

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**INVESTIGACION, ANALISIS Y DESARROLLO DE
UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN
SISTEMA OLEODINAMICO**

POR

ING. ALBERTO FRUTOS GUERRA

T E S I S

**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO DE
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MECANICA
CON ESPECIALIDAD EN TERMICA Y FLUIDOS**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.
DICIEMBRE DEL 2000**

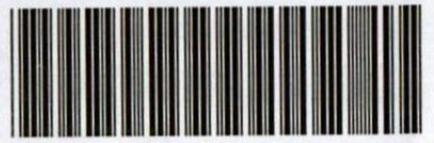
A.F.G.

INVESTIGACION, ANALISIS Y DESARROLLO DE
UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN
SISTEMA OLEODINAMICO

TM
TJ843

.F7

c.1



1080111923

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



AL PRESIDENTE DEL COMITÉ DE POSTGRADO DE
LA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
AUTONOMA DE NUEVO LEON

FOF

ING. ALBERTO FRANCISCO CABERA

T E S I S

PRESENTACION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

EN LAS ESPECIALIDADES DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DE LA ESPECIALIDAD EN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



SAN NICOLAS DE LOS RIOS, NUEVO LEON
DICIEMBRE DE 2000

TM
-TJ 843
.F7



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL
PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA OLEODINÁMICO**

POR

ING. ALBERTO FRUTOS GUERRA

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN TÉRMICA Y
FLUIDOS**

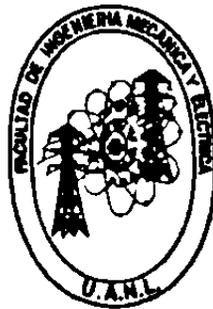
SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

DICIEMBRE DEL 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL
PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA OLEODINÁMICO**

POR

ING. ALBERTO FRUTOS GUERRA

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA MECÁNICA CON ESPECIALIDAD EN TÉRMICA Y
FLUIDOS**

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

DICIEMBRE DEL 2000

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

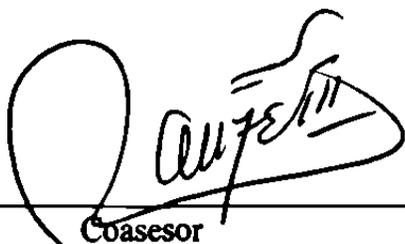
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis **INVESTIGACION, ANALISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS OLEODINAMICOS**, realizada por el alumno **ING. ALBERTO FRUTOS GUERRA**, matrícula 0472863 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Térmica y Fluidos.

El Comité de Tesis



Asesor

M.C. ROBERTO VILLARREAL GARZA



Coasesor

M.C. DANIEL RAMIREZ VILLARREAL



Coasesor

M.C. JOEL GONZALEZ MARROQUIN



Vo. Bo.

M.C. ROBERTO VILLARREAL GARZA

División de Estudios de Postgrado

San Nicolás de los Garza, N.L. Diciembre de 2000

DEDICATORIAS

A mis Padres Sr. Felipe Frutos Espinosa y Sra. Petra Imelda Guerra de Frutos por darme el ser, y haber hecho de mi con su guía lo que actualmente soy.

A mi Esposa Roxana Adelfa Leal Cueva, por su amor, apoyo y motivación.

A mis Hijos Roxana Adelfa, Alberto y Andrea Imelda, por el tiempo que no les he podido dedicar.

A mis hermanos Felipe de Jesús, José Francisco, Gerardo Javier, Alfredo y Ricardo, con cariño y respeto.

A mis maestros en todos los niveles de mi educación que de una u otra forma me apoyaron en mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, por su apoyo en las diferentes áreas de investigación que hemos utilizado.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, por permitirme participar en su labor de enseñanza.

Al M.C. Roberto Villarreal Garza, que fue el principal promotor del desarrollo de esta tesis.

A mis compañeros y amigos, Ing. Raúl Escamilla Garza, Ing. Ricardo Laureano Villarreal y al Ing. Jesús Villarreal Lozano. Por el apoyo para la culminación de esta tesis.

A mis coasesores, M.C. Daniel Ramírez Villarreal y al M.C. Joel González Marroquín por el apoyo desinteresado que me dieron para el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

Capítulo	Página
Prólogo	
Síntesis	i
1. Introducción	1
1.1. Objetivo de la Tesis	3
1.2. Justificación de la Tesis	3
1.3. Metodología	3
2. Introducción a la Hidráulica	5
2.1. Definición y Conceptos Generales	5
2.1.1. Definición de Presión	5
2.1.2. Conservación de la Energía	6
2.1.3. Transmisión de la Potencia Hidráulica	13
2.1.4. Las Ventajas de la Hidráulica	17
2.2. Funciones de un Equipo Hidráulico	21
2.2.1. Hidráulica Estacionaria	21
2.2.2. Hidráulica Móvil	22
2.2.3. La Hidráulica Comparada con Otras Técnicas	23
2.3. Principios de la Potencia Hidráulica	25
2.3.1. Principios de la Presión	25
2.3.2. Principios de Flujo	28
3. Fluidos Transmisores de Potencia	31
3.1. En Sistemas Hidráulicos	31
3.2. En Sistemas Neumáticos	32
3.3. Ventajas y Desventajas de los Sistemas Hidráulicos sobre los Sistemas Neumáticos	32

4.	Sistemas Hidráulicos	36
4.1.	Fluidos Hidráulicos	36
4.2.	Propósitos del Fluido	37
4.3.	Fluidos Hidráulicos Derivados del Petróleo	38
4.4.	Fluidos Hidráulicos Resistentes al Fuego	39
4.4.1.	Fluidos de Tipo Glicol – Agua	39
4.4.2.	Emulsiones Agua y Aceite	40
4.4.3.	Fluidos Sintéticos Resistentes al Fuego	41
5.	Fundamentos de la Hidráulica	45
5.1.	Ley de la Hidrostática	45
5.2.	Ecuación de la Continuidad	56
5.3.	Ecuación de Bernoulli	61
5.4.	Ecuación de Torricelli	69
5.5.	Principio de Arquímedes	75
5.6.	Ley de Pascal	85
5.7.	Tensión Superficial	91
5.8.	Cavitación	97
6.	Simbología	105
6.1.	Antecedentes	105
6.2.	Símbolos y Representaciones Gráficas	109
7.	Tanques Almacenadores del Aceite Hidráulico	122
7.1.	En que Consiste un Tanque Hidráulico	122
7.2.	Como Funciona un Tanque	123
7.3.	Detalles de Construcción del Tanque Hidráulico	124
7.4.	Tipos de Tanque	135
7.5.	Términos y Expresiones Asociados con los Tanques	138
8.	Filtros Hidráulicos	141
8.1.	Introducción	141
8.2.	La Escala Micrométrica	149
8.3.	Ubicación de los Filtros	152

9.	Bombas Hidráulicas	157
9.1.	Introducción	157
9.2.	Clasificación General de Bombas	158
9.3.	Principios de Funcionamiento	159
9.3.1.	De las Bombas Hidrodinámicas	159
9.3.2.	De las Bombas Hidrostáticas	160
9.4.	Bombas de Engranés	163
9.4.1.	Bomba de Engranés Internos	165
9.4.2.	Bomba de Engranés externos	168
9.4.3.	Bomba Gerrotor	173
9.4.4.	Bomba de Lóbulos	173
9.5.	Bombas de Paletas	178
9.5.1.	Bombas de Paletas No-Balanceadas	182
9.5.2.	Bombas de Paletas Balanceadas	184
9.6.	Bomba de Pistones Axiales	185
9.7.	Bomba de Pistones Radiales	186
9.8.	Eficiencia	189
9.8.1.	Eficiencia Volumétrica	189
9.8.2.	Eficiencia Total	191
10.	Válvulas	193
10.1.	Introducción	193
10.2.	Clasificación de las Válvulas	193
10.3.	Válvulas de Control de Presión	194
10.3.1.	Válvulas Limitadoras de Presión	194
10.3.2.	Válvulas Reguladoras de Presión	200
10.4.	Válvulas de Control de Flujo	206
10.4.1.	Válvulas de Control de Flujo No Compensadas	206
10.4.1.1.	Válvula de Compuerta	207
10.4.1.2.	Válvula de Globo	209
10.4.1.3.	Válvula de Aguja	211
10.4.2.	Válvulas Compensadas por Presión	212

10.4.3.	Válvulas Compensadas por Presión y Temperatura	215
10.5.	Válvulas de Control de Dirección	216
10.5.1.	Valvulas Check	219
10.5.1.1.	Válvula Check Simple	220
10.5.1.2.	Válvula Check Piloteada	222
10.5.2.	Válvulas Direccionales de 2 Posiciones	225
10.5.2.1.	Válvulas Direccionales de 2 Vías	226
10.5.2.2.	Válvulas Direccionales de 3 Vías	228
10.5.2.3.	Válvulas Direccionales de 4 Vías	232
10.5.3.	Válvulas Direccionales de 3 Posiciones	235
10.5.3.1.	Válvula Direccional de 4 Vías	235
10.5.3.2.	Tipos de Centros para las Válvulas Direccionales de 3 Posiciones	236
10.5.4.	Operadores para las Válvulas Direccionales	250
11.	Actuadores Hidráulicos	254
11.1.	Introducción	254
11.2.	Actuadores Lineales	254
11.3.	Actuadores Rotatorios	263
11.4.	Actuadores Oscilatorios	271
12.	Acumuladores Hidráulicos	280
12.1.	Introducción	280
12.2.	Tipos de Acumuladores	283
12.3.	Acumulador Cargado por Peso Muerto	283
12.4.	Acumulador Cargado por Resorte	284
12.5.	Acumulador Hidroneumático	286
12.5.1.	Acumulador de Tipo Pistón	286
12.5.2.	Acumulador de Tipo Diafragma	287
12.5.3.	Acumulador de Bolsa	288
12.6.	Cálculo de un Acumulador	289

13. Pérdidas de un Sistema Hidráulico y Dimensionamiento de Tuberías	293
13.1. Tubos Flexibles	293
13.1.1. Selección de Tubos Flexibles	294
13.1.2. Definiciones	295
13.2. Tubos Rígidos	296
13.3. Fricción, Calor, Pérdida de Presión	300
13.4. Resistencia al Flujo en Tuberías	302
13.5. Pérdidas de Presión por Desvíos	304
13.6. Pérdidas de Presión en las Válvulas y Junturas	318
13.7. Regla para el Cálculo de Resistencias	325
14. Circuitos Hidráulicos Básicos	326
14.1. Circuito por Descarga del Acumulador	326
14.2. Sistema Alta – Baja (Operación a Baja Presión)	328
14.3. Sistema Alta – Baja (Operación a Alta Presión)	329
14.4. Circuito con Alimentación Regulada	330
14.5. Circuito con Descarga Regulada	332
14.6. Válvula Reductora de Presión	334
14.7. Válvula de Freno	335
15. Caso Práctico	337
16. Conclusiones y Recomendaciones	350
16.1. Conclusiones	350
16.2. Recomendaciones	351
Bibliografía	352
Lista de Figuras	357
Lista de Tablas	364
Apéndice	365
Resumen Autobiográfico	382

PRÓLOGO

Como muchas de las ramas de la ingeniería, la hidráulica es antigua y moderna, antigua como el uso de la rueda de agua, por otro lado el uso del fluido bajo presión para transmitir potencia; creando fuerzas y movimientos mediante líquidos sometidos a presión.

Los líquidos sometidos a presión son el medio para transmisión de energía.

A menudo se nos ha preguntado ¿Porque es la industria hidráulica necesaria cuando tenemos disponible las bien conocidas ramas de industria mecánica, neumática y eléctrica?

Esto es porque un liquido confinado, es de los medios más versátiles, para modificar movimientos y transmitir potencia. Es tan resistente como el acero, además, infinitamente flexible. Cambia de forma para adaptarse al cuerpo que resiste su empuje, se puede dividir en partes, cada parte haciendo su trabajo a su medida y puede ser reunido para que trabaje como conjunto.

Se puede mover rápidamente a lo largo de una parte y despacio de la otra. No hay otro medio que combine el mismo grado de positividad, exactitud y flexibilidad, manteniendo la habilidad de transmitir un máximo de potencia en un mínimo de volumen y peso.

Las leyes de la física que domina los fluidos son tan simples como la mecánica de sólidos y más simples que las leyes de la electricidad, el vapor ó los gases. El uso de la ingeniería en general y particularmente la hidráulica ha logrado el final de la expansión de la potencia mental y física del hombre para lograr que un trabajo se haga con precisión, mas rapidez y con menor desgaste de la energía humana.

En los años recientes, se han tratado de establecer estándares en la mayoría de las fases de la industria. En la rama hidráulica probablemente el esfuerzo más significativo en este sentido fue el de establecer los estándares industriales que promoverán seguridad para el personal, facilitando el mantenimiento y aumentando la vida de servicio de las herramientas y equipo.

SÍNTESIS

En la presente tesis se definirán las bases y los principios de los sistemas hidráulicos; se conocerán todos los elementos ó componentes hidráulicos utilizados en los sistemas.

El primer capítulo será una introducción sobre los sistemas hidráulicos, del objetivo de la tesis, la justificación de la misma y la metodología a utilizar

El segundo capítulo se define los conceptos generales mencionando la ley de la conservación de la energía; definiendo el concepto de presión, además explicando como es la transmisión de la potencia hidráulica y ventajas de la hidráulica, así mismo, las funciones de un equipo hidráulico y los principios de la potencia hidráulica.

En el capítulo tres hablaremos sobre los fluidos transmisores de potencia en general y luego en el capítulo cuatro, específicamente será sobre los fluidos en los sistemas hidráulicos.

En el capítulo cinco hablaremos sobre los fundamentos de la hidráulica, tales como la ley de la hidrostática, ecuación de la continuidad, ecuación de Bernoulli, principio de Arquímedes, ley de Pascal, tensión superficial y cavitación.

En el capítulo seis se tratará toda la simbología dentro de los sistemas hidráulicos, sus principios y representación gráfica.

Los tanques que almacenan el fluido transmisor de potencia se vera en el capítulo siete, además el funcionamiento, construcción y tipos de tanques.

Después, en el capítulo ocho se verán los filtros hidráulicos, su ubicación dentro del sistema y los diferentes circuitos de by-pass.

En el capítulo nueve, se verán las bombas hidráulicas, el principio de funcionamiento, y los diferentes tipos de bombas.

En el capítulo diez; se abordan los siguientes temas relacionados con las válvulas de control de presión; válvulas de control de flujo y válvulas de control de dirección.

Continuando con el capítulo once, donde se tratarán los conceptos de los diferentes tipos de actuadores, y describiendo cada uno de ellos, tales como lineales, rotatorios, oscilatorios.

En el capítulo doce se estudiarían los diferentes tipos de acumuladores, dándole importancia al cálculo de un acumulador.

Se tratará en el capítulo trece todo lo relacionado con las pérdidas que se presenten en un sistema hidráulico y además se explicará el dimensionamiento de tuberías.

Dentro del capítulo catorce, se verán varios circuitos básicos, como el de control de velocidad en el avance y retroceso, secuencia entre dos actuadores lineales y el de secuencia entre un actuador y un actuador rotativo.

En el capítulo quince, se verá un caso práctico; por último en el capítulo dieciséis se tratarán las conclusiones y recomendaciones.