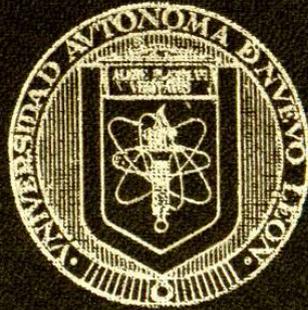


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



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

POR

ING. JESUS VILLARREAL LOZANO

TESIS

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

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON
ENERO DEL 2001

FM
TJ219
V5
2001
c.1

2001

INVESTIGACION, ANALISIS Y DESARROLLO DE
UN MANTUOAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA
NEUMÁTICO

U
V
L



1080111862

25049

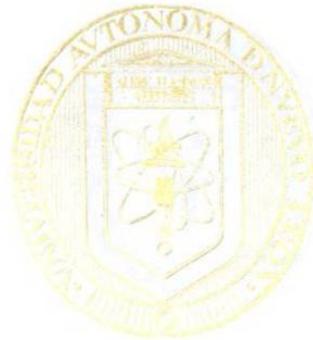
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



MT
1985
EV
100%

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

POR

ING. JESUS VILLARREAL LOZANO

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA

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

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2001



TM
TJ219
V5
2001



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 NEUMÁTICO**

POR

ING. JESÚS VILLARREAL LOZANO

TESIS

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

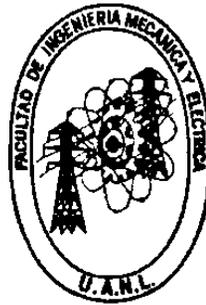
SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN

ENERO DEL 2001

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 NEUMÁTICO**

POR

ING. JESÚS VILLARREAL LOZANO

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

ENERO DEL 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

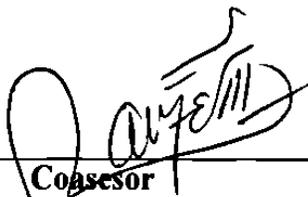
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis **INVESTIGACIÓN, ANÁLISIS Y DESARROLLO DE UN MANUAL PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO** realizada por el **ING. JESUS VILLARREAL LOZANO**, sea aceptada para su defensa con opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Térmica y Fluidos.

El Comité de Tesis:



Asesor

M.C. Roberto Villarreal Garza



Coasesor

M.C. Daniel Ramírez Villarreal



Coasesor

M.C. Joel González Marroquín



Vo.Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza

División de Estudios de Post-grado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León a 10 de Enero del 2001

DEDICATORIAS

Le Doy Gracias...

A Dios por darme la oportunidad de vivir, para así alcanzar a terminar mis estudios de post-grado.

A mis padres, Pedro Villarreal Cantú y a mi madre María Lozano de Anda, aunque no alcanzaron a ver culminados mis estudios de post-grado me inculcaron el afán de seguir siempre mejorando.

A mi esposa María Cristina Martínez de la Garza por todo su apoyo y comprensión durante todos los años que hemos vivido juntos.

A mis hijos Jesús Iván y Yuri Alejandro por haberme demostrado que supieron aprovechar la educación recibida y ser hombres de bien.

AGRADECIMIENTOS

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

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y eléctrica, por permitirme estar en esta institución y poderme desarrollar profesionalmente.

Al M.C. Roberto Villarreal Garza, Subdirector de Post-grado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, que fue el principal impulsor que tuve para el desarrollo de esta tesis.

A mis amigos, Ing. Ricardo Laureano Villarreal, Ing. Raúl Escamilla Garza y al Ing. Alberto Frutos Guerra, que juntos pudimos cristalizar este sueño.

A mis coasesores, M.C. Daniel Ramírez Villarreal y al M.C. Joel González Marroquin por la ayuda desinteresada que me dieron para poder terminar mi tesis.

ÍNDICE

Capítulo	Página
Prólogo	
Síntesis	i
1 Introducción	1
1.1 Objetivo de la tesis	2
1.2 Justificación de la tesis	2
1.3 Metodología	3
2 Introducción a la neumática	5
2.1 Propiedades del aire comprimido	6
3 Sistemas para el accionamiento del aire	9
3.1 Sistemas de producción de aire	10
3.2 Sistema de consumo de aire	12
4 Teoría del aire comprimido	14
4.1 Unidades	14
4.2 Propiedades de los gases	20
4.3 Caudal	26
4.3.1 Ecuación de Bernoulli	26
4.4 Humedad del aire	27
4.4.1 Humedad relativa	28
4.5 Presión y caudal	28
5 Compresión y distribución del aire	33
5.1 Generadores de aire comprimido	33
5.2 Tipos de compresores	34
5.3 Compresores alternativos	35
5.3.1 Compresor de émbolo de una etapa	35
5.3.2 Compresor de émbolo de dos etapas	36

5.3.3	Compresor de diafragma	37
5.3.4	Compresor rotativo	38
5.3.4.1	Compresor rotativo de paleta deslizante	38
5.3.4.2	Compresor de tornillo	39
5.3.5	Turbo compresores	40
5.4	Selección del compresor	43
5.4.1	Caudal	43
5.4.2	Presión	44
5.4.3	Accionamiento	45
5.4.4	Regulación	46
5.5	Accesorios del compresor	49
5.5.1	Depósito del aire comprimido	49
5.5.2	Selección del tamaño del depósito	50
5.5.3	Filtro de entrada	51
5.6	Deshidratación del aire	52
5.6.1	Post-refrigeración	52
5.6.2	Refrigeración del aire	52
5.6.3	Refrigeración del agua	53
5.7	Secadores de aire	54
5.7.1	Secado por absorción (coalescente)	55
5.7.2	Secado por absorción (deseicante)	56
5.7.3	Secado por refrigeración	57
5.8	Filtración de alimentación general	58
5.9	Distribución del aire	59
5.9.1	Final de línea muerta	60
5.9.2	Conducto principal en anillo	61
5.9.3	Líneas secundarias	62
5.10	Purgado del aire	63
5.11	Selección de tuberías y accesorios	64
5.12	Materiales para la tubería	68
6	Acondicionamiento del aire	74

6.1	Tratamiento del aire	74
6.2	Filtraje	75
	6.2.1 Filtro standard	75
	6.2.2 Filtros micrónicos	76
	6.2.3 Filtros submicrónicos	77
	6.2.4 Selección del filtro	78
6.3	Calidad del aire	78
	6.3.1 Niveles de filtraje	78
6.4	Regulación de presión	81
	6.4.1 Regulador estándar	82
	6.4.2 Regulador accionado por piloto	85
	6.4.3 Filtro regulador	86
	6.4.4 Selección del tamaño de un regulador	87
6.5	Lubricación del aire comprimido	88
	6.5.1 Lubricadores proporcionales	89
6.6	Unidad de mantenimiento	91
	6.6.1 Caudal en las unidades de mantenimiento	92
7	Actuadores	94
7.1	Cilindros lineales	94
	7.1.1 Cilindros de simple efecto	95
	7.1.2 Cilindros de doble efecto	96
7.2	Construcción de un cilindro	96
	7.2.1 Amortiguación	97
7.3	Tipos especiales del cilindro	99
	7.3.1 Vástago doble	99
	7.3.2 Cilindro tándem	100
	7.3.3 Cilindro multiposicional	100
	7.3.4 Cilindro de bloqueo	101
	7.3.5 Cilindro plano	102
	7.3.6 Cilindro con vástago antigiro	103
7.4	Montaje del cilindro	104

7.4.1	Juntas flotantes	105
7.5	Fuerza del cilindro	105
7.5.1	Fuerza teórica	105
7.5.2	Fuerza necesaria	107
7.5.3	Límite de pandeo	111
7.5.4	Caudal del aire y consumo	112
7.6	Control de velocidad	117
7.7	Actuadores especiales	119
7.7.1	Cilindros con vástago	119
7.7.2	Unidades deslizantes	120
7.7.3	Cilindro de vástago hueco	121
7.7.4	Pinzas	122
7.8	Actuadores de giro	122
7.8.1	Tipo de piñón – cremallera	122
7.8.2	Actuadores de giro por paleta	123
8	Válvulas de control direccional	129
8.1	Funciones de las válvulas	129
8.1.1	Monoestables y biestables	131
8.2	Tipos de válvulas	131
8.2.1	Válvula de asiento vertical	132
8.2.2	Válvula de corredera	134
8.2.3	Válvula de tirador	134
8.2.4	Juntas elastómeras	135
8.2.5	Juntas metálicas	136
8.2.6	Válvula de corredera plana	137
8.2.7	Válvulas rotativas	137
8.3	Accionamiento de las válvulas	138
8.3.1	Accionamiento mecánico	138
8.3.2	Accionamiento manual	140
8.3.3	Accionamiento por pilotaje neumático	141
8.3.4	Accionamiento por aire directo e indirecto	143

8.3.5	Accionamiento mecánico (por solenoides)	144
8.4	Montaje de válvulas	146
8.4.1	Conexión directa	146
8.4.2	Bloques de válvulas	147
8.4.3	Placas bases	148
8.4.4	Placas bases múltiples	148
8.4.5	Placas bases acopladas	149
8.5	Cálculo del tamaño de la válvula	149
8.6	Válvulas auxiliares	153
8.6.1	Válvulas anti-retorno	153
8.6.2	Controladores de velocidad	153
8.6.3	Válvula selectora de circuito (suma)	154
8.6.4	Válvula de escape rápido	155
9	Simbología y normas de la neumática	156
9.1	Símbolos y descripción de los componentes	156
9.2	Seguridad	172
10	Circuitos básicos	176
10.1	Introducción	176
10.2	Funciones elementales	177
10.2.1	Amplificación del caudal	177
10.2.2	Inversión de la señal	178
10.2.3	Selección	178
10.2.4	Función de la memoria	179
10.3	Funciones del tiempo	180
10.3.1	Temporización a la conexión	182
10.3.2	Temporización a la desconexión	183
10.3.3	Impulso de presión a la conexión	183
10.3.4	Impulso a la desconexión de una válvula	184
10.4	Control del cilindro	185
10.4.1	Control manual de un cilindro de simple efecto con accionamiento directo y control de velocidad	185

10.4.1.1	Control desde dos puntos: Función (OR)	186
10.4.1.2	Esclavamiento: Función (AND)	187
10.4.1.3	Funcionamiento inverso: Función (NOT)	188
10.4.2	Cilindro de doble efecto	189
10.4.2.1	Control directo	189
10.4.2.2	Mantenimiento de las posiciones finales	190
10.4.3	Detección de las posiciones finales	192
10.4.3.1	Retorno automático	192
10.4.3.2	Carreras repetitivas	194
10.5	Control de secuencia	195
10.5.1	Cómo describir una secuencia	195
10.5.2	Secuencias de los cilindros	195
10.5.3	Ciclo único, ciclo continuo	197
10.6	Comandos opuestos	198
10.6.1	Anclaje. Control de presión	198
10.6.2	Sistemas de cascada	200
11	Caso práctico	204
12	Conclusiones y recomendaciones	213
12.1	Conclusiones	213
12.2	Recomendaciones	214
	Bibliografía	215
	Lista de figuras	216
	Lista de tablas	222
	Apéndice A. Definición de términos técnicos	223
	Apéndice B. Tablas de selección de válvulas, actuadores y timer	233
	Resumen autobiográfico	245

PRÓLOGO

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El descubrimiento consciente del aire como medio-material terrestre. Uno de los primeros libros acerca del empleo del aire comprimido como energía procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente.

De los antiguos griegos procede la expresión “pneuma” que designa la respiración, el viento y, en filosofía, también el alma.

Como derivación de la palabra “pneuma” se obtuvo, entre otras cosas el concepto “neumática”, que trata los movimientos y procesos del aire.

La irrupción verdadera y generalizada de la neumática en la industria no se inicio, sin embargo, hasta que llego a hacerse más acuciante la exigencia de la automatización y racionalización de los procesos de trabajo.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

El objetivo de esta tesis es de proporcionar las bases con vistas a la anterior especialización de todos aquellos que tengan que ver con la neumática.

SÍNTESIS

En la presente tesis se analizarán las bases y fundamentos de la potencia fluida enfocados a la neumática, se conocerán todos los componentes y sistemas neumáticos así como su operación, logrando con esto tener un panorama general de esta tecnología.

Se tratarán las bases para la selección y uso de los diferentes elementos, actuadores y de control en un sistema neumático, así como también las bases para su diseño y cálculo.

El primer capítulo trata sobre una breve introducción sobre la neumática, el objetivo de la tesis, justificación de la misma y la metodología que se utilizará.

El segundo capítulo da a conocer las propiedades del aire comprimido las cuales comprueban la versatilidad de los usos de los sistemas neumáticos para la automatización de maquinaria o equipo.

El tercer capítulo mencionará los sistemas para el acondicionamiento del aire comprimido, entre los que se incluye su obtención, su preparación, almacenamiento y componentes de consumo.

En el cuarto capítulo, se estudiarán las leyes de la física relacionadas con el comportamiento del aire comprimido así como las unidades físicas que se utilizan normalmente.

El quinto capítulo se tratará de los diferentes tipos de compresores que son utilizados para el funcionamiento de los mandos neumáticos, sus accesorios, tratamientos de enfriamiento y secado que se debe dar al aire. La forma de distribución del aire por las tuberías así como la selección de las mismas.

El sexto capítulo versará sobre el tratamiento que se le da al aire por medio de los filtros, ya que el aire lleva polvo y humedad que se tienen que eliminar. Además se incluye también la regularización de presión y la lubricación.

En el séptimo capítulo hablaremos de los actuadores, elementos que transforman la energía del aire comprimido en movimiento, así como los diferentes tipos de actuadores y el montaje de los mismos. Obtendremos las fuerzas que ejerce la presión del aire sobre el émbolo y el control de su velocidad.

En el octavo capítulo trataremos de las válvulas de control direccional que son las que determinan el paso del aire hacia los diferentes elementos por entre sus áreas así como la cantidad de posiciones y el método de activación.

En el noveno capítulo hablaremos de la simbología utilizada en la neumática en donde nos representa los elementos y esquemas de distribución. Esto es de gran utilidad para la representación gráfica de un circuito neumático.

En el décimo capítulo expondremos algunos circuitos básicos de la neumática se tratarán las funciones elementales, funciones del tiempo para cambios de presión de un volumen, control del cilindro y control de la secuencia.