos por paros innecesarios. En la tabla IX se presenta el programa de mantenimiento preventivo recomendado para el diseño propuesto.

**Tabla IX. Mantenimiento preventivo**

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>						
<b>TIEMPO</b>		<b>ACTIVIDAD</b>				
1= Diaria      4 = Semestral 2= Semanal    5 = Anual 3 = Mensual		I = Inspección visual      También lo anterior L = Limpieza externa A = Apriete C = Compruebe, corrija ó reemplace si es necesario				
<b>ITEM</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>UNIDAD GENERADORA</b>					
1.1	Bomba	I	L			C
1.2	Motor eléctrico	I	L			C
1.3	Tanque y aceite †	I	L			
1.4	Filtro ‡			I	C	
1.5	Válvula de seguridad	I	L	C		
1.6	Manómetro	I	L		C	C
<b>2</b>	<b>UNIDAD DISTRIBUIDORA, REGULADORA Y MANDOS</b>					
2.1	Válvulas distribuidoras	I	L		C	

Continuación

ÍTEM	TIEMPO	1	2	3	4	5
2.2	Válvulas reguladoras de caudal	I	L		C	
2.3	Presóstato	I	L		C	
2.4	Conmutadores e interruptores	I	L		C	
<b>3</b>	<b>UNIDADES DE TRABAJO</b>					
3.1	Cilindros	I	L			C
<b>4</b>	<b>OTROS</b>					
4.1	Cableado eléctrico	I			C	
4.2	Tubería y conectores	I	A		C	
4.3	Señalización	I	L	C		
† Cambiar aceite como mínimo cada 6 meses. ‡ Limpiar filtro cada 6 meses y cambiarlo por lo menos cada 18 meses.						

### 5. 1.2 Mantenimiento correctivo

En sistemas instalados apropiadamente, la operación no debe presentar problemas. Sin embargo en sistemas existentes o al cambiar las condiciones de la bomba y el sistema propio, se pueden producir problemas.

El mantenimiento correctivo es la actividad que se realiza después de haber ocurrido una avería o falla (este no se puede planear). En la tabla X se presentan consejos de localización y reparación de fallas que permiten identificar y resolver problemas.

**Tabla X. Mantenimiento correctivo**

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSAS PROBABLES</b>	<b>SOLUCIONES</b>
<b>A.</b> La bomba no entrega Caudal.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. El motor de la unidad impulsora no funciona.</li><li>2. Válvula cerrada en la tubería de entrada.</li><li>3. Tubería de entrada obstruida o restringida.</li><li>4. La v álvula de seguridad no esta bien ajustada, o el asiento esta obstruido por materias extrañas.</li><li>5. Rotura del eje de la bomba o de las piezas en el interior de la bomba.</li><li>6. Suciedad en la bomba.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Compruebe la alimentación eléctrica y conexiones.</li><li>2. Abra la v álvula.</li><li>3. Desatasque la tubería, limpie, los filtros, etc.</li><li>4. Ajuste o desatasque la v álvula.</li><li>5. Consulte al fabricante para su reemplazo.</li><li>6. Desarme y limpie.</li></ol>
<b>B.</b> No hay presión en el sistema.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Válvula de alivio no funciona correctamente.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Revise, ajuste o reemplace la v álvula si es necesario.</li></ol>

Continuación

PROBLEMA	CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
<p><b>B.</b> No hay presión en el sistema.</p>	<p>2. Libre circulación del aceite al tanque a través del sistema.</p> <p>3. La válvula de seguridad no está ajustada o está atascada.</p> <p>4. Caudal desviado a una tubería secundaria.</p>	<p>2. Válvula direccional en posición neutral, abierta u otra línea de retorno abierta.</p> <p>3. Ajuste o desatasque.</p> <p>4. Compruebe el sistema y los controles.</p>
<p><b>C.</b> Operación ruidosa.</p>	<p>1. Línea de toma parcialmente obstruida, filtro de toma o tubo de toma restringidos.</p> <p>2. Aire introducido por la apertura del tubo de toma.</p> <p>3. Cavitación.</p> <p>4. Aire o fugas en la bomba o tuberías.</p> <p>5. Ruidos mecánicos.</p> <p>6. Presión superior a la nominal.</p> <p>7. Filtro demasiado pequeño.</p>	<p>1. Limpie la toma, el filtro o elimine la restricción. Asegúrese que la línea de succión esté completamente abierta.</p> <p>2. Asegúrese de que las líneas de succión y de retorno estén por debajo del nivel del aceite en el depósito. Agregue aceite si es necesario.</p> <p>3. Disminuya la velocidad de la bomba, reduzca la temperatura del sistema.</p> <p>4. Repare las fugas.</p> <p>5. Verifique el montaje de la bomba y la tubería.</p> <p>6. Reduzca la presión si es posible.</p> <p>7. La capacidad puede ser adecuada cuando recién se limpia. Instalar uno de mayor capacidad.</p>

Continuación

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSAS PROBABLES</b>	<b>SOLUCIONES</b>
<b>C.</b> Operación ruidosa.	8. Chirridos de la válvula de seguridad. 9. Ruidos de los componentes impulsores.	8. Reajustes, repare o reemplaces. 9. Repare o reemplace componentes impulsores.
<b>D.</b> Excesivo desgaste.	1. Material abrasivo en el aceite hidráulico circulando a través de la bomba. 2. Viscosidad del aceite muy baja. 3. Sostenida alta presión por sobre el promedio máximo de la bomba. 4. Alta velocidad de corrosión. 5. Atascamiento por falta de aceite.	1. Instale un filtro adecuado o reemplace el aceite más frecuentemente. 2. Verifique las recomendaciones del fabricante. 3. Revise el máximo a que esta ajustada la válvula reguladora o de alivio. 4. Verifique compatibilidad del producto con los materiales de la bomba. 5. Revise el nivel del depósito, el filtro de aceite y posibilidad de restricción de la línea de succión.
<b>E.</b> Tiempo de operación mayor que el especificado.	1. Aire en el sistema. 2. Bomba gastada. 3. Viscosidad del aceite demasiado alta.	1. Drene el sistema. 2. Repárela o reemplácela. 3. Verifique las recomendaciones del fabricante.
<b>F.</b> Calentamiento excesivo del aceite en el sistema.	1. Líneas restringidas. 2. Depósito demasiado pequeño para proveer el enfriamiento adecuado.	1. Si las líneas están abolladas, reemplácelas. Si están obstruidas, remueva la obstrucción. 2. Instale un depósito de mayor capacidad o instale un sistema de refrigeración.

Continuación

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSAS PROBABLES</b>	<b>SOLUCIONES</b>
<b>F.</b> Calentamiento excesivo del aceite en el sistema.	3. Válvulas o tuberías de poca capacidad.  4. Válvula de alivio ajustada a una presión mayor de la necesaria.  5. Perdida interna de aceite causada por el desgaste.	3. Revise la velocidad del fluido a través de las líneas y válvulas, si es excesiva instale u equipo de mayor capacidad.  4. Reajuste la válvula de alivio.  5. Repare o reemplace la bomba.
<b>E.</b> Perdida o fuga de aceite.	1. Conexiones no ajustadas correctamente.  2. Tubería dañada o rota.	1. Verifique el torque adecuado de las conexiones.  2. Reemplace la tubería dañada.

## **5.2 Inducción y capacitación**

Para que todo sistema funcione en condiciones optimas, es necesario que todas las personas involucradas posean la información necesaria que les permita desarrollar su actividad o responsabilidad en forma eficiente.

### **5.2.1 Capacitación a personal encargado de operación y mantenimiento del sistema**

El personal responsable de la operación, así como del mantenimiento del sistema hidráulico, debe de recibir la capacitación adecuada de acuerdo a lo mencionado en el numeral anterior.

Dentro de las actividades del programa de capacitación, se debe incluir, por ejemplo: información general del sistema, forma en que opera el sistema, tipos de mantenimiento, medidas de seguridad, etc.

Las personas responsables de impartir la capacitación son: el jefe de mantenimiento juntamente con en el jefe del área de galvanizado y lo debe recibir todo el personal de las áreas mencionadas. El programa de capacitación se presenta en la tabla XI.

**Tabla XI. Programa de Capacitación**

No.	ACTIVIDAD	TEMAS	DURACIÓN (HRS.)
1	Información general	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Descripción del sistema</li> <li>□ Componentes del sistema</li> </ul>	0.5
2	Operación del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Descripción de componentes</li> <li>□ Localización de componentes</li> <li>□ Forma de cómo funciona el sistema</li> <li>□ Forma de operar el sistema</li> <li>□ Personal responsable de la operación</li> </ul>	2
3	Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Mantenimiento preventivo</li> <li>□ Mantenimiento correctivo</li> <li>□ Personal responsable del mantenimiento</li> <li>□ Beneficios del programa de mantenimiento</li> </ul>	2
4	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ Medidas de seguridad en la operaron</li> <li>□ Medidas de seguridad en el mantenimiento</li> <li>□ Señalización</li> </ul>	3

### **5.2.2 Guía para la operación del sistema**

La forma de operar el sistema hidráulico para levantar el horno de galvanizado es sencilla. Sin embargo es necesario seguir ciertos procedimientos para hacerlo de una forma correcta y segura. A continuación se describe una guía para la operación.

#### **ANTES DE OPERAR**

1. Si no ha recibido capacitación del sistema No lo opere.
2. Realice una inspección visual a todo el sistema.
3. Asegúrese de que ningún componente muestre condiciones inseguras (rajado, abollado, apariencia dudosa, etc.).
4. Verifique que no existan indicios de fugas de aceite.
5. Verifique el nivel de aceite.
6. Cerciórese que nadie esté cerca de las unidades de trabajo.
7. Asegúrese que todos los mandos (interruptores, contactores, válvulas) se encuentren en su condición inicial.

#### **PASOS PARA LA OPERACIÓN**

4. Conmutar el interruptor de ALIMENTACIÓN (para energizar los mandos eléctricos).

5. Conmutar el interruptor de ELEVACIÓN.

6. Conmutar el interruptor de DESCENSO.

### **DESPUÉS DE LA OPERACIÓN**

1. Comprobar que las unidades de trabajo hayan quedado en su posición inicial.

2. Asegurarse que todos los mandos queden en su posición inicial.

3. Comprobar que no existan indicios de fugas de aceite.

4. Efectuar una inspección visual a todos los componentes.

### **5.3 Auditorías de mantenimiento**

Uno de los objetivos de este capítulo es que el sistema tenga un prolongado tiempo de vida. Las auditorías servirán para comprobar que el programa de mantenimiento se esté cumpliendo a cabalidad. Dichas auditorías estarán bajo la responsabilidad del jefe de mantenimiento y se realizarán semestralmente.

## CONCLUSIONES

1. En base al análisis desarrollado, se estableció que el sistema hidráulico instalado, actualmente, funciona con los requerimientos básicos de operación, ya que, a pesar de que cumple con la función de levantar el horno, esta labor se vuelve compleja; dicho sistema tiene la capacidad de suministrar un flujo de 15 l/min. a una presión de 138 bar.
2. Dentro de los principales problemas y desventajas que presenta el sistema instalado, se incluyen: falta de sincronización, tanto en la elevación como en el descenso del horno de galvanizado, excesivas fugas en todo el sistema, compleja operación del sistema y ausencia de un programa de mantenimiento; lo cual se convierte en costos de operación para la empresa, además de representar riesgos para todo el personal que labora en el área de galvanizado.
3. Por medio del análisis y cálculos efectuados, y, de acuerdo a los requerimientos para el nuevo diseño, se estableció que para obtener la sincronización y velocidad deseada para el sistema, se necesita que tenga la capacidad de suministrar un flujo de 10.8 l/min. a una presión de trabajo de 103.44 bar. Por lo que, es posible utilizar la bomba, el depósito y las unidades de trabajo del actual sistema.

4. Con la adecuada implementación del nuevo diseño los principales beneficios obtenidos son: total sincronización en elevación y descenso del horno de galvanizado, sencilla operación, con la opción de hacerlo manual o eléctricamente, eliminación de factores que reducen la eficiencia y seguridad del sistema y, bajo costo de instalación.
5. El diseño cuenta con un programa integral de mantenimiento, dividido en preventivo y correctivo, brindando la información necesaria para que el personal encargado lo cumpla, con el objetivo de que el sistema tenga un funcionamiento óptimo y continuo, reduciendo, de esta forma, costos para la empresa.
6. Para completar, satisfactoriamente, la implementación del diseño propuesto, este trabajo incluye los lineamientos para la inducción y capacitación al personal encargado de operar y darle mantenimiento al sistema, definiendo, además, el procedimiento para la operación correcta del sistema hidráulico.

## RECOMENDACIONES

1. Seleccionar, adecuadamente, los componentes, así como al personal necesario para la instalación del sistema, ya que, a pesar de que la mayoría de los componentes hidráulicos son sencillos en su operación, una incorrecta instalación provocará que el sistema no funcione o lo haga con deficiencias.
2. Se debe contar con la adecuada alimentación de energía eléctrica, ya que, el sistema está configurado para que los mandos trabajen, principalmente, con dicha energía.
3. Cumplir, estrictamente, con las medidas de seguridad presentadas en el presente trabajo para la operación segura del sistema hidráulico. Además, establecer un plan general de seguridad para toda el área de galvanizado.
4. Cumplir con documentar el historial del sistema para obtener beneficios máximos del programa de mantenimiento.
5. Cualquier nuevo integrante del área de galvanizado debe recibir la inducción y capacitación respectiva acerca del sistema hidráulico.
6. Cumplir, con rigor, principalmente, con el mantenimiento preventivo para aprovechar al máximo los beneficios del sistema. Para el mantenimiento correctivo, cuando exista necesidad se debe consultar a los fabricantes de los componentes.

7. Para la identificación del sistema, debido al inconveniente de que las empresas proveedoras de etiquetas sólo lo hacen en volúmenes grandes, se debe evaluar el diseño de una etiqueta que se pueda utilizar para todos los componentes y equipos instalados en la empresa.

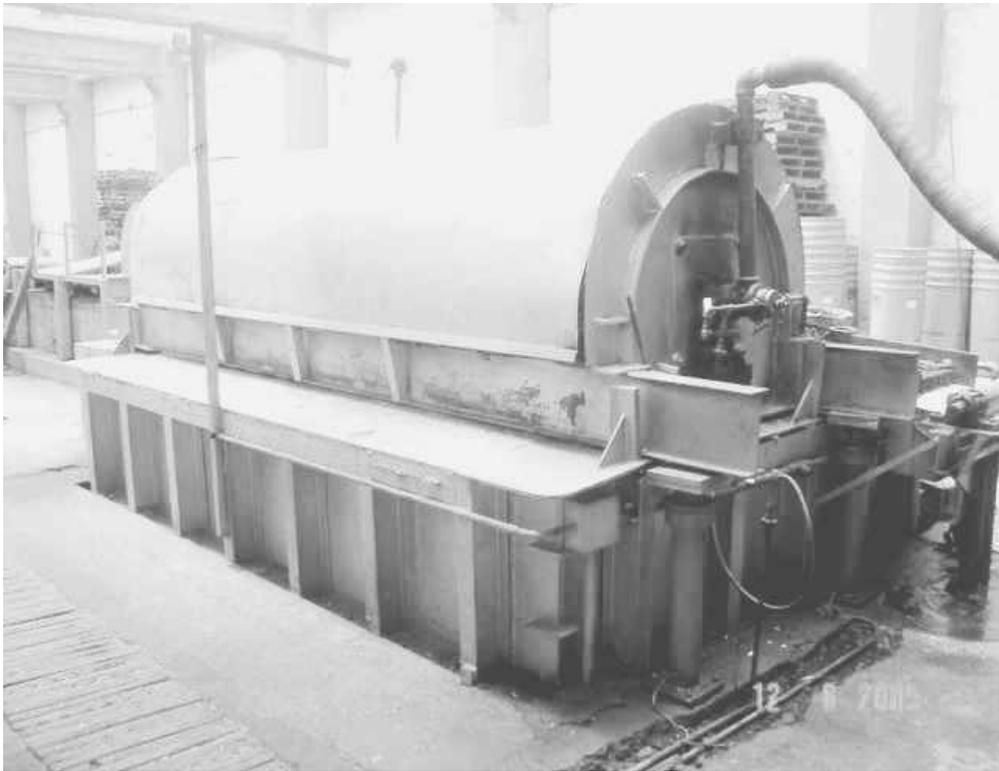
## BIBLIOGRAFÍA

1. BOX, Ramón Fernando **Circuitos neumático, eléctrico e hidráulico**. 2ª. Edición. México: Ediciones Macondo S.A. 1992 188p.p.
2. THEODORE, Baumeister Marks, **Manual del Ingeniero Mecánico**. 2da. Edición. México: MacGraw Hill 1992 tomo II 170p.p.
3. DEPPERT W. / K. Stoll. **Dispositivos Neumáticos e hidráulicos** Ed. Marcombo Boixareu. España, Barcelona. 150p.p.
4. VILLANUEVA, Enrique Dounce. La administración en el mantenimiento, 2da. Edición. México: Continental. 91p.p.
5. MONROY GONZÁLES, Melvin Aman. Principios de instalaciones hidráulicas y neumáticas. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
6. HIGUEROS AVENDAÑO, Axel Oswaldo. Diseño de una central de aire comprimido para clínicas dentales. Tesis Ing. Mec. Industrial Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
7. ABUGARADE PINEDA, Jorge Samuel. Principios de operación de sistemas hidráulicos utilizados en la movilización de alimentos a granel. Tesis Ing. Mec. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
8. CREUS SOLÉ, Antonio. **Instrumentación Industrial**. 6ª. Edición. México: Editorial Alfa Omega, 1998.00

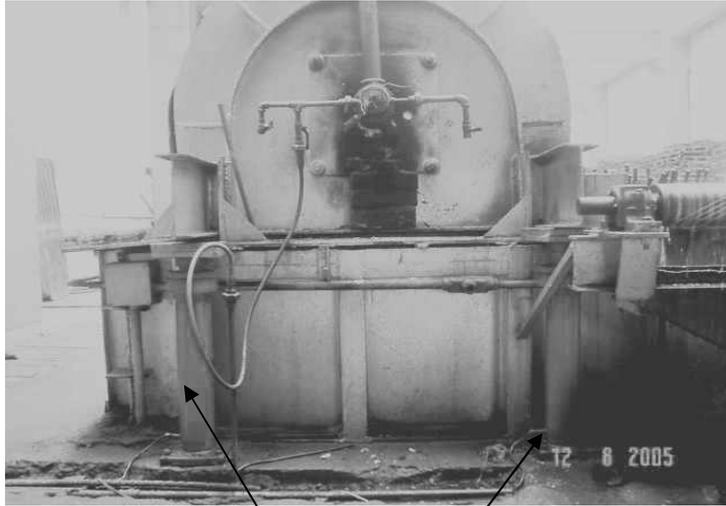


## ANEXOS

**Figura 10. Horno de galvanizado donde está instalado el sistema hidráulico**



**Figura 11. Unidades de trabajo del sistema hidráulico**



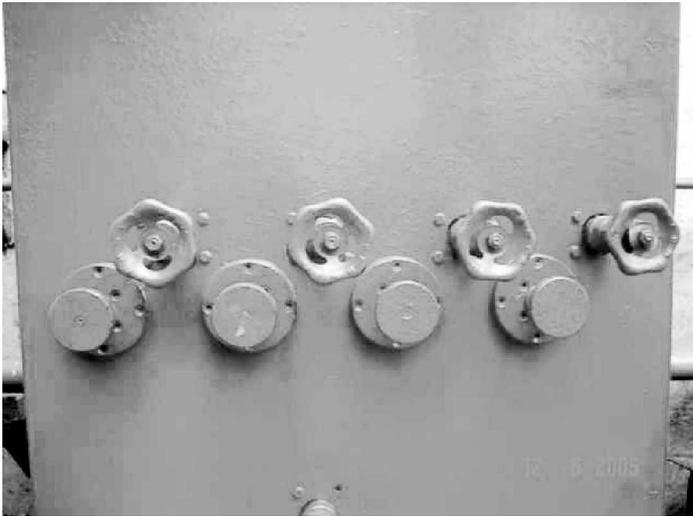
**Cilindros**



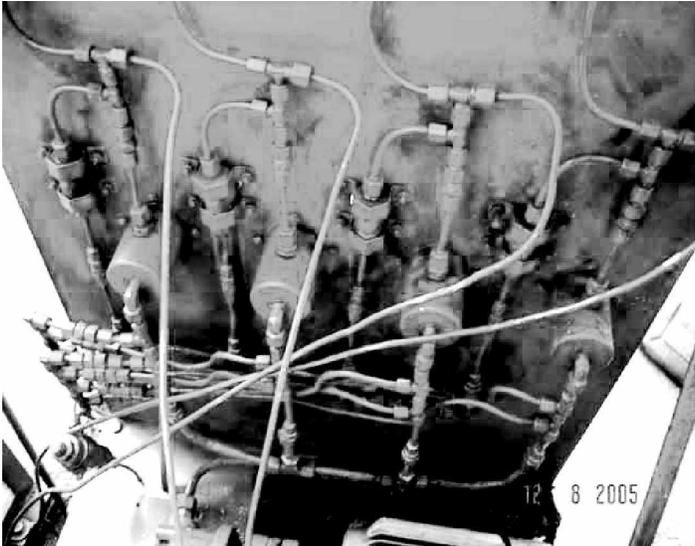
**Cilindros**

**Figura 12. Actual central de mando del sistema**

**Parte frontal**



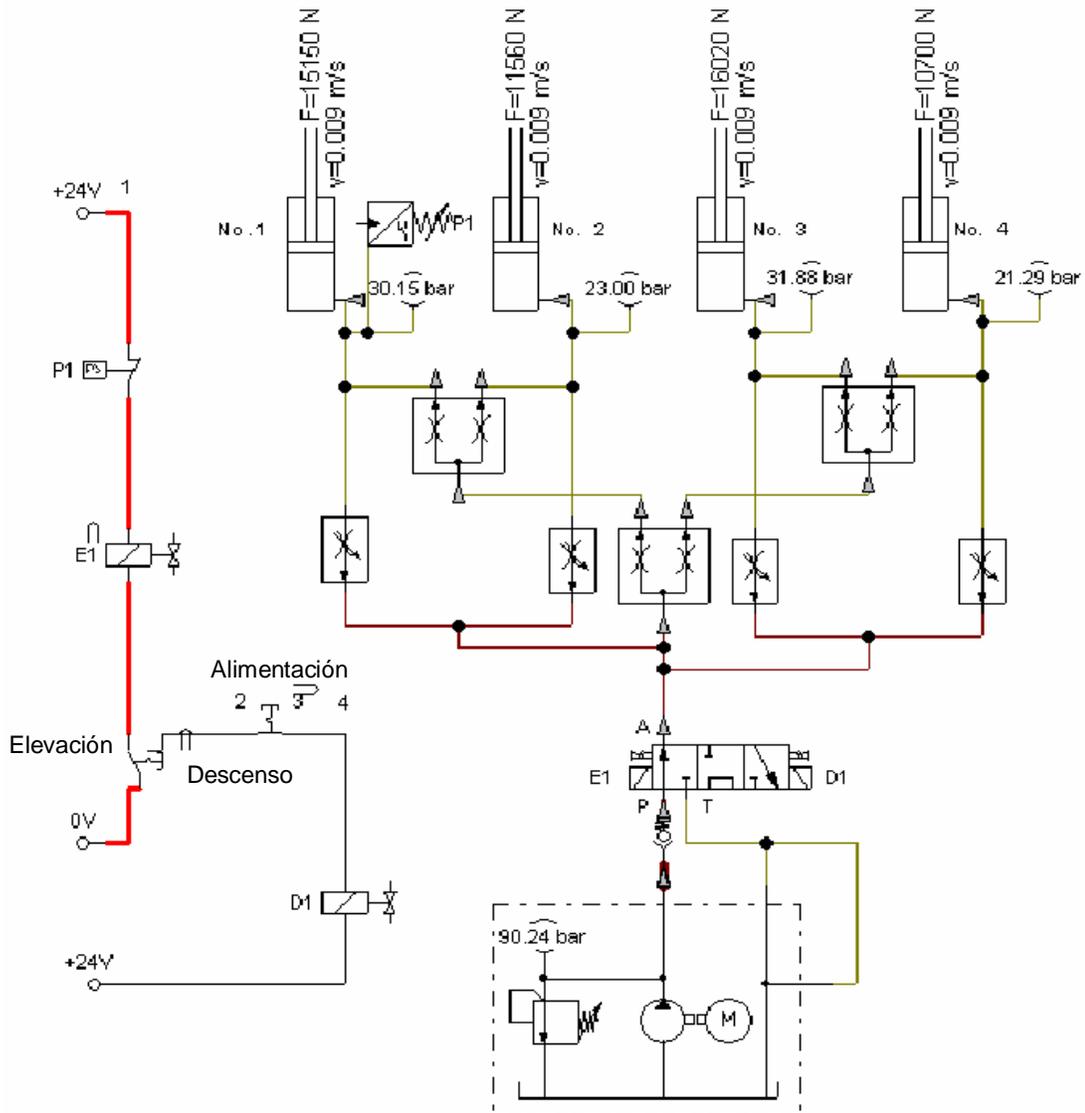
**Parte trasera**





**Figura 14. Simulación del circuito en elevación**

En la figura se aprecia una simulación del circuito. Obsérvese que aunque cada cilindro tiene diferente fuerza aplicada todos tienen la misma velocidad de elevación.



**Figura 15. Simulación del circuito en descenso**

En la figura se aprecia una simulación del circuito. Obsérvese que aunque cada cilindro tiene diferente fuerza aplicada todos tienen la misma velocidad de descenso.

