

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO, MONTAJE Y PRUEBA EN MARCHA DE UNA RED DE AIRE
COMPRESO PARA UN TALLER DE PRENSAS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

WILLIAM ANTONIO LÓPEZ CORONADO

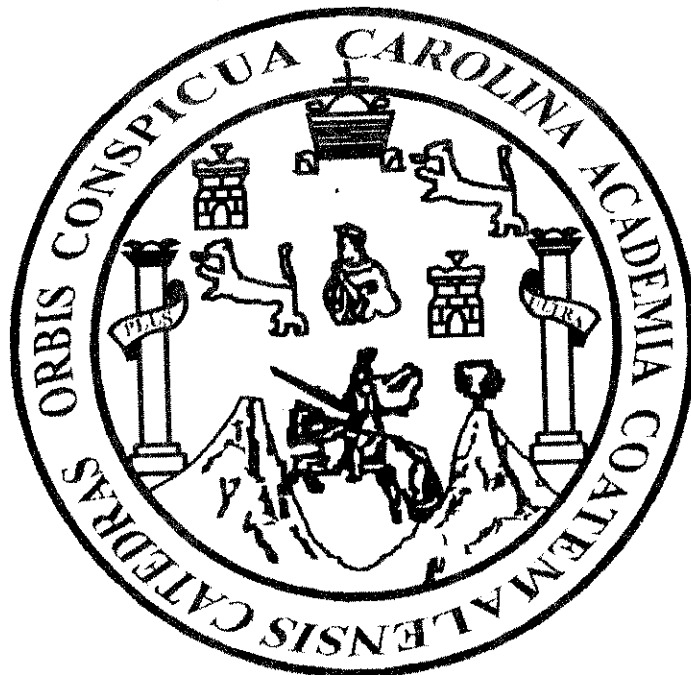
AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

TC41761
C 4



HONORABLE COMITE EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración mi trabajo de tesis titulado :

**DISEÑO, MONTAJE Y PRUEBA EN MARCHA DE UNA RED DE AIRE
COMPRIMIDO PARA UN TALLER DE PRENSAS**

Tema que fue autorizado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 16 de octubre de 1996.

WILLIAM ANTONIO LÓPEZ CORONADO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL PRIMERO	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO	Br. Víctor Rafael Lobos Aldana
VOCAL QUINTO	Br. Wagner Gustavo López Cáceres
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Miguel Angel Zetina Toralla
EXAMINADOR	Ing. Omar Rodas
EXAMINADOR	Ing. Juan Luis Obiols del Cid
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, agosto de 1,997

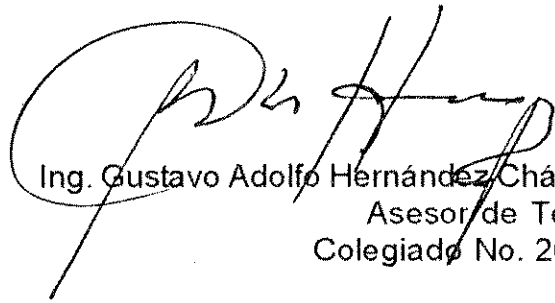
Ingeniero : Carlos H. Perez R.
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Guatemala, ciudad.

Ing. Pérez

Hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de tesis del estudiante **WILLIAM ANTONIO LOPEZ CORONADO**, denominado: **DISEÑO, MONTAJE Y PRUEBA EN MARCHA DE UNA RED DE AIRE COMPRIMIDO PARA UN TALLER DE PRENSAS**, de lo cual dejo constancia de mi aprobación al mismo, para proceder la autorización del respectivo trabajo de investigación.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Gustavo Adolfo Hernández Chávez
Asesor de Tesis
Colegiado No. 2030



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-I-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Area Materiales y Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer la aprobación del asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado **Diseño, Montaje y Prueba en Marcha de una Red de Aire Comprimido para un Taller de Prensas** del estudiante William Antonio López Coronado recomienda su autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Arturo Estrada Martínez

Coordinador de Area

Guatemala, octubre de 1.997

/behdei.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Área Materiales y Complementaria, al trabajo de tesis titulado Diseño, Montaje y Prueba en Marcha de una Red de Aire Comprimido para un Taller de Prensas, del estudiante William Antonio López Coronado, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

DIRECTOR



Guatemala, noviembre de 1997.



FACULTAD DE INGENIERIA

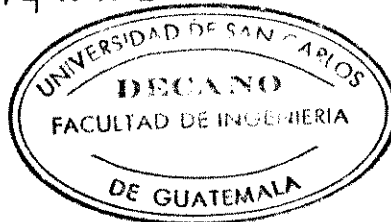
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

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, Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, al trabajo de tesis titulado Diseño, Montaje y Prueba en Marcha de una Red de Aire Comprimido para un Taller de Prensas, presentado por el estudiante universitario William Antonio López Coronado, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE

ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS

DECANO



Guatemala, noviembre de 1,997.

ACTO QUE DEDICO

A :	Díos y la Virgen María
Amis Padres	Juan Francisco López Reyes Zoily Coronado de López
Amis hermanos	Oscar Enrique, Juan Francisco, Erick Estuardo, Vivian Liseth, Claudia Isabel
Amis cuñadas	Yomy, Karla y Rocío
Amis sobrinos	María Fernanda, Marcelo María, Andrea María, Jenifer del Rocío, Wendy Alejandra, Andres Francisco
A mi familia en General	Por su constante amor y apoyo incondicional, los cuales fueron fundamentales para la culminación de mi meta

ACTO QUE DEDICO

A: Mi Patria, Guatemala.

A: La Universidad San Carlos de Guatemala.

A: La Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica.

A: La Fábrica de Municiones del Ejército de Guatemala.

A mi Asesor: Ing. Gustavo Adolfo Hernández Chávez.

A: Mis amigos.

INDICE GENERAL

	Pag.
Glosario	V
Terminología técnica	X
Introducción	XII
1 Fundamentos teóricos, definiciones y principios generales de la neumática	2
1,1 Flujo de fluidos	2
1,2 Presión y velocidad	3
1,3 Ley de Gay - Lussac	6
1,4 Producción de aire comprimido	6
1,5 Compresores de émbolo	7
1,6 Instalación de los compresores de aire	8
1,7 Depósitos de almacenamiento de aire comprimido	8
1,8 Velocidad de circulación	10
1,9 Pérdidas de presión	10
1,10 Puntos de estrangulación	11
1,11 Tuberías interiores de la maquinaria	14
1,12 Calidad y preparación del aire comprimido para el uso en maquinaria de prensas	15
2 Diseño de una red de aire comprimido	17
2,1 Características del diseño	17
2,2 Elementos del diseño	22
3 Implementación y montaje de una red de aire comprimido	31
3,1 Generación de aire comprimido	32
3,2 Conducción del fluido	33
3,3 Equipos, materiales y accesorios	33
3,4 Aplicación de la neumática, cilindros de estampar y doblar	40
3,5 Conducciones neumáticas	44
3,6 Proyecto de la instalación	48

4. Resultados	63
Conclusiones	65
Recomendaciones	66
Referencias	57
Bibliografía	69
Anexo	70

Índice de ilustraciones

	Pag.
1.1 Flujo de fluidos	2
1.2 Flujo de aire comprimido en tuberías	3
1.3 Acción de presión relacionada con el volumen	4
1.4 Diagrama Presión Volumen	5
1.5 Compresor de una etapa	7
1.6 Esquema de equipo de compresión de aire	9
1.7 Esquema de instalación de red de aire comprimido	12
1.8 Tipo de redes de aire comprimido	13
2.1 Tanques de almacenamiento de compresores	18
3.4 Aplicaciones de cilindros neumáticos	40
4.1 Servicio instalado	63

Indice de Tablas

	Pag.	
I	Equivalencias de tubería recta a metros	14
II	Simbolos neumaticos	19
III	Simbolos neumaticos	20
IV	Pérdidas de Presión	29
V	Fricción en los tubos	29
VI	Fricción en las conecciones	29
VII	Caudales maximos admisibles	32
VIII	Caudales maximos relacionados con diametros de tubería	44
IX	Coefficientes de resistencia de los accesorios	47
X	Medidas	48
XI	Resistencia de los materiales de los tubos	51

GLOSARIO

Medidas del caudal del aire

La medición del caudal del aire se complica por la influencia de la temperatura y la presión por el hecho de que el flujo tiende a ser irregular o expuesto a perturbaciones. De allí que los datos cuantitativos únicamente sea fiables cuando se obtienen en condiciones específicas de ensayo.

Existen normas en los distintos países para el ensayo de compresores y otros equipos de aire y gas comprimido. EL PNEUROP (Comite Europeo de Fabricantes de Equipo de Aire Comprimido), ha estudiado la racionalización de métodos de ensayo y ha editado una serie de códigos que abarcan ensayos de recepción de máquinas neumáticas y equipo “.

El código de ensayos de PNEUROP para compresores de desplazamiento, reglamentó el ensayo de estos compresores y de las bombas de vacío con una presión absoluta de admisión sobre 1 mb (milibar) aproximadamente. El código de instrucciones detallada sobre la forma de medir la capacidad y el consumo de potencia y sobre como ajustar los valores medidos para garantizar las condiciones.

Las unidades empleadas son compatibles con el Sistema Internacional SI. La terminología es la siguiente:

1) **Presión total** : es la presión medida en el punto de estancamiento, cuando una corriente de gas queda en reposo y su energía cinética pasa por compresión y su entrópica, de la condición de flujo a la de estancamiento.

Es la presión que normalmente se mide con un tubo de Pitot. En una masa de gas estacionaria la presión estática y la total son numéricamente iguales.

2) **Presión estática** : es la presión medida en un gas de forma que la velocidad de éste influya en una medida.

- 3) **Presión dinámica (de velocidad)** : es la presión total menos la estática.
- 4) **Presión Atmosférica** : es la presión absoluta de la atmósfera medida en el lugar de ensayo.
- 5) **Presión manométrica (efectiva)** : es la presión medida por encima de la atmosfera.
- 6) **Presión Absoluta** : es la presión medida a partir del cero absoluto, es decir, del vacío absoluto. Es igual a la suma algebraica de las presiones atmosféricas y manométrica.
- 7) **Vacío** : es la diferencia entre la presión atmosférica la absoluta del gas cuando ésta es la menor.
- 8) **Puntos de admisión estándar** : es el punto de admisión considerado representativo para cada compresor. Este punto varía según el modelo de compresor y el tipo de instalación.
- 9) El punto de admisión estándar de un compresor fijo está generado en la brida de admisión. La presión y la temperatura deben medirse en un punto cuyas condiciones no dependan de la transferencia de calor ni de las pulsaciones de presión. El punto de admisión estándar de un compresor portátil es un punto cercano al compresor elegido, donde el termómetro no esté influido por el funcionamiento del compresor.
- 10) **Punto de descarga estándar** : es el punto de descarga que se considera representativo para cada compresor. También varía según el modelo de compresor y el tipo de instalación. El punto de descarga estándar de un compresor fijo suele estar en la brida de descarga del compresor. La presión y la temperatura se medirán en un punto donde las lecturas no sean afectadas por la transferencia de calor ni por las pulsaciones de presión.
- 11) **El punto de descarga estándar de un compresor portátil** : es la válvula de escape situada en el receptor de aire o depósito.
- 12) **Presión de admisión** : es la presión total absoluta medida en el punto de descarga estándar.

13) **Presión de descarga** : es la presión total absoluta medida en el punto de descarga estándar.

14) **Relaciones de presiones** : es la relación entre presión de descarga y presión de admisión. La relación de presión de la etapa es la relación de cada etapa en un compresor de varias etapas, sin tener en cuenta la caída de presión en el refrigerador intermedio.

La relación total de presión de etapa es la relación de cada etapa en un compresor de varias etapas, incluida la caída de presión en el refrigerador intermedio.

15) **Temperatura total** : es la temperatura que se mediría en el punto de estancamiento si una corriente de gas pasará a reposo y su energía cinética por compresión isoentrópica, pasará de la condición de flujo a la de estancamiento.

16) **Temperatura de admisión** : es la temperatura en el punto de admisión estándar del compresor.

17) **Temperatura de descarga** : es la temperatura total en el punto de descarga estándar del compresor.

18) **Refrigeración intermedia** : es la disipación de el calor de un gas entre etapas . Refrigeración final . Es la disipación de calor del gas completada la compresión .

19) **Desplazamiento de un compresor** : es el volumen desplazado por el elemento compresor de la primera etapa por unidad de tiempo.

20) **Volúmen muerto** : es el volumen que queda dentro del espacio de compresión que contiene el gas retenido al final del ciclo de compresión.

21) **Volúmen Muerto Relativo**: Es la relación entre el volumen muerto y el desplazamiento del elemento compresor.

22) **Capacidad de un compresor** : es el caudal de gas comprimido y suministrado en el punto de descarga estándar referido en condiciones de temperatura total, presión total y de composición (por ejemplo humedad), prevalentes en el punto de admisión estándar.

23) **Capacidad de una bomba de vacío** : es el caudal aspirado y comprimido por la primera etapa de una bomba de vacío y referido a condiciones de temperatura total, presión total y de composición (por ejemplo humedad), prevalentes en el punto de admisión estándar. Normalmente se supone que la etapa final de una bomba de vacío descarga a una presión atmosférica absoluta de 1 bar.

24) **Aire Libre** : es el aire en las condiciones atmosféricas del lugar y no afectado por el compresor.

25) **Rendimiento volumétrico** : es la relación entre la capacidad y el desplazamiento de un compresor o de una bomba de vacío.

26) **Proceso politrópico** : es un proceso de compresión o de expansión en el cual la relación entre presión y volumen sigue la ecuación:

$$Pv^k = \text{Constante}$$

27) **Factor de compresibilidad Z** : es un factor que expresa la desviación del gas real del estado ideal o de gas perfecto.

$$Z = \frac{Pv}{Rt}$$

28) **Compresión ideal de varias etapas** : ocurre cuando un gas perfecto se comprime isoentrópicamente y la temperatura de admisión del gas, así como la cantidad de energía gastada son iguales en cada etapa.

29) **Consumo isotérmico de potencia** : es la potencia teóricamente necesaria para comprimir un gas a temperatura constante en un compresor libre de pérdidas a partir de una presión de admisión determinada a una cierta presión de descarga.

30) **Consumo isoentrópico de potencia** : es la potencia teóricamente necesaria para comprimir un gas a entropía constante desde una presión de admisión dada a una cierta presión de descarga. En la compresión de varias etapas el consumo isoentrópico de potencia, teórico se calcula suponiendo condiciones ideales.

31) **Potencia de eje** : es la potencia necesaria del eje de accionamiento del compresor. La pérdida es en transmisiones externas como reductores o correas, no se incluyen.

32) **Potencia indicada** : es la potencia deducida de los gráficos indicadores. Rendimiento mecánico, es la relación entre la potencia indicada y la potencia necesaria en el eje.

33) **Consumo de potencia específico** : es la relación entre la potencia necesaria en el eje y la capacidad del compresor.

34) **Rendimiento isotérmico** : es la relación entre el consumo isotérmico de potencia y la potencia necesaria en el eje.

35) **Rendimiento isoentrópico** : es la relación entre el consumo isoentrópico de potencia del gas real y la potencia necesaria en el eje.

36) **Consumo de combustible o vapor** : es el caudal básico de combustible (o de vapor consumido por el motor principal).

37) **Consumo específico de combustible (o de vapor)** : es la relación entre el consumo de combustible (o de vapor), y la capacidad del compresor. Relación de incremento de temperatura. Es la relación entre la elevación isoentrópica de temperatura y la elevación total de temperatura medida durante la compresión.

Terminología Técnica

Todos los términos técnicos utilizados en esta tesis se basan en el sistema de unidades internacionales, (SI).

Unidad de Longitud	Metro (m).
Unidad de Masa	Kilo (Kg).
Unidad de Tiempo	Segundo (s).
Unidad de Corriente Eléctrica	Amperio (A).
Unidad de Temperatura	Grados Kelvin ($^{\circ}$ K).
Unidad de Potencia	Watt (W).
Unidad de Presión	Pascal (Pa).
Unidad de Trabajo	Joule (J).
Unidad de Fuerza	Newton (N).
Unidad de Caudal de aire Comprimido (Nm^3/Min)	Metro Cúbicos Normales,.
Kilopondio por Centimetro Cuadrado	(kp/cm^2).
Metro de Columna de agua	(m.c.a.).
Milímetro de Columna de Mercurio	(mm Hg).
Atmósfera Técnica	(at).
Atmósfera Física	(atm).

Factores de conversión a unidades SI.

Masa :

1 lb. Masa (USA) 0.45359 Kg.

Longitud :

1 pulg. 25.4 mm.

Tiempo :

1 minuto 60 s.
1 hora 3.6 ks.

Volumen de Aire Comprimido :

1 Npulg³

16,387.1 Nmm³

Nota : La letra N antepuesta a la nomenclatura indica NORMAL a presión atmosférica .

Area :

1 pulg²

645.2mm²

Fuerza :

1 Lbf

4.4482 N.

1N

0.102 kp.

1N

1 Kg m/s²

1Kgf

1 Kp.

1Kgf

9.806 N.

Trabajo :

1 J

1 Nm.

1 J

0.102 kpm

Potencia :

1 CV

735.5 W.

Presión :

1 bar

10⁵ Pa

1 bar

14.5 psi (medida

Inglesa).

1 bar

1.02 kp/cm²

INTRODUCCIÓN.

En en el taller de Diseño y Fabricación de Componentes de la Fábrica de Municiones del Ejército de Guatemala, institución en donde se realiza este trabajo de tesis, se ha notado que existen ciertas deficiencias en la red de aire comprimido que actualmente se encuentra en operación hasta el momento; entre estas deficiencias se pueden mencionar las siguientes : mala distribución de las líneas o ductos de conducción, cálculo inadecuado del diámetro de tubería utilizada, pérdidas grandes de presión y exceso de condensado.

El propósito de este trabajo de tesis consiste en mejorar y rediseñar todo el sistema de operación de generación y transportación del aire comprimido utilizado en la fabricación del producto, el cual consiste en municiones de diversos calibres.

En el taller de Diseño y Fabricación de Componentes de la Fábrica de Municiones del Ejército de Guatemala (conocida con las siglas F.M.E.) se utilizan máquinas que utilizan aire comprimido para el funcionamiento de todos sus componentes, tales como : embragues, sistemas de control, sistemas de extrucción, sistemas de eyección, sistemas de corte, embutido, estirado, prensado, etc. , donde el aire comprimido es esencial para el funcionamiento de toda esta maquinaria.

Como se anota anteriormente el propósito fundamental de este estudio es mejorar todo el sistema de generación y transportación de aire comprimido utilizado en la F.M.E. , y además dejar prevista una nueva línea de producción para ser utilizada en la fabricación de nuevos calibres de municiones.

El contenido de esta tesis presenta los fundamentos de la técnica de automatización de maquinaria mediante la utilización de la energía neumática, los diferentes equipos utilizados, formas de mando y algunas aplicaciones prácticas dentro de las máquinas troqueladoras, tal es el caso de las prensas. Es conveniente indicar que este trabajo se realizó en las instalaciones de la Fábrica de Municiones del Ejército de Guatemala, conocida por las siglas F.M.E.. En esta instalación se han notado ciertas deficiencias en la distribución e instalación de la red de aire comprimido que se encuentra en operación hasta el momento. Entre estas deficiencias se pueden mencionar : distribución inadecuada de las líneas o ductos de conducción,

cálculo inadecuado del diámetro de la tubería, pérdidas grandes de presión y exceso de condensación.

Como se anota, es necesario rediseñar todo el sistema de generación y transportación de de aire comprimido del taller de producción y diseño de componentes de la F.M.E.. Además, se pretende facilitar la comprensión y ser un auxiliar práctico para el técnico o el ingeniero en la automatización y distribución del aire comprimido en procesos productivos

Capítulo 1

1 Fundamentos teóricos, definiciones y principios generales de la neumática

1.1 Flujo de Fluídos

Al estudiar la dinámica de los fluidos, se supondrá que todos los fluidos utilizados, en este estudio de tesis se comportarán como fluidos en movimiento y que exhiban un flujo laminar; y como es sabido el flujo laminar es el movimiento de un fluido en que toda la partícula del mismo sigue la misma trayectoria que la seguida por las partículas anteriores.

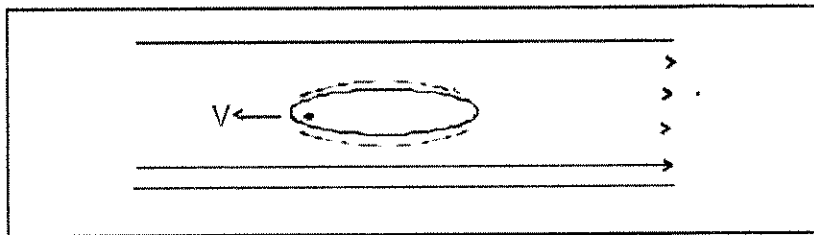


Fig. 1.1, Flujo de Fluídos

Tomando en consideración esta condición se pueden hacer ciertas predicciones acerca de la velocidad de flujo del fluido a lo largo de una tubería. El gasto se define como el volumen de fluido que pasa a través de cierta sección transversal en la unidad de tiempo.

Con el propósito de expresar cuantitativamente esta rapidez, consideremos el flujo de aire comprimido a través del tubo de la figura: Fig. 1.2, el cual lleva una velocidad media v , durante un intervalo t , cada partícula en la corriente se mueve a una distancia vt . El volumen v que fluye a través de la reacción transversal A se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V = A \cdot v \cdot t$$

De tal modo, el gasto (volumen por unidad de tiempo) puede calcularse de :

$$R = \frac{A.v.t}{t} = v.A$$

$$R = v.A$$

Gasto = Velocidad X Sección Transversal.

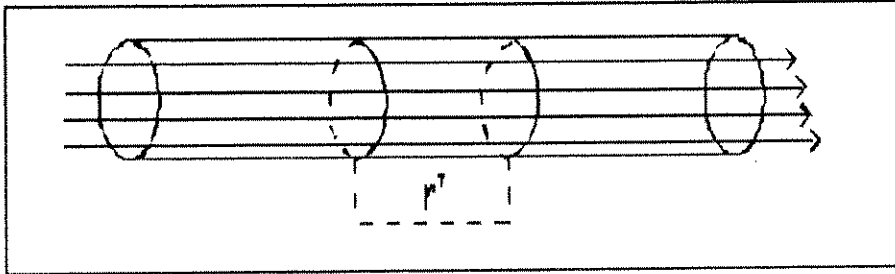


Fig. 1.2, flujo de aire comprimido

Las unidades de gasto (R), expresan la razón de una unidad de volumen respecto a una unidad de tiempo, ejemplos comunes con pies cúbicos por segundo, metros cúbicos por segundo, litros por segundo, galones por minuto. En el flujo laminar, el producto de la velocidad del fluido por el área de la sección transversal del tubo es constante en cualquier punto.

1.2 Presión y velocidad

La velocidad del fluido aumenta cuando este fluye a través de una constricción. Solo es posible lograr un aumento de velocidad cuando se tiene una fuerza que provoque una aceleración, y cuando se produce un incremento en la velocidad del fluido que va a través de una constricción, indica una caída de presión.

Pero en la compresión de aire (Fluido) se tiene un incremento de calor y la temperatura del mismo al afectarse este proceso, se estudia el comportamiento térmico de la materia, y es cuando se hace el estudio de las cuatro cantidades medibles que son de interés en el estudio del aire comprimido, estas cuatro cantidades son : **presión, volumen, temperatura y masa de la muestra**, todas esas variables determinan el estado de una muestra dada de materia, y dependiendo de su estado, la materia puede existir en fase líquida, sólida y gaseosa.

Para el estudio de esta tesis, se toma al fluido en fase gaseosa, ya que estamos tratando con aire comprimido y es en esta forma como inicia el estudio de este trabajo con el comportamiento de los gases involucrados en esta tesis.

Como se anota anteriormente el fluido utilizado en este estudio se encuentra en fase gaseosa, es necesario recordar ciertos principios técnicos para lograr el desarrollo del mismo.

En un gas las moléculas individuales se encuentran alejadas de tal modo que las fuerzas de cohesión entre ellos son generalmente muy pequeñas. Aunque la estructura molecular de diferentes gases puede variar considerablemente, su comportamiento se ve poco afectado por el tamaño de las moléculas individuales. En general suele ser correcto decir que cuando una gran cantidad de gas se confina en un volumen reducido, el volumen que las moléculas ocupan es todavía una fracción pequeña del volumen total.

De lo anterior, se desprende la ley de Boyle, que dice lo siguiente : siempre que la masa y la temperatura de una muestra de gas se mantiene constante, el volumen del gas es inversamente proporcional a su presión absoluta.

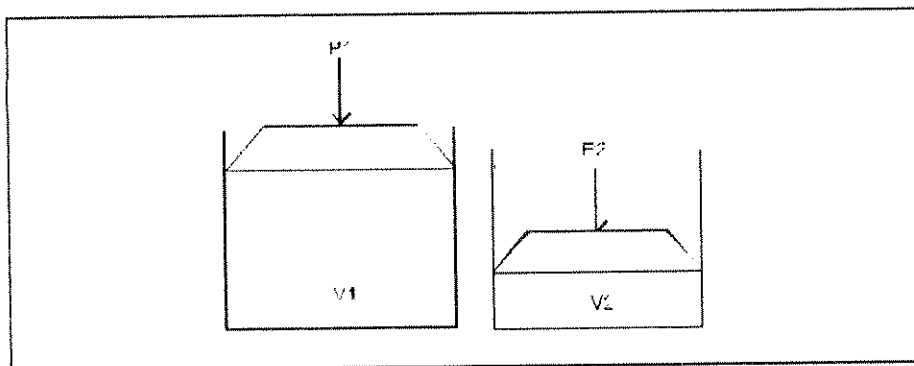


Fig. 1.3, acción de presión relacionada con el volumen

Cuando un gas, se comprime a temperatura constante, el producto de su presión y su volumen siempre es constante, o sea :

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

1.3 Ley de Gay - Lussac

Si el volumen de una muestra de gas permanece constante, la presión absoluta del gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

Esto significa que al aumentar al doble la presión aplicada en el gas causará que la temperatura aumente al doble también, y esto se puede escribir como :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Definiciones y principios generales de la neumática

1.4 Producción de aire comprimido

Todo sistema neumático de aire consume aire comprimido, que debe estar disponible en el caudal suficiente y con una presión determinada, según la característica del trabajo. El aire comprimido es producido mediante un compresor y distribuido al punto de trabajo mediante las tuberías de distribución.

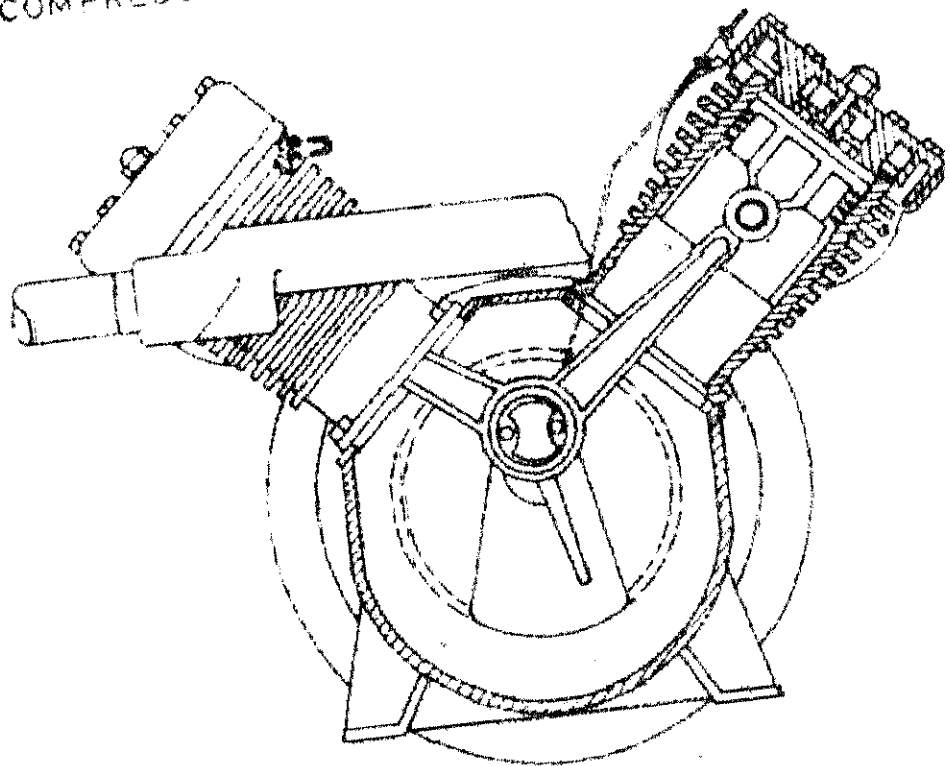
El compresor es el equipo principal de una instalación de aire comprimido por medio del cual se impulsa aire u otros gases, ejerciendo influencias sobre las condiciones de presión. El caudal suministrado por un compresor en NI/min ó Nm³/min está en base a la cantidad de aire aspirado a la temperatura ambiente y presión atmosférica.

Nota : El caudal de aire comprimido se representa con la letra N antepuesta al volumen, esta letra significa NORMAL. Por lo tanto, el caudal producido por un compresor está determinado por el caudal de aire aspirado a presión atmosférica.

1.5 Compresores de émbolo

Este es el tipo de compresor más frecuentemente usado. Se encuentra como unidades de uso estacionario o de uso móvil y se fabrican en unidades pequeñas hasta unidades capaces de proporcionar caudales superiores a los 500 NI/min. El funcionamiento de este compresor se basa en la transformación de movimiento circular transmitido al eje del cigüeñal, el cual transmite este movimiento a una biela y está a un pistón que se desplaza dentro de un cilindro de forma recíprocamente, con dos ciclos de trabajo : uno de compresión y otro de aspiración del gas. (Ver figura : 1.5).

COMPRESOR DE UNA ETAPA DOBLE CILINDRO



Compresor de émbolo
MARCA INGERSOLD RAND (MODELO 751)

Fig. 1.5 compresor de una etapa

El rendimiento mecánico en todo compresor está en función de la velocidad y de las pérdidas en los cojinetes, en los sellos y en los engranajes.

1.6 Instalación de los compresores de aire

La instalación de un compresor de aire del tipo estacionario debe hacerse siguiendo las indicaciones del fabricante. En compresores grandes y especialmente del tipo de émbolo, la cimentación debe ser individual y adecuada para absorber las vibraciones producidas durante su funcionamiento. Es importante que el área donde se localice el compresor sea protegida contra la intemperie y el polvo. Al igual que el aire caliente que expulsa el radiador del aceite del compresor; sea guiado por ductos al exterior, de tal manera que el compresor succione sólo aire fresco.

1.7 Depósitos de almacenamiento de aire comprimido

El aire comprimido y descargado por el compresor es almacenado en un tanque hermético a una presión máxima de trabajo, con el objeto de compensar las fluctuaciones de la presión en todo el sistema de distribución. Este depósito se ubica, directamente, a continuación del compresor y debe estabilizar los pulsos intermitentes de presión, procedentes del compresor. Debe ser una fuente constante de presión y adicionalmente debe contribuir a refrigerar el aire comprimido y a separar la condensación producida. En equipos grandes se instalan refrigeradores (pre-coolers) entre el compresor y el tanque de almacenamiento, con lo cual se limpia al aire comprimido de la humedad.

El tamaño del depósito depende del consumo de aire comprimido y de la potencia del compresor, pero hay otros factores que se deben tomar en cuenta, como son la regulación del funcionamiento del compresor y la frecuencia de conexión máxima. El depósito de un compresor es el punto de alimentación central de aire comprimido para varias salas o plantas. Los depósitos están colocados en posición horizontal, deben tener una llave de purga en la parte inferior del depósito para el condensado y la salida de aire comprimido debe estar en la parte superior para no arrastrar condensado. (Ver figura : 1.6.).

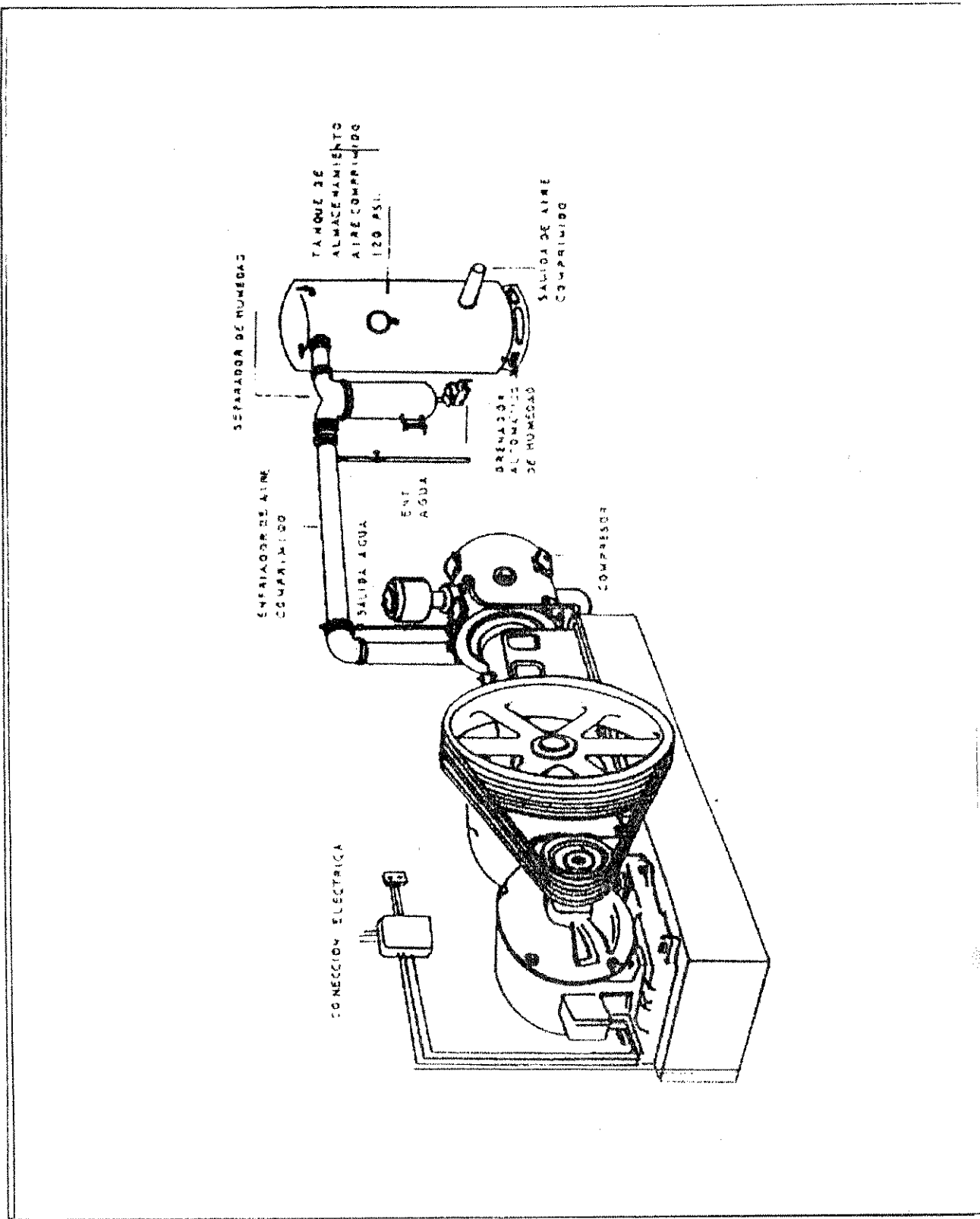


Fig. 1.6, esquema de equipo de compresión de aire

Tuberías y redes de distribución de aire comprimido

Se llama redes de aire comprimido al conjunto de todas las tuberías que parten del depósito, colocadas fijamente unidas entre sí y que conducen el aire comprimido a todos los puntos de consumo individuales. Para el diseño de una red de distribución se deben considerar criterios provenientes de la práctica, como :

- La velocidad de la circulación admisible en la tubería.
- La pérdida admisible de presión.
- La presión de trabajo.
- El número de puntos de estrangulación existentes en la tubería.
- La longitud de la tubería.

1.8 Velocidad de circulación

El caudal de aire comprimido es una magnitud que se determina según la necesidad. La velocidad de circulación y la caída de presión se hayan en relación directa, porque cuanto mayor es la velocidad de circulación, mayor es la caída de presión hasta el punto de toma de la tubería. La velocidad de circulación puede estar comprendida entre 6 a 10 m/s (metros por segundo), debiéndose utilizar un valor por debajo de los 10 m/s, para así compensar de los aumentos de velocidad producidos en algunas estrangulaciones y por la demanda de grandes consumidores.

1.9 Pérdidas de presión

La caída de presión también se ve afectada por : la aspereza o rugosidad de la pared interior de la tubería, la longitud de la tubería hasta el consumidor y el número de accesorios instalados en la tubería. En la práctica las pérdidas no deben exceder un 5% de la presión de trabajo.

1.10 Puntos de estrangulación

Los puntos de estrangulación en la red de aire comprimido se originan por la inclusión de accesorios, codos y derivaciones. Para facilidad del cálculo de las pérdidas de presión y velocidad del aire comprimido en una red de distribución, todos los puntos de estrangulación se consideran en metros de longitud de tubería y se añaden a la longitud de la red. Para efectos de diseño, el cálculos de las pérdidas del aire comprimido y los equivalentes en la tubería de algunos accesorios se pueden obtener de la tabla : T1.1.

Toda la tubería de alimentación horizontal debe colocarse con una pendiente del 1 al 2% en el sentido de circulación del aire comprimido, con el fin de hacer circular el condensado a la trampa más próxima. Las derivaciones verticales hacia abajo que salen de una tubería principal deben derivarse siempre dirigiéndolas hacia arriba y no deben terminar directamente en la toma del consumidor, sino debe prolongarse un poco más con el fin de que el agua de condensación producida no pase al aparato consumidor, sino que se acumule en el punto más bajo de esta derivación para su evacuación. Ver Figura : Fig.1.7

El diseño en anillo es el más conveniente incluyéndose en este un acumulador intermedio. Con un tipo de distribución en anillo puede reducirse en un tercio la sección de la tubería comparada con una línea normal abierta. Además, de dar un ahorro en el costo de tubería, el suministro de aire comprimido es equilibrado y las fluctuaciones de la presión se reducen considerablemente. Ver Figura : Fig. 1.8

La red de distribución debe permitir varias posibilidades de conexión a los consumidores, dando buen resultado los acoplamientos de tipo rápido. Es preferible en el momento del diseño, dejar contemplado mayor diámetro de tubería para el acoplamiento de consumidores futuros.

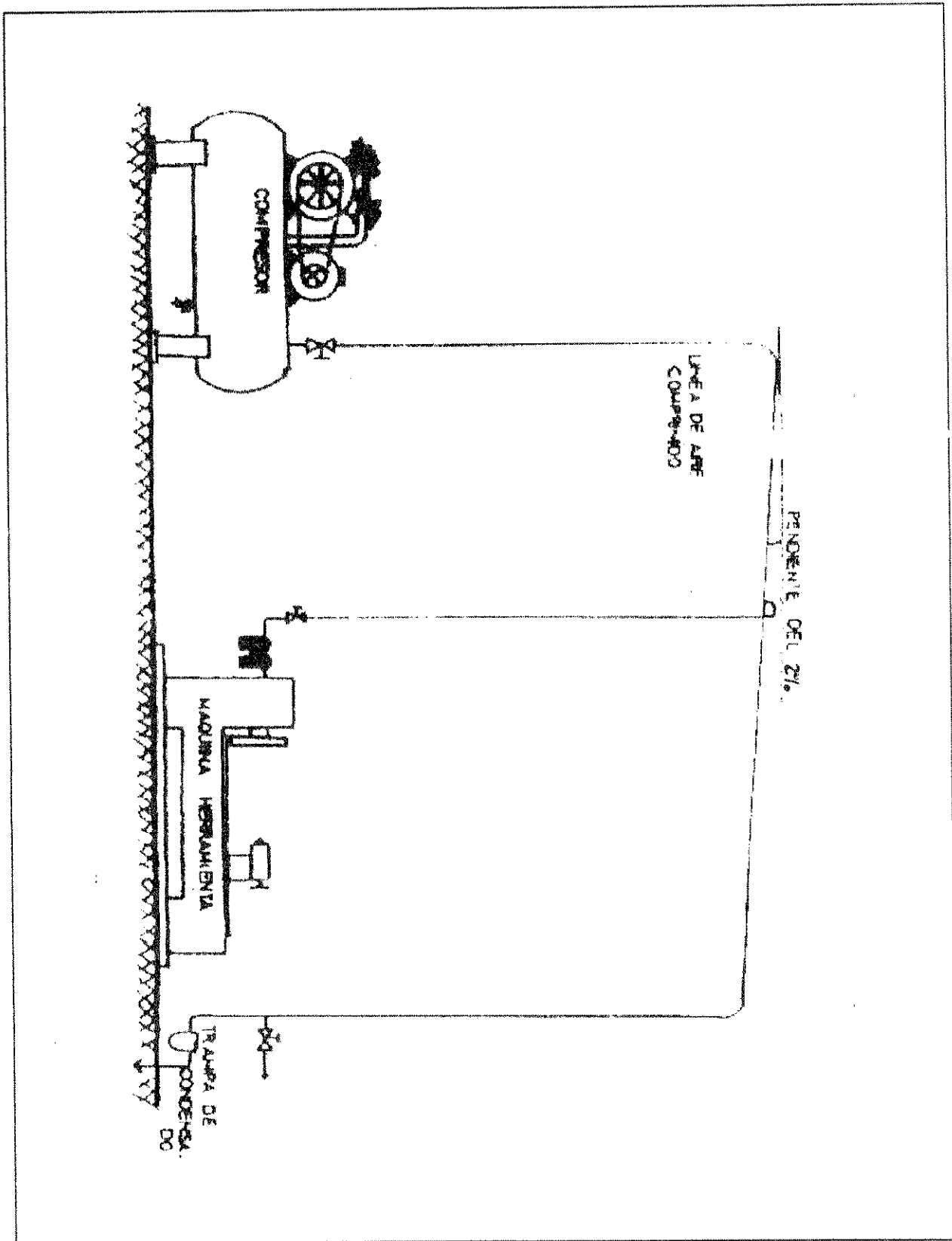


Fig. 1.7, esquema de instalación de aire comprimido

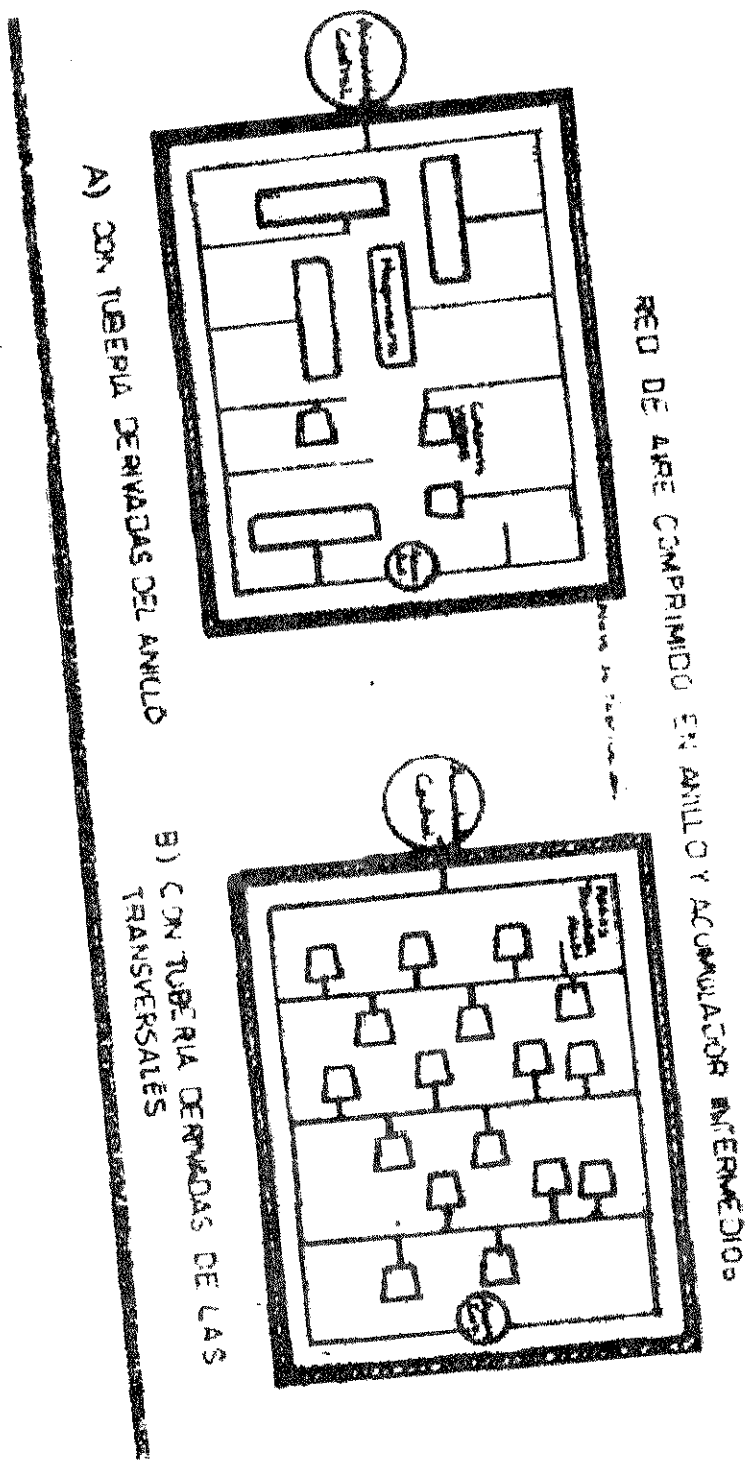


Fig. 1.8, tipo de redes de aire comprimido

Tabla I

Valores equivalentes a metros de tubería recta para los accesorios

Accesorio	25	40	50	80	100	125	15
Válvula de asiento	6	10	15	25	30	50	60
Válvula de cierre	3	5	7	10	15	20	25
Válvula de compuerta	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5
Codo r=d	0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	2.5
Codo r=2d	0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1	1.5
Empalme en T	2	3	4	7	10	15	20
Empalme reductor	0.5	0.7	1	2	2.5	3.5	4

Nota: Tabla tomada de los manuales de instalación neumática.

Tabla I

1.11 Tuberías interiores de la maquinaria

La variedad del tipo de tubería para esta utilización es mayor que para las redes de distribución general. Hay tuberías de acero de paredes delgadas, de cobre, de plástico, mangueras de goma y plástico. Todas las tuberías interiores se acoplan mediante uniones del tipo flexible como los racores. Estas son uniones que permiten el montaje y desmontaje de la tubería en cualquier momento y garantizan su acople hermético.

La selección de la tubería en el interior de los equipos debe ir proporcional al diámetro de paso de los elementos neumáticos de mando y de trabajo. Un error en la selección de la tubería disminuye el rendimiento del elemento a ellas conectado.

1.12 Calidad y preparación del aire comprimido para el uso en maquinaria de prensas

El aire comprimido sin preparación previa puede perjudicar la función de los elementos neumáticos o incluso hacerla imposible. En las instrucciones para servicio de muchos equipos se establece la necesidad de conectar entre el equipo consumidor y la red de distribución una Unidad de Mantenimiento. Esta unidad de mantenimiento está formada por el filtro, el regulador y el lubricador. El filtro limpia las impurezas sólidas en suspensión en el aire comprimido, tiene un depósito de condensado el cual limpia la humedad al gas. El regulador tiene la misión de mantener constante el consumo del aire y la presión de trabajo, que es independiente de la presión de la red.

El lubricador dosifica al aire comprimido con aceite para la lubricación de los elementos neumático. La niebla oleosa debe ser lo suficientemente fina para que el aceite no se precipite en los primeros puntos de lubricación o en las reducciones de sección. La unidad de mantenimiento no debe estar montada a una distancia superior de los 5 mts. del último consumidor. El tipo de aceite utilizado en los sistemas de lubricación neumática es un tipo de aceite con una viscosidad de 10-50 cSt (centi Stock) a (40°C), por lo regular del tipo antifricción y antiespumante usado en equipo hidráulico.

Capítulo 2

2 Diseño de una red de aire comprimido

Este estudio se realizó en las instalaciones de la fábrica de Municiones del Ejército de Guatemala la cual se abrevia con las siglas F.M.E. , en dichas instalaciones se contaba con una red de aire comprimido la cual representaba ciertos problemas de operación, entre ellos se pueden mencionar : la mala distribución de la red (Tubería Principal), falta de accesorios, cambios bruscos de tubería y malas tomas de aire, los que originan pérdida de presión, exceso de condensación y fugas de aire.

Todos los anteriores problemas dieron pauta a rediseñar la red principal y estructurar nuevamente los canales con nuevos accesorios y equipos, siempre utilizando la misma maquinaria instalada, la cual trabaja bajo los principios de EXTRUCCION y EMBUTIDO (prensas) , y por lo tanto necesitan de una buena dotación y calidad de aire para su buen funcionamiento y lograr un producto de buena calidad y funcionalidad, (en este caso el producto a obtener es munición).

Como es sabido una distribución es la localización de todos los elementos de conexión, distribución y de mando en la estructura de la máquina a la cual se le esta dotando de aire comprimido.

2.1 Características del diseño

En la distribución correcta de todos los elementos de mando y potencia dentro del diseño neumático, y aún suponiendo que este diseño sea el correcto , es posible que aparezcan fallas en el funcionamiento, principalmente, en los elementos neumáticos de potencia o en los diferentes elementos que constituyen el diseño. El montaje de estos elementos debe realizarse de manera que el elemento afectado por una perturbación, pueda localizarse y sustituirse con un tiempo mínimo de interrupción del servicio.

Para relizar este proceso, en la F.M.E. se distribuyeron los elementos en tres grupos, los cuales fueron :

- A) Grupo de alimentción de energía
- B) Grupo de maniobra y mando de la maquinaria.
- C) Grupo de accionamiento de la maquinaria.

A) Grupo de alimentación

Dentro de los recursos que se cuentan en la F.M.E. , se tiene un banco transformador de energía eléctrica, que proporciona una alimentación trifásica y monofásica según la necesidad de corriente eléctrica. Se cuenta con dos (2) compresores marca CUMINS del tipo recirpocantes de dos(2) cilindros de 240 Volts y 60 hertz de frecuencia, cada compresor cuenta con sus respectivos tanques de almacenamiento, los cuales tienen las dimensiones de la figura 2.1 :

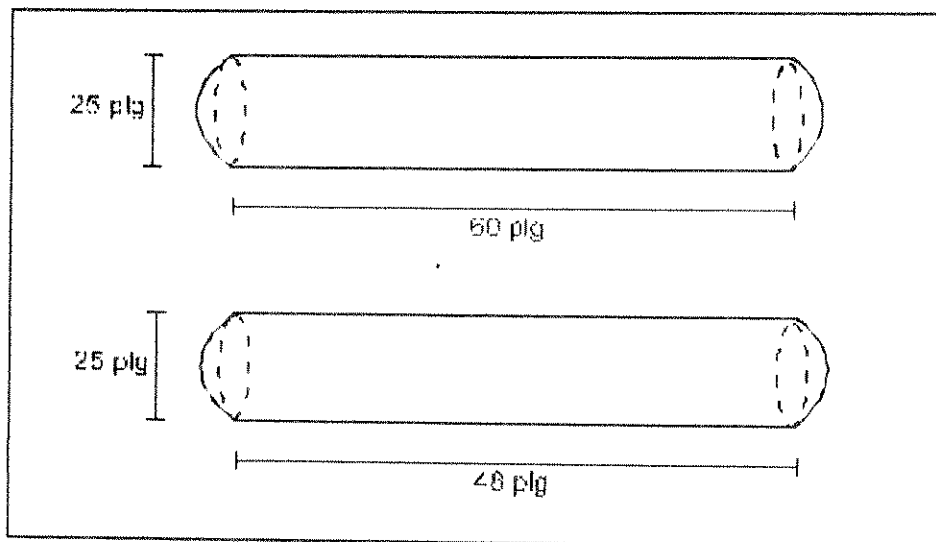


Fig. 2.1, tanques de almacenamientos de compresores

Como se muestra en la figura 2.1, se tienen dos tanques almacenadores, los cuales tienen una capacidad de acumulación que se determina de la siguiente forma :

$$V = 3.1416(R^2L).$$









































































































































































































Utilizando la expresión anterior se obtienen los siguientes resultados:

- Para el tanque del compresor a) 4.712 mts³ de aire comprimido.
- Para el tanque del compresor b) 2.412 mts³ de aire comprimido.

B) Grupo de maniobra y mando

Este grupo esta constituido por los elementos de maniobra los cuales son : válvulas distribuidoras, válvulas de caudal, válvulas reguladoras, valvulas de bloqueo, cilindros de doble y simple efecto. En la tabla II se presenta la simbología de algunos de estos elementos. Los elementos de mando son todos aquellos que funcionan atravez de un tipo de accionamiento ya sea este neumático , eléctrico o manual, entre los cuales se puede mencionar los contactores eléctricos, velas de tiempo, etc.

Símbolos neumáticos

Transmisión de la señal	Accionamiento manual
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Linea de mando</p> 	<p>Operador</p> 
<p>Comando de alternancia</p>	

	Compresor
	Bomba de vacío

	Multiplicador de presión
	Convertidor electrohidráulico

Motores neumáticos

	Con un sentido de giro
	Con dos sentidos de giro
	Con giro limitado

Cilindros

	De simple efecto, retorno por fuerza exterior
	De simple efecto retroceso por muelle
	De doble efecto y un solo vástago
	Doble efecto y doble vástago
	Con amortiguación regulable en los finales de carrera
	Con regulación de caudal (dinámica)
	Flujo de escape con accionamiento continuo y freno de seguridad

Clases de accionamiento

Componentes mecánicos

	Eje: a) con un sentido de giro b) con dos sentidos de giro
	Enclavamiento: introducido para mantener una determinada posición de manobra de un elemento
	Resaca: introducido cuando un elemento es bloqueado en una posición y para dar determinada función del modo de accionamiento
	Mecanismo de resorte: biónico
	Uniones solenoidales

Medios de accionamiento

Accionamiento manual		Accionamiento mecánico	
	General		Lava (accionamiento directo)
	Por pulsador		Por rodillo
	Por rodillos		Por rodillo ajustable
	Por pedal		Por muelle
Accionamiento eléctrico		Accionamiento neumático	
	Por electroimán		Por presión
	Por electroválvula y accionamiento mecánico		Por depresión
			Por presión diferencial

Tabla III

Mando de regulación de la energía

Válvulas distribuidoras		Válvulas de presión	
	Válvula de vías, en posición de reposo cerrado P → A		Limitadora de presión
	Válvula de vías, en posición de reposo abierto P → A		Válvula de secuencia
	Válvula de vías, en posición de reposo cerrado P → B		Regulador de presión sin escape
	Válvula de vías, en posición de reposo abierto P → B		Regulador de presión con escape
	Válvula de vías, en posición central todas las líneas cerradas	Válvulas de caudal	
	Válvula de vías		Válvula de estrangulación
	Válvula de vías, en posición central todas las líneas cerradas		Válvula de diferencial
	Válvula de vías, en posición central las líneas de trabajo B, A purgadas, P cerrada		Válvula de estrangulación regulable
	Válvula de bloqueo		Válvula de estrangulación ajustable mecánicamente con rodillo y muelle recuperador
	Válvula antisifónico	Válvula de cierre	
	Válvula selectora		Representación simplificada
	Válvula antisifónico con estrangulación regulable (válvula reguladora de velocidad)	Denominación de las conexiones	
	Válvula de escape rápido	Líneas de utilización ... A, B, C	
	Válvula de simultaneidad	Alimentación, toma de aire comprimido ... P	
Símbolos especiales (no normalizados)		Escape, purga ... B, S, T	
	Detectador de fuga	Fuga ... L	
	Detectador de proximidad	Líneas de mando ... Z, Y, X	
	Detectador de pérdida (fugas)		Detectador de pérdida (fugas)
	Detectador de pérdida (fugas)		Detectador de pérdida (fugas)

Tabla III

C) Grupo de accionamiento

Abarca todos los elementos que realizan las funciones de operación de la maquinaria del taller de componentes y diseño de la F.M.E. entre estos elementos se cuenta con embragues neumáticos , motores eléctricos , pistones neumáticos, equipos de lubricación y equipos eléctricos.

Los tres grupos mencionados anteriormente están unidos entre sí mediante conectores, conductores eléctricos, tuberías de potencia y mando neumático de manera que constituye un conjunto preparado para entrar en servicio.

2.2 Elementos del diseño

Para poder realizar este diseño, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros : distribución de arranque, distribución de seguridad , distribuciones de final de carrera, distribuciones sensitivas, distribuciones selectivas y distribuciones programadas; como las distribuciones existentes en las maquinarias neumáticas de la F.M.E. son muy complejas y variadas, resultando prácticamente su enumeración, solo se comentarán los parámetros anteriormente mencionados.

2.2.A Distribución de arranque

La selección de un sistema de arranque con numerosos escalones obliga al empleo de un gran número de válvulas y mandos auxiliares aumentando la posibilidad de avería, la mayoría de la maquinaria de prensado de la F.M.E. , presentan características automáticas que necesariamente presentan el uso de válvulas controladas a distancia, arrancadores, reguladores de presión, manómetros, y otros elementos que, colocados todos en un panel de mando cercano a éste, permite el control y mando de la maquinaria sin realizar mucho esfuerzo, entre estas máquinas se pueden mencionar las : PGS, PKZ, PKE-10, PB-31/14, PD-143 +.

2.2B Distribuciones de seguridad

En la F.M.E. existe una rigurosa distribución de seguridad, tanto del operador como de la maquinaria. Dentro de las distribuciones de seguridad, algunos elementos de la maquinaria de prensado existente en el taller de diseño y componentes de la F.M.E., de características neumáticas son : los interruptores final de carrera, reguladores de presión, reguladores de flujo y otros generadores de señal, se cuenta además de un sistema electrónico utilizado en señalización visual y auditiva de las aveñas.

2.2C Distribuciones de seguridad indicadoras de servicio

Este tipo de señalizaciones es necesario para la señalización del estado de servicio o posicionamiento de los órganos de las maquinarias : motores neumáticos, pistones, compresor y equipo eléctrico en funcionamiento o parado, pero en este tipo de distribuciones se utilizan dispositivos luminosos de señalización, tal es el caso de las máquinas PGS y PB 31/14 de la F.M.E.

2.2D Distribuciones sensitivas

Estas distribuciones son utilizadas dentro de los sistemas de copiado por modelo o plantilla, aquí un pulsor sensitivo o dispositivo palpador recorre el perfil de la pieza a reproducir , transmitiendo señales de posición de cada punto del perfil. Esta clase de distribuciones sensitivas se presentan en las máquinas que según el código de la F.M.E. se clasifican como : PD-143T, PB-115, y la PB-20A , estas máquinas examinan y determinan la superficie, peso y longitud de las municiones que se producen en esta institución militar.

2.2E Distribuciones selectivas

Esta clase de distribuciones selectivas la poseen todas las máquinas utilizadas en el proceso de producción de municiones, ya que son las que permiten la selección de varios circuitos de maniobra, mando y posicionamiento de de los equipos neumáticos y eléctricos en las maquinarias de prensas. Estas distribuciones tienen el objeto de hacer los más simple posible la utilización y selección de las opciones de marcha al operador.

Además de las especificaciones anteriores, este tipo de distribución se utiliza en maquinaria de naturaleza automática permitiendo la selección de equipo, habilitando ruta, operaciones o velocidades de operación, dependiendo del proceso productivo que este programado, tal es el caso de la máquina PB-31/14, (esta máquina selecciona rutas para el proceso de ojivas, ya que esta inyecta el hilo de plomo y además le da la forma previa al ensamble con el cartucho a la ojiva).

2.2F Distribución programada

Esta clase de distribuciones programadas se adoptan cuando se tratan de realizar trabajos en serie y siempre que se repita una sucesión determinada de operaciones tal es el caso de la mayoría de maquinaria perteneciente al taller de componentes y diseño de la F.M.E., ya que este tipo de maquinaria trabaja utilizando el método de Eyección y Extrusión (Prensas).

Características del diseño

Ya que el producto a obtener en la F.M.E., es municiones de varios calibres, y para obtenerlo necesitamos de una generación y transportación de aire comprimido que sea de buena calidad, además de otros insumos básicos tales como : electricidad, agua potable, aditivos especiales y materia prima, pero el interés básico de este estudio radica en el diseño de la red de aire comprimido y la transportación del mismo.

Para obtener el resultado de la producción el cual es munición dentro de la F.M.E., se han creado dos líneas de trabajo las cuales son :

- A) Línea de fabricación de ojivas
- B) Línea de fabricación de balas

Estas dos líneas necesitan de maquinarias especiales las cuales para su correcto funcionamiento necesitan de aire comprimido.

Para poder explicar las características del diseño es necesario indicar cada una de las máquinas y el trabajo que en ellas se efectúa, para así poder determinar el consumo de aire comprimido que cada una de ellas requiere, para este propósito contemplo lo siguiente :

A) Línea de producción de vainas : se realizan las siguientes operaciones :

NOMBRE DE LA OPERACIÓN	MAQUINA
1) Corte y estampado del trozo	PKE-10H
2) Desengrase del trozo	PD15E-2
3) Recocado del trozo	KP 45/16/75-1
4) Decopado del trozo	D 250/4/7 R-1
5) Extrusión de la copa	PKZ 1-H
6) Desengrase de la copa	DG-S/250
7) Recocado de la copa	KP 45/16/75-2
8) Decopado de la copa	D 250/4/7R-2
9) Primer estirado	PD 23 S
10) Desengrase del primer estirado	D 250/A/ 7R-2
11) Decopado del primer estirado	D 250/A/ 7R-2
12) Segundo estirado	PD 32 5-2
13) Desengrase del segundo estirado	D 250 /A/ 7D
14) Corte del segundo estirado	D 250 /A/ 7D
15) Enjabonado previo iniciado del alojamiento	D 250 /1/ 7D
16) Inicado del alojamiento	PD 44/1
17) Cabeceado marcado	PD 44/1
18) Desengrase previo recocado parcial	D 250 /3/ 7D

19) Recocido parcial	PD 26/BR
20) Decopado de la vaina recocido	D 250 /3/ 7R
21) Conificado, y perforación del oído	PD 32/4
22) Desengrase final	DG -5/250
23) Abrillantado de vainas	PD 15-E-1
24) Torneado y corte longitud	PD-42
25) Control dimensional	PD -143/T
26) Recocido del gollete	PD -26/BR-2

b) Línea de fabricación de balas:

1) Calibrado del alambre de plomo	PB 7B
2) Estampado del núcleo de plomo	PB 8C
3) Abrillantado del núcleo de plomo	PD 15-E
4) Embutición de la copa	PGS
5) Desengrase de la copa	DG 45/16/75-1
6) Recocido de la copa	RP 45/16/75-2
7) Decopado de la copa	D 250 /4/ 7R
8) Formación de la bala	PB 31/14
9) Abrillantado de la bala	PD 15-E-3
10) Control de peso	PB 11-5
11) Control de dimensiones	PB 30

También es de hacer notar que de se cuenta con la línea de carga y encartuchado, la cual parte de:

- Vainas
- Capsulas
- Barnices
- Pòlvora
- Bala

Pero en este estudio no se hablará de la maquinaria utilizada en este proceso ya que se ubica en otro edificio (siempre en la F.M.E.) en la cual no utilizamos aire comprimido para su funcionamiento.

Dentro del grupo de alimentación, existe un aspecto a considerar para seleccionar el tipo de compresor que se usará en este diseño, y es el de establecer si el compresor a utilizar será de una o dos etapas. Debido a la clase de trabajo y la demanda de aire comprimido que se requiere se ha establecido que el compresor será de dos etapas, en base a:

- 1) Se construyen para mayor duración.
- 2) La eficiencia suele ser mayor (mayor del 75%).
- 3) Es utilizado para alta presión (mas de 250 psi).
- 4) Requiere menos mantenimiento.
- 5) Ahorra hasta el 25% de energía eléctrica.

Es de hacer notar que el tipo de servicio que presta el compresor es intermitente, debido a que la válvula de admisión se abre durante 30 seg. cada 15 a 20 min., salvo situaciones inicitadas.

El equipo utilizado en el taller de componentes de F.M.E., es el tipo intermitente ya que se cuenta con :

6 pistolas para limpieza de 2,5 pcm, cada una	15,00 pcm
1 elevador hidráulico	5,25 pcm
2 abridores de puertas de 2 pcm	4,00 pcm
	<hr/>
	24,25 pcm

Además de contar con la maquinaria descrita anteriormente, como todos estos aparatos, son intermitentes se consultó de la tabla 2,1 segunda columna frente a la línea 145-175 pci, en donde se indica un máximo de 24,3 a 36,4 pcm, en la columna de caballaje se ve que se necesita de un compresor de 3 Hp de dos etapas. La tabla 2,2 indica que el tamaño mínimo del tanque para un compresor de 3 Hp es de 80 galones, y como las pistolas para limpieza se usan con frecuencia, sería preferible comprar un tanque adicional de 60 galones.

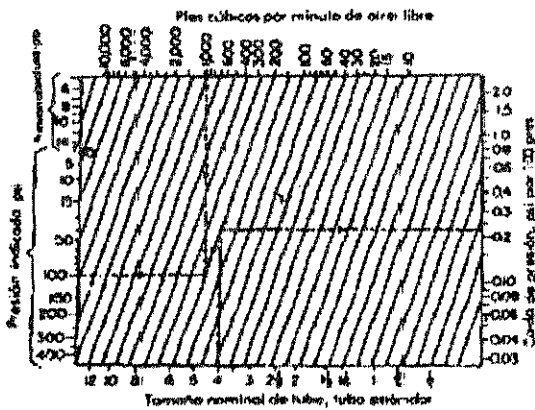
El propósito fundamental de este estudio realizado en la F.M.E. es el de usar y provechar de la mejor forma posible la potencia del aire comprimido, ya que como se indicó en la introducción que el equipo anteriormente trabajaba a baja presión, es decir que esta presión no era la adecuada para el perfecto funcionamiento de la maquinaria que requería de este servicio.

La mayoría de la maquinaria utilizada en la F.M.E. funciona a 90 psi (6,5 bares) cuando la presión es menor no puede hacer el trabajo para el cual esta destinada.

Causas de la baja presión: Las causas principales de la baja presión de aire son:

- 1, Compresor muy pequeño (2 HP)
- 2, Tuberías inadecuadas (varios diámetros y malos acoples)
- 3, Demasiada pérdida en el sistema por fugas.
- 4, Caídas de presión desde el tanque hasta el punto de uso mayor (máquina PGS, que trabaja a 101,5psi) en promedio de 15%

De la tabla 2,3 se indica la cantidad de aire que la tubería puede manejar en forma adecuada.



ESTA GRÁFICA SE USA para calcular las pérdidas de presión en tubo de cualquier longitud. En el ejemplo (Basa de las curvas), la presión inicial es 100 psi, el volumen es 4 000 pies y la tubería es estándar, de 4 pulg.

A partir del 100 en la escala superior, siga horizontal hasta abajo de 4 000 pies en la escala superior. Luego, suba paralelo a las diagonales hasta quedar encima del tamaño del tubo en la escala inferior. Siga ahora horizontal hasta la escala derecha y lea la caída en presiones por cada 100 pies de tubo. Coeficiente de fricción de la tubería en la asociación de Walsworth Co.

Tabla IV, pérdidas de presión

Fugas de aire: es elemental que cada pie cúbico de fuga que se elimine, sea otro pie cúbico disponible para trabajo útil. La eliminación de fugas reduce el consumo de corriente y restaura la capacidad del sistema en la planta de la F.M.E., se estableció una recuperación de 30 a 35 pies cúbicos de aire en todo el sistema, gracias a un perfecto acople de la tubería, también es importante hacer notar la fricción existente tanto en tubería principal como en las conexiones, ya que este tipo de fricción son originarios de fugas y baja presión en el sistema. A continuación en las tablas IV y V se presenta la forma de cálculo de este tipo de fricción.

TABLA No. IV

FRICCIÓN EN LOS TUBOS

FRICCIÓN EQUIVALENTE DE CONEXIONES

Con el factor siguiente, para calcular la cantidad de tubo que tendría la misma fricción que la conexión dada, multiplique el factor por el tamaño nominal del tubo en pulgadas y obtenga la longitud de un volumen de tubería en pies. Por ejemplo, una conexión de 4 pulgadas Spig. obtiene, por el equivalente 0.3 x 14 = 4.2 pies de tubo recto.

Conexión	Factor	Conexión	Factor
Unión de 4 pulg.	20	Tubo curvado estándar	3
Unión de 2 pulg.	10	Tubo estándar	2.5
Unión de 1 pulg.	5	Codo macho	2.2
Unión de 1/2 pulg.	2.5	Codo hembra	1.8
Unión de 1/4 pulg.	1.25	Codo 90°	1.2
Tubo estándar por 100 pies	1	Codo 45°	0.8

En el ejemplo siguiente, se muestra la forma de determinar el coeficiente de fricción de tubería de cualquier longitud. En el ejemplo (Basa de las curvas), la presión inicial es 100 psi, el volumen es 4 000 pies y la tubería es estándar, de 4 pulg.

Conexión (por tubo de 1")	Factor	Presión indicada (libras)	Volumen (pies cúbicos)	Longitud (pies)	Coeficiente de fricción
Codo estándar	2.2	100	4 000	100	0.02
Tubo estándar	1	100	4 000	100	0.02
Unión de 4 pulg.	20	100	4 000	100	0.02

Todos los coeficientes de fricción de tubería

TABLA No. V

FRICCIÓN EN LAS CONEXIONES

PERDIDA DE PRESIÓN EN 100 PIES DE MANGUERA

Tamaño de manguera (Pulg.)	Presión (psi)	Volumen en pies cúbicos (pies cúbicos por minuto)
3/8	100	10
1/2	100	15
3/4	100	20
1	100	25
1 1/4	100	30
1 1/2	100	35
2	100	40
2 1/2	100	45
3	100	50
3 1/2	100	55
4	100	60
4 1/2	100	65
5	100	70
5 1/2	100	75
6	100	80
6 1/2	100	85
7	100	90
7 1/2	100	95
8	100	100

ESTA TABLA A LA VEZ MUESTRA la caída de presión en tubería por pulgadas de diámetro a la tubería en cuestión. Todas las caídas de presión de 1 pie se indican con una X. Las escalas de la izquierda indican que la manguera se mide por cada pie de volumen dado de aire. El volumen (pies cúbicos) se mide en pies cúbicos de aire libre por minuto. Observe como se reduce la caída de presión en cada caso con el cambio a una manguera del tamaño superior siguiente.

Capítulo 3

3 Implementación y montaje de una red de aire comprimido

Como se indicó anteriormente en el taller de componentes y diseño de la fábrica de municiones del Ejército de Guatemala (F.M.E.), institución donde se realizó este trabajo de tesis, se han notado ciertas deficiencias en la red de aire comprimido que se encuentra en operación. Hasta el momento estas entre estas deficiencias se pueden mencionar las siguientes : distribución inadecuada de las líneas o ductos de conducción, exceso de condensado, sistemas de depresión, mala conexión de los canales de conducción de aire comprimido, mal cálculo del diametro en las tuberías . Es por eso que se esta realizando este trabajo de Tesis con el fin de cambiar y rediseñar toda esta línea y al mismo tiempo porveer otra línea de producción de municiones enla F.M.E..

Para rediseñar la línea de generación y transportación del aire comprimido utilizado en esta institución se tomaron en cuenta los siguientes aspectos :

- 3.1) Generación de aire comprimido,
- 3.2) Conducción del fluido.
- 3.3) Equipos, materiales y accesorios.
- 3.4) Aplicación de la neumática, cilindros de estampar y doblar.

Es de hacer notar que que la maquinaria utilizáda en el proceso de fabricación de municiones de la F.M.E., no se cambió, y en base a la demanda y consumo de aire comprimido que requiere este tipo de maquinaria para su operación se hizo el estudio técnico para la nueva red de aire a utilizar.

3.1 Generación de aire comprimido .

En la actualidad en la F.M.E. se cuenta con dos compresores de tipo Reciprocantes conectados cada uno a motores eléctricos de 240 Volts, 60 Hz, y de 5 Hp ; estos motores impulsan al compresor por medio de bandas múltiples tipo V, estos compresores son del modelo HR-5-8 de 5 Hp de potencia, con una presión de 175 PSI - 12bar, y de 16.5 p³/min de capacidad y con tanques de almacenaje colocados en forma transversal de 80 galones y 50 galones respectivamente.

Tomando en cuenta los datos anteriores se procedió a determinar el consumo de cada máquina que no abastecía de aire comprimido, con el propósito de conocer el consumo real de operación y con base en este consumo a rediseñar la línea de aire comprimido del taller de componentes y diseño de la F.M.E. , obteniendo los siguientes datos :

Máquina	Presión (Bares)	Q. (Gastos por máquina)
PD-143-T	5	0.0040 m ³ /seg
PD-31/14	5	0.0040 m ³ /seg
PGS-	7	0.0048 m ³ /seg
PKZ	6	0.0043 m ³ /seg
PD/42	5	0.0040 m ³ /seg
PD/44-1	6	0.0043 m ³ /seg
PD/44-2	6	0.0043 m ³ /seg
PD/32-4	6	0.0043 m ³ /seg
PD/32-5	5	0.0040 m ³ /seg
PD/36-2	5	0.0040 m ³ /seg
		Q = 0.0420 m ³ /seg

Tabla VII, caudales admisibles

El gasto Q de la tabla VII se obtuvo a través de la siguiente fórmula :
 $Q = K \cdot \text{Raiz de } H$, en donde K es el factor de rugosidad aplicado al hierro

hierro galvanizado que es el material del que esta formada la tubería, y H corresponde a la presión de trabajo de cada máquina.

La propuesta para el diseño, montaje y puesta en marcha de la línea de conducción de aire comprimido de la F.M.E. se establece en el plano : (Plano-2) . Este nuevo diseño para su operación trabaja bajo las mismas características del original es decir con los mismos compresores y maquinaria respectiva, lo que cambia es la distancia de la tubería y el sistema de unión al servicio. Se tomaron nuevos diámetros de tubería y por consiguiente un nuevo análisis, basado en dos sistemas equivalentes, ente estudio se detalla en el tema 3.C.

3.2 Conducción del fluido

Cómo es sabido, el fluido utilizado en este proceso es el aire, y es de hacer notar que, como medio de trabajo es muy fácil de obtener y lo que es más importante este documento de trabajo es gratis , pero es necesario realizar un proceso de compresión en él, térmicamente se establece que en este proceso de compresión de aire el calor neto absorbido por el sistema es igual a la suma del equivalente térmico del trabajo realizado por el y el cambio de energía interna.

Basándose en el siguiente enunciado que dice : " La energía no puede crearse ni destruirse,sólo transformarse de una forma a otra " , que es el enunciado de la primera ley de la termodinámica, se ha logrado rediseñar toda la línea de conducción de aire comprimido de la F.M.E. con el fin de obtener una buena calidad de aire y por consiguiente mejorar la producción.

3.3 Equipos, materiales y accesorios

Debido al tipo de proceso que se realiza en la F.M.E. , se cuenta con equipo especial para este fin, el cual fundamenta su principio de operación en la aplicación de la neumática en diversas unidades tales como : cilindros, unidades de avance, aparatos de alimentación por pasos, platos diversos, válvulas, sensores y elementos neumáticos a determinadas operaciones.

Para todos los sectores de aplicación de la neumática, en el taller de componentes y diseño de la F.M.E. , se tienen los elementos adecuados. Para casos particulares y utilización en condiciones difíciles de ambiente o del medio, existen también numerosas ejecuciones especiales, éstas son :

- S1 Cilindro con vastago reforzado.
- S2 Cilindro con doble vastago.
- S3 Cilindro con vastago en material anticorrosivo.
- S5 Cilindro con superficie de deslizamiento niquelado.
- S6 Cilindro con juntas de vitón, resistentes a elevadas Temperaturas (caucho fluorelastomero FKM) max : 200 °C
- S7 Cilindro con camisa de latón.
- S8 Cilindro con doble vastago y reforzado.

Además se cuenta con cilindros especiales, por ejemplo : cilindros de giro para movimientos angulares, cilindros multiposicionales, y como es normal en el proceso de prensado en este tipo de industria requiere de cilindros de simple y doble efecto, cilindros de sujeción de carrera corta, compactos, planos para espacios estrechos. etc.

Por ser una instalación neumática, para el perfecto funcionamiento de todo equipo empleado, es necesario contar con válvulas ya sean estas de acondicionamiento manual, acondicionamiento mecánico y de acondicionamiento eléctrico. Entre las válvulas de acondicionamiento manual se cuenta con valvulas de de acondicionamiento directo y servopilotado, con conexiones por boquillas macho o por rosca MS hasta R 1/2 en versiones 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 4/3 ,5/3, 3/6, con todos los accionamientos necesarios para el montaje en armarios de maniobra (pulsadores de emergencia con enclavamiento, con llave, etc), ya para montaje en máquinas, dispositivos en instalaciones.

Válvulas de accionamiento mecánico

Se cuenta con válvulas de accionamiento directo y servopilotado con conexiones por boquilla macho o por rosca de M5 hasta R 1/4 en versión de 2/2, 3/2 y 4/2 .

Válvulas de accionamiento eléctrico

Accionamiento eléctrico simple (versión con un electroimán y retorno por muelle) o doble (válvulas de impulso con dos electroimanes), con placas base para conexión por boquillas macho o por roscas desde M5 hasta R1/2 como válvulas en versión 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 5/4 y 8/2 . Al igual que las válvulas de accionamiento neumático, estas electroválvulas están concebidas para su montaje en armarios de mando.

Válvulas de bloqueo y reguladores de caudal, válvulas de cierre , válvulas de presión

Son conectadas por medio de boquillas macho o por rosca de M5 hasta R1/2, en esta gama de válvulas reguladoras y antirretornos utilizadas para la regulación de la velocidad de los cilindros, ya que con los cilindros neumáticos se logra un movimiento lineal fácilmente, mediante la transformación de la energía.

Función : su función depende de la forma de avance y retroceso del cilindro.

Cilindros de Simple Efecto

Estos cilindros aplican aire comprimido por una sola cámara, una vez expulsado el aire de la cámara el vástago vuelve a su posición inicial por medio de un muelle de retroceso incorporado, éstos se aplican en la F.M.E. para sujetar piezas, tal es el caso de la máquina codificadora PD-42.

Cilindros de doble efecto

Con estos cilindros el avance y retorno del émbolo se efectúa con aire comprimido, ya que trabajan en ambos sentidos. Cuando se desea lograr varias posiciones de trabajo se toma el número de posiciones finales de un cilindro por el exponente del número de cilindros acoplados, nos da el número de posiciones (por ejemplo: con dos cilindros de carreras diferentes $2^2 = 4$ posiciones finales. Esta relación es aplicada en la maquina PB-31 de la F.M.E.

Para obtener un resultado satisfactorio en cuanto a calidad de aire se refiere, es necesario establecer ciertas condiciones del fluido utilizado en este diseño, al respecto se puede decir : que en este proceso termodinámico de la compresión del aire se incluyen cambios de energía que le ocurren al fluido el cual se encuentra encerrado en un cilindro, el cual efectúa trabajo al expandirse a presión constante, que es igual al producto de la presión por el cambio de volumen del aire, este proceso se demuestra gráficamente al trazar el incremento del volumen como función de la presión. Ver figura 1.3.C.

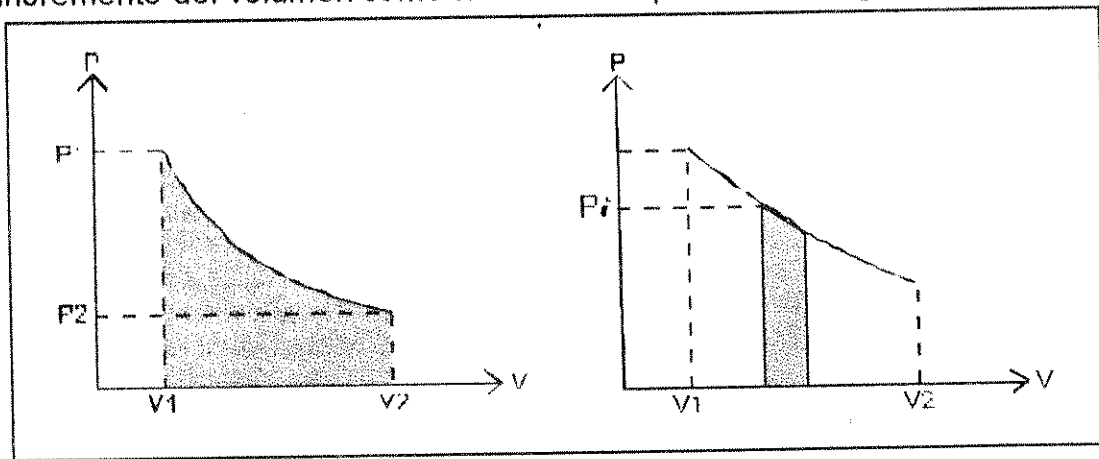


Fig. 1.3.C, diagrama presión - volumen

El aire es una mezcla de gases que cuando está seco tiene la siguiente composición: nitrógeno 78.03, oxígeno 20.99, argón 0.94, dióxido de carbono 0.03, hidrógeno, xenón, kriptón y otros gases 0.01.

Debido a la humedad reinante en la ciudad de Cobán A.V. es necesario tomar en cuenta el vapor de agua, este vapor de agua se incrementa grandemente cuando la temperatura aumenta, para el estudio del aire utilizado en el proceso de compresión recurrimos a la ley de Gibbs-Dalton, ya que es

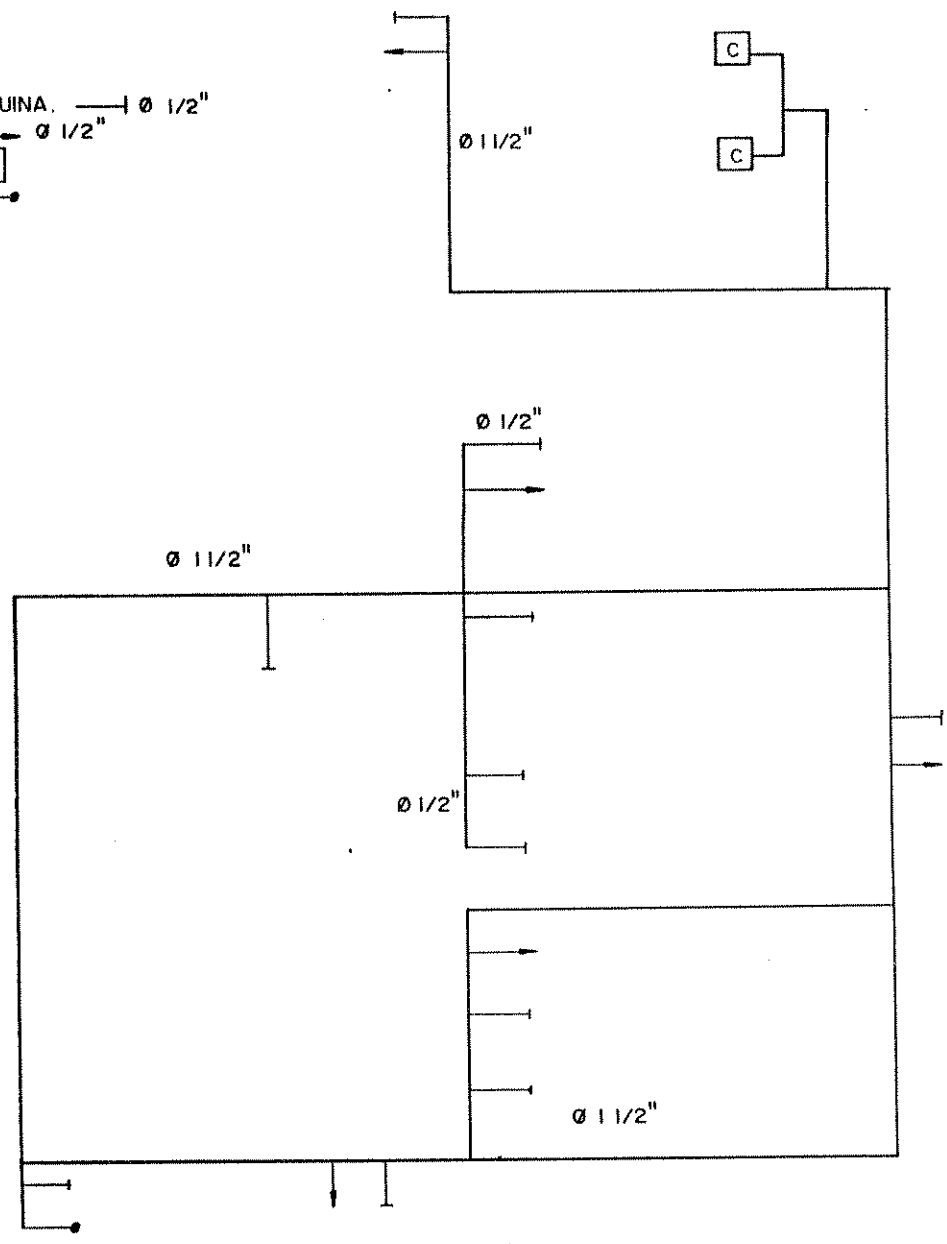
aplicable para mezclar de vapor de agua a aire atmosférico. Esto indica que en cualquier mezcla de gases la presión total ejercida es igual a la suma de las presiones parciales ejercidas independientemente por los gases constituyentes.

De lo anteriormente dicho, se puede decir que el aire existente en la ciudad de Cobán A.V. es adecuado para realizar el proceso de compresión del mismo, el cual es transportado a través de tuberías con el fin de obtener un medio de trabajo barato y eficaz.

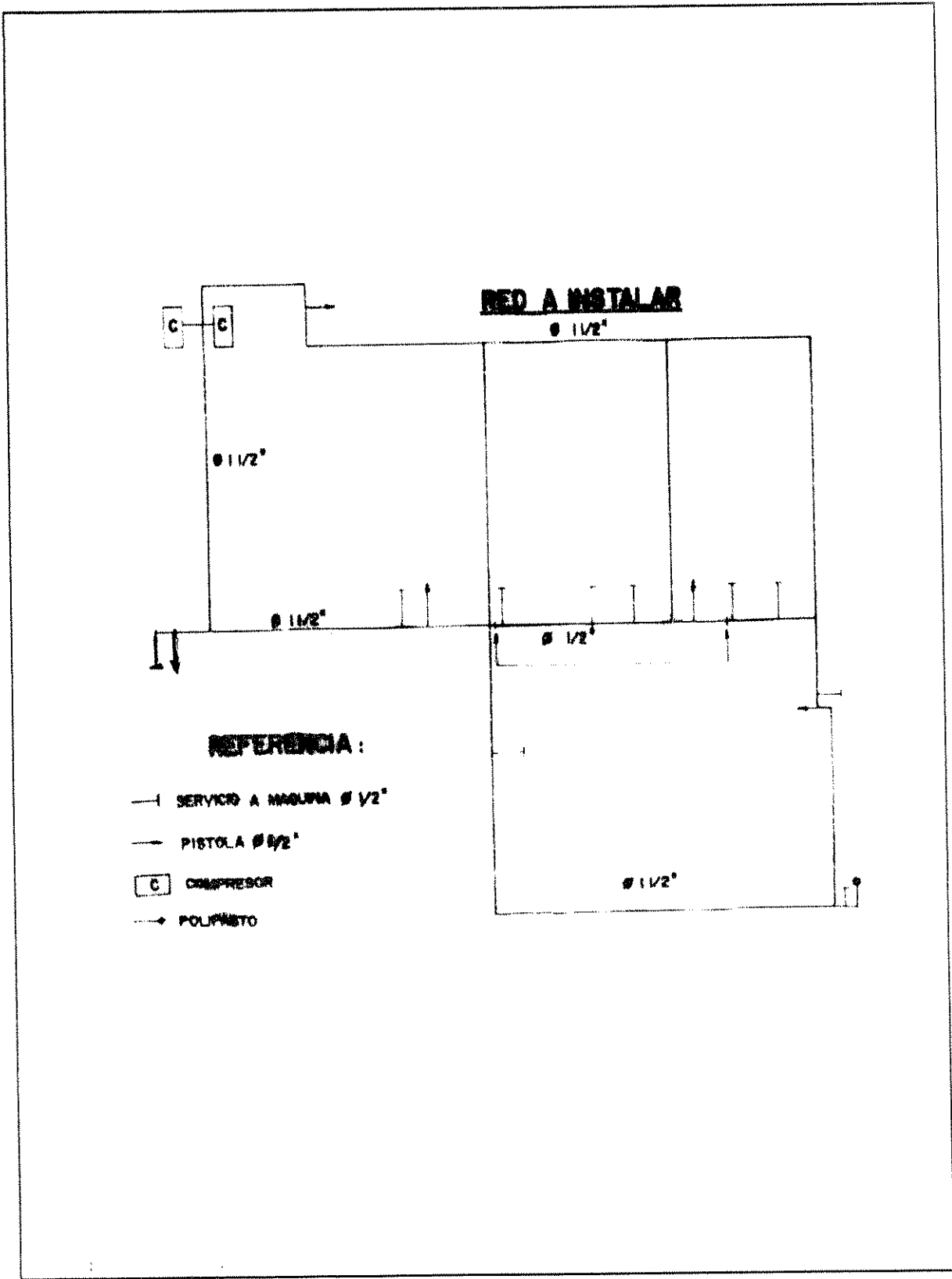
RED INSTALADA :

REFERENCIAS :

- SERVICIO A MAQUINA. —| $\varnothing 1/2''$
- PISTOLA. —| $\varnothing 1/2''$
- COMPRESOR. [C]
- POLIPASTO. —|

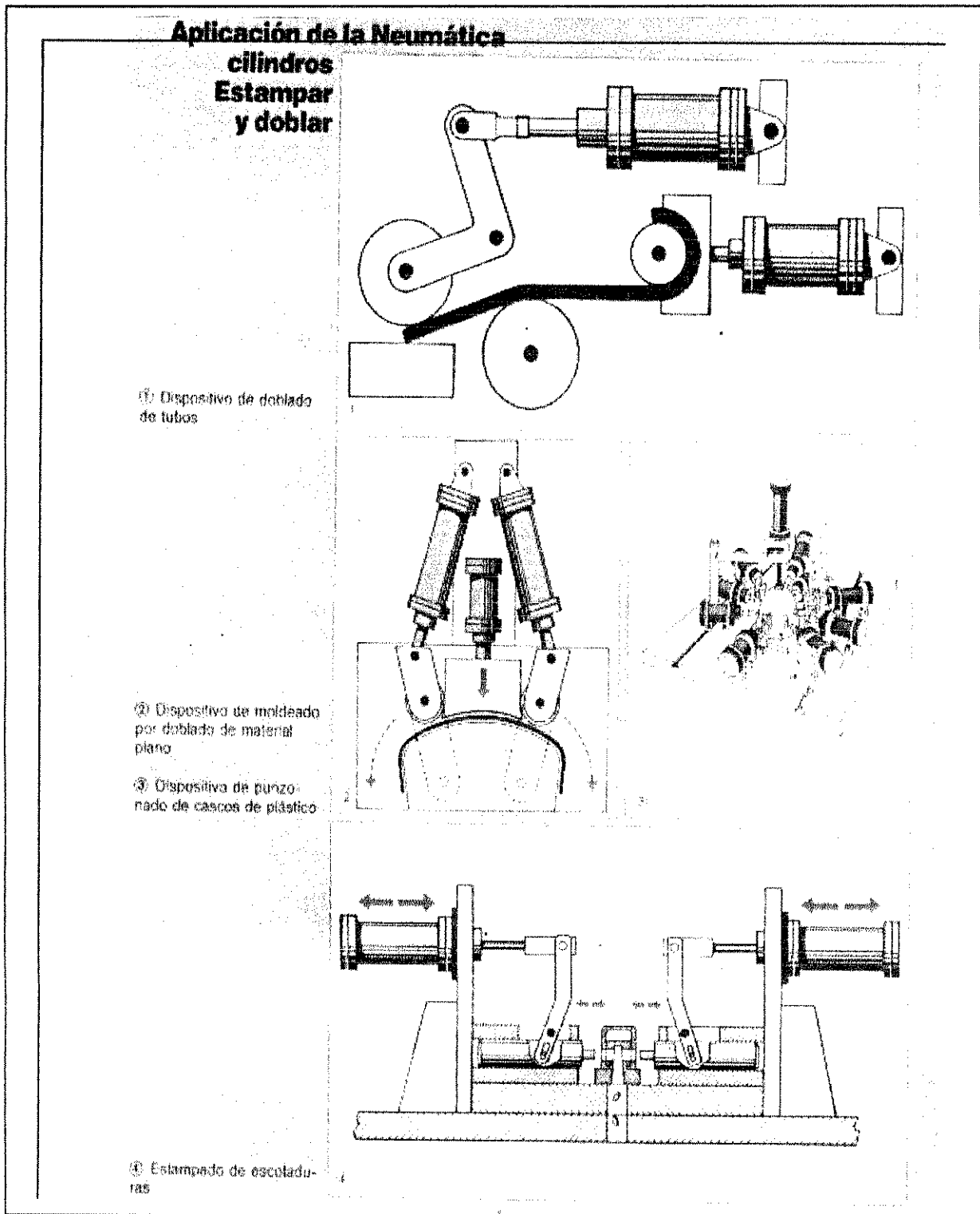


(Plano 1.3)

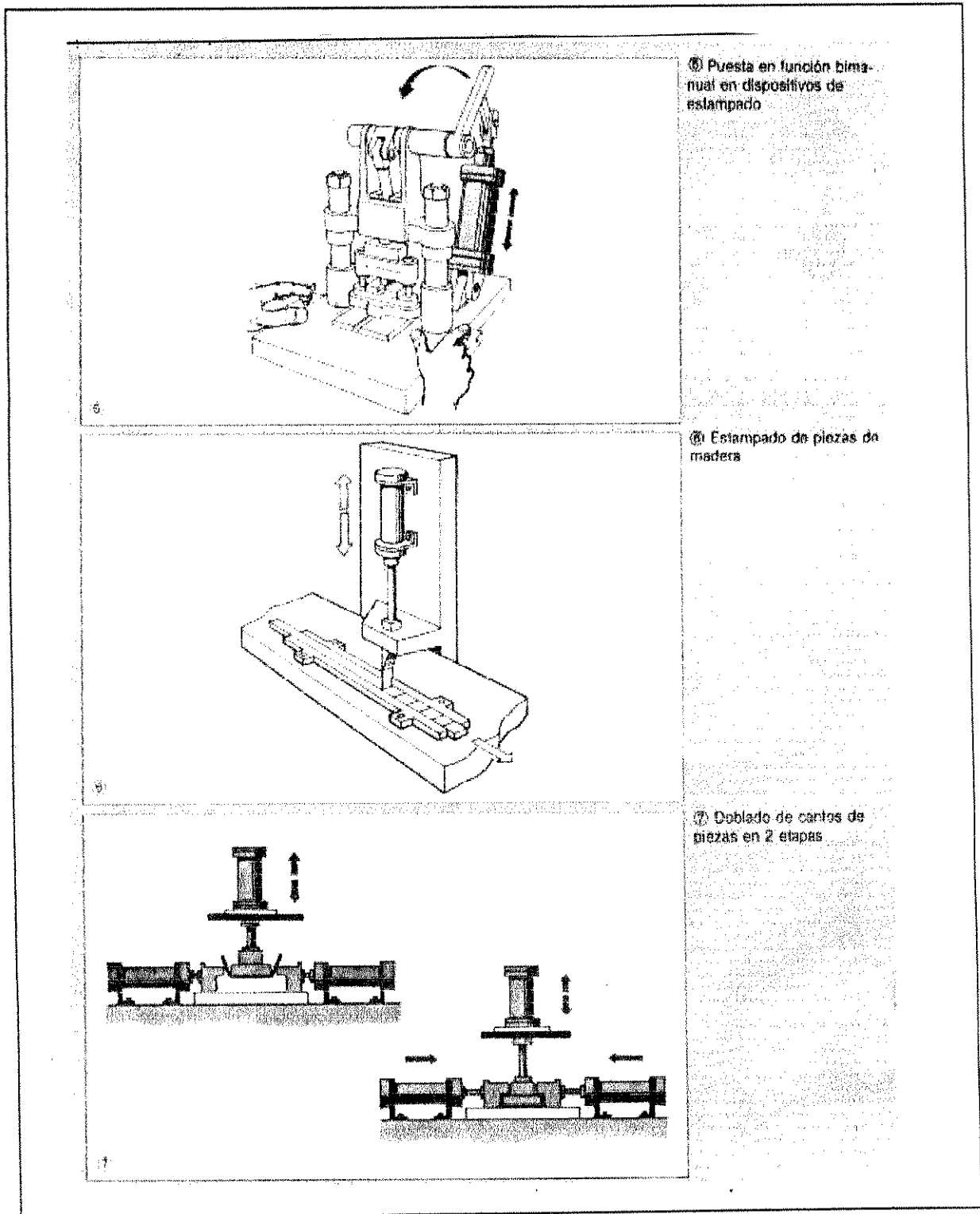


(Plano 2.3)

3.4) Aplicación de la neumática, cilindros de estampar y doblar



(Figura 1.3.D)

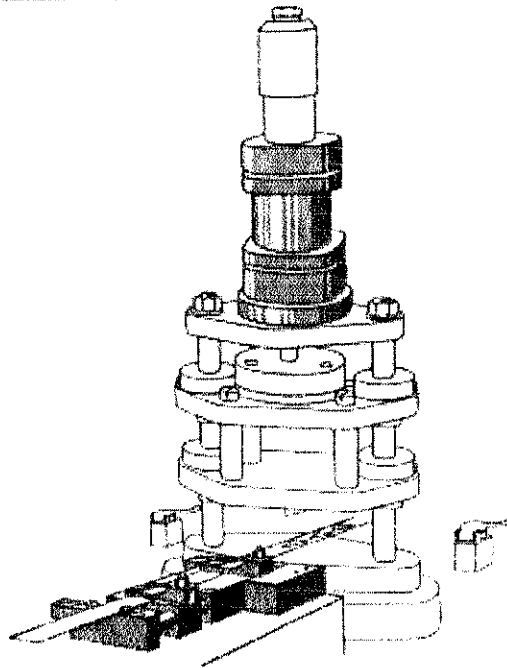


(Figura 2.3.D)

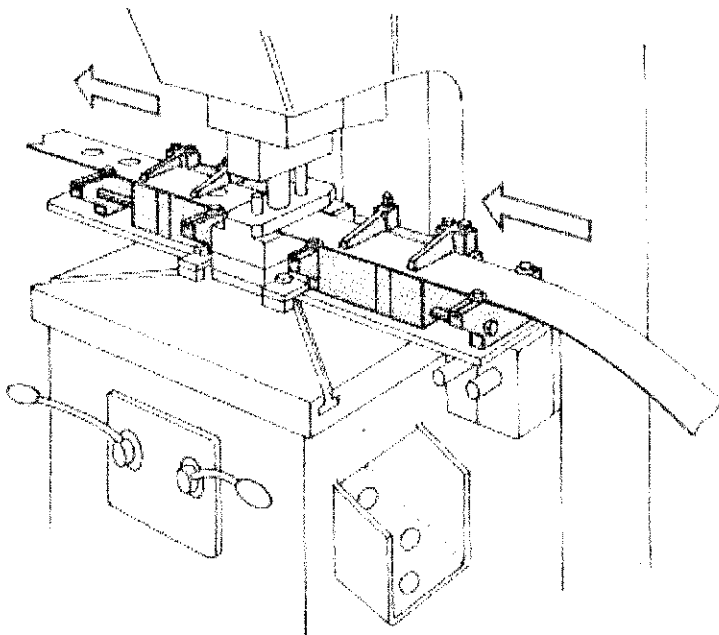
Aplicación de la Neumática

Aparatos de alimentación de fleje

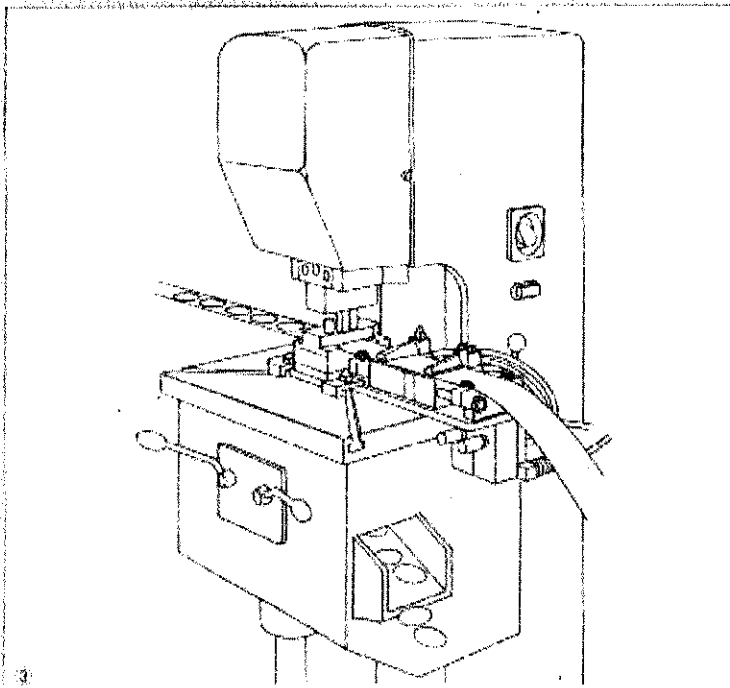
① Transporte de un fleje en un dispositivo



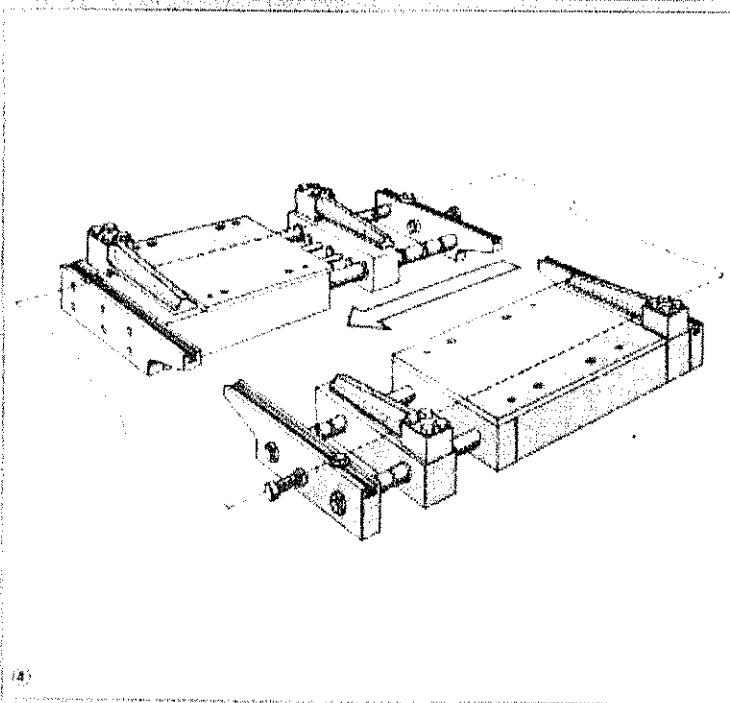
② Transporte de un fleje con 2 aparatos sincronizados



(Figura 3.3.D)



③ Transporte de un fleje en una estación de mecanizado



④ Transporte de un fleje de chapa ancho con 2 aparatos que trabajan en paralelo

(Figura 4.3.D)

3,5 Conducciones neumáticas

Las dimensiones de los tubos para las conducciones neumáticas vienen determinadas principalmente por consideraciones de caída de presión y el uso a darles. Con éstas se dimensionan las líneas sobre la base de una caída de presión aceptable, y por lo general dan resultados buenos se calcula bien la demanda del sistema. El método más sencillo de dimensiones es el que se basa, en el caudal máximo admisible a través de una medida de tubería standar.

Estos datos se fundamentan en que la caída de presión resultante no supere unos niveles aceptables, ejemplo, el 10% de la presión original para unos 30 M. de conducción.

La tabla 3.1 de los caudales máximos admisibles establecidos sobre ésta base empírica. Conviene que al emplear los datos de esta tabla se dimensionen las tuberías sobre diseñadas, afin de contar con un margen de seguridad y una mejor caída de presión.

Claro que este es un método exclusivamente simplificado de dimensionar una línea porque se preside de la longitud, que precesamente es lo que determina la caída de presión final. Se basa en unos tramos promedio en una instalación típica que no supere los 30 metros como se dijo anteriormente.

P.S.I.	MEDIDASDETUBO								
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
5	0.58	1.3	2.9	5	9	18	39	57	12
10	0.95	2.1	4.8	10	15	29	62	93	180
20	1.67	3.7	8.2	16	27	50	107	160	310
30	2.32	5.2	11.7	23	38	70	150	225	435
40	3.00	6.8	15.0	28	48	91	190	285	550
50	3.75	8.2	18.8	35	60	112	235	350	670
60	4.40	9.8	22.0	42	71	132	280	408	800
70	5.10	11.3	25.5	48	81	152	322	455	920
80	5.80	13.8	28.0	54	91	171	365	520	1050
90	6.50	14.5	32.5	61	102	190	405	600	1180
100	7.20	16.2	36.0	62	113	215	455	660	1300
125	8.90	44.0	44.3	89	140	270	560	820	1600
150	10.7	24.0	53.0	100	168	320	665	970	1900
175	12.2	28.0	62.0	115	196	375	770	1150	2200
200	14.0	34.0	72.0	130	225	420	880	1300	2500
250	18.0	40.0	90.0	155	280	525	1100	1600	3200

Caudal = P³/min

Tabla VIII, caudales máximos relacionados con diámetros

La otra forma técnica de abordar el problema es la siguiente:

1) Se calcula el caudal máximo necesario de 1.5 a 3 veces el caudal normal, según el número de salidas en uso simultáneo y la geometría del sistema.

2) Se puede adoptar un valor específico máximo de presión que cumpla las condiciones impuestas por el sistema. La elección de dicho valor es arbitraria.

Normalmente, un compresor es capaz de suministrar mayor presión que la necesaria para un funcionamiento eficiente de los diversos aparatos que alimenta: pero en contra está el hecho de que la caída de presión equivale a una pérdida de energía o desperdicio de potencia suministrada. Por tanto, lógicamente, el proyecto debe intentar que la caída de presión no supere del 3 al 5% lo que significaría un funcionamiento eficiente. Los siguientes factores serán, pues, importantes al calcular las dimensiones de las líneas, teniendo en cuenta, asimismo, las pérdidas en los accesorios, etc. Estos últimos, pueden transformarse en tramos rectos equivalentes, y el cálculo de la pérdida de presión total se basará en la longitud total de la conducción que así resulte .

1. Al subdimensionar la (s) línea (s) principal (es) baja el rendimiento en todos los puntos del sistema y se restringen las posibilidades de utilizar herramienta y equipo en todos los puntos.

2. Al subdimensionar las derivaciones de la red principal, sólo se influye en el rendimiento de los sistemas particulares conectados a la derivación.

3. El diseño incorrecto de las tomas para herramientas sólo influye en el funcionamiento de cada herramienta en particular.

En realidad, el excesivo sobredimensionamiento puede ser índice de una buena planificación al permitir futuras ampliaciones del sistema por aumento de la demanda, al tiempo que se sigue manteniendo la caída de presión entre límites razonables. La caída de presión se puede calcular directamente por la fórmula:

$$\Delta P = \frac{C.L.Q^2}{TD^5}$$

Donde: C es un coeficiente
 L es la longitud
 Q es el caudal
 T la relación de compresión del aire a la entrada del tubo.
 D el diámetro interior del tubo

Para la caída de presión en Psi (libras, pulgadas cuadradas), la longitud en pies, el caudal en pies cúbicos por segundo y el diámetro en pulgadas, el valor de C es 0.31, para tubos de interior liso. En las mismas unidades, si se tiene en cuenta la variación del factor de rozamiento con el diámetro del tubo, se tiene la fórmula ligeramente modificada:

$$\Delta P = \frac{C^1 L Q^2}{T D^{5.31}}$$

Donde $C = 2.16 \times 10^5$ para Q en pies cúbicos por min.

No hay que olvidar que la caída de presión, depende en gran parte de la longitud de tubería, no obstante tal factor cuenta menos que el diámetro dado la relación que existe entre ambos factores, como puede verse en la fórmula anterior:

Caída de Presión a través de los Accesorios

La caída de presión a través de los accesorios, sólo se puede determinar con precisión mediante ensayos, porque depende de la forma en cuestión. De hecho, las pérdidas en accesorios suele despreciarse porque son relativamente bajas, aunque no siempre. Una fórmula empírica para estimar la pérdida probable en función del tramo recto equivalente de tubo del mismo diámetro interior es:

$$L_r = KFD^{1.2}$$

Siendo K una constante que vale 43.7 para L en pies y D en pulgadas F es el coeficiente de resistencia del accesorio (véase en tabla 11-la.), D es el diámetro interior del tubo o del accesorio. A lo sumo, esta fórmula da una estimación aproximada de la pérdida en el accesorio.

TABLA IX COEFICIENTES DE LA RESISTENCIA DE LOS ACCESORIOS

ACCESORIO	ORDEN DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA
Codo grande	0.33
Codo pequeño	0.42
Codo a 90 cerrado	0.5-1.0
T Grande flujo directo	0.33
T Grande flujo derivado	1.0-1.33
T Pequeña flujo derivado	1.3-1.5
Cruz flujo directo	0.35-0.5
Cruz flujo derivado	1.0-1.4
Curva en U cerrada	0.6-0.9

Tabla IX

Caída de presión a través de tubos flexibles

Básicamente, la caída de presión a través de un tubo flexible de interior liso es la misma que la de cualquier tubo con el mismo acabado interior. Para los tubos flexibles se pueden reunir diversas curvaturas con el consiguiente aumento de resistencia al flujo. Además, el caudal puede fluctuar o ser pulsatorio, de ahí que los valores se basen en datos empíricos o en recomendaciones generales.

La tabla X es más sencilla y se limita a recomendar los diámetros apropiados para las conducciones flexibles para caudales de orden diverso, compatible con una caída de presión "aceptable".

Condiciones del flujo: todos los cálculos simples de caída de presión y las estimaciones o las recomendaciones sobre dimensionado de tubos se basan en flujos constantes. Si el flujo es irregular, la caída de presión constatada puede ser bien distinta e imposible determinarla si no es por la medida directa.

CONDUCCIONES NEUMATICAS

Tabla X Medida de mangueras recomendables:

Consumo de aire m ³ /min	Medidas recomendables
0-0.57	(8mm) para long.hasta (3 mts) (9.5mm) para long.hasta (7.5mts) (12.5mm) para long.hasta (15 mts)
0.57-0.85	(9.5 o 10.5mm) para long.hasta (7.5mts) (12.5mm) para long.hasta (15mts)
0.85-1.13	(9.5 o 10mm) para long.hasta (3mts) (12.5mm) para long.hasta (15mts)
1.13-1.42	(12.5mm) para long.hasta (7.5mts) (19 o 20mm) para long.hasta (15mts)
1.42-1.70	(12.5mm) para long.hasta (3mts) (19 o 20mm) para long.hasta (15mts)
1.70-2.0	(12.5mm) para long.hasta (2.5mts) (19 o 20mm) para long.hasta (15mts)
2.0-2.27	(19 o 20mm) para long.hasta (7.5mts)
2.27-2.55	(19 o 20mm) para long.hasta (7.5mts) (25mm) para long.hasta (15mts)
2.55-2.83	(19 o 20mm) para long.hasta (6mts) (25mm) para long.hasta (15mts).

Tabla X

3,6 Proyecto de la instalación de una red automática permanente suele comprender una tubería de distribución principal, de la que se derivan otras redes o líneas de alimentación individual. Es preferible un anillo a una línea con un extremo ciego.

La red debe tener cierta pendiente en el sentido del flujo, de forma que el agua que se separa sea arrastrada a los puntos bajos por el caudal y por la gravedad. En puntos estratégicos se instalan grifos o purgadores para extraer el agua condensada, de ser posible automáticos por que así no se corre el riesgo de sobrepasar sus niveles y que queden inutilizados.

Las redes o las líneas derivadas siempre partirán de la parte superior de la conducción principal, preferiblemente en forma de curva de 180 grados de radio largo. Esto contribuirá a retener el condensador en la línea principal. Cada derivación se aislará con su propia válvula y llevará su propia purga o columna de condensado. La línea principal suele ser de mayor diámetro, tanto para minimizar la resistencia la flujo, como para compensar la resistencia de las curvas etc y de los largos tramos de que pueden constar. Se procurará evitar las curvas cerradas o los codos y se asegurará la hermeticidad de la línea. Cualquier fuga representa un desperdicio de energía y una pérdida de presión.

El efecto acumulado de una serie de pequeñas fugas puede ser comprensible y, a la vez disminuir el rendimiento del sistema e incrementar el corte del aire comprimido. En la figura 3.5 aparece un esquema típico de red en anillo, con ligera pendiente en el sentido indicado y con un purgador automático en el extremo más alejado (El más bajo).

Materiales para las conducciones los tubos de acero sirven para las conducciones neumáticas de grandes dimensiones. No obstante, como el aire comprimido siempre es húmedo, el interior de los tubos se corroe fácilmente si no lleva un tratamiento especial. La corrosión provocará la rugosidad interior y quizá la formación de escamas, disminuyendo el diámetro efectivo, con el consiguiente aumento de fricción debido a ambos factores. Además los productos de la corrosión sueltos pueden circular por el sistema.

Lógicamente, después del filtro del compresor o de la línea principal, todas las conducciones deben ser de un material que no se oxida forme escamas o experimente cualquier otro tipo de degradación que pudiera contaminar el sistema. Estas condiciones las cumplen los tubos de cobre y los de nilón, ambos adecuados para el montaje con tuercas y accesorios similares de compresión. Los tubos para accesorios de compresión pueden especificarse por diámetros exteriores o interiores; la costumbre de utilizar cáñamo o pastas de estaqueidad para las juntas roscadas en las conducciones neumáticas es aún bastante común, aunque con los accesorios de compresión

resulta la estaqueidad, pero es preferible utilizar cinta porque es menos propensa a desprenderse ya intriducir contaminantes en el sistema.

Existen otros tipos de accesorios de compresión. Si el material del tubo es dúctil se emplea un anillo que, al ser apretado por la tuerca, levanta un burlete circular en la pared del tubo que bloquee a éste dentro del accesorio. Las conexiones roscadas se lemitan, generalmente, a los tubos metálicos de mayor diámetro y más gruesos. Las roscas suelen ser cónicas.

Se pueden montar con roscas cónicas y cilíndricas externas (hembra). Las roscas cilíndricas (machos) son menos adecuadas para uniones herméticas, excepto en la forma " larga ". Estas última, cuando se utilizan en uniones, llevan un material blando que se comprime contra la superficie de la rosca externa al apretar una contratuerca contra un casquillo. Además de emplearse las instalaciones permanentes, tradicionalmente de tubos metálicos, el tubo de nilón es muy adecuado para líneas que están sometidas a ligeros desplazamientos.

Se pueden emplear otros materiales termoplásticos para conducciones neumáticas flexibles o semirigidadas (por ejemplo), el polietileno) pero el nilón es la norma cuando se trata de tubos no metálicos.

Los tubos flexibles pueden ser totalmente de nilón para mangueras de pequeño diámetro o reforzado con telas, para diámetros grandes.

También se usan tubos de nilón en espiral muy cerrada. Las líneas resultan así muy flexibles y pueden alrgarse considerablemente, retrayéndose y recuperando su dosposición original al quedar libres.

Otra manguera muy flexible es la de PVC reforzada con " terglene ". Las presiones de trabajo son del orden de las del tubo de nilón sin refuerzo (de 12 a 17.5kg. /cm²), según los tamaños. Son corriente los diámetros interiores de hasta 25 mm. El intervalo de temperaturas de trabajo es limitado de -10°C a + 40°C. Gran parte de las primitivas imitaciones de los tubos de plástico como la falta de flexibilidad a bajas temperaturas, se han superado en las últimas versiones.

Los tubos de plástico con refuerzo en espiral resisten la deformación tanto con presiones internas negativas (succión) como positivas.

Los tubos de goma se emplean como conducciones flexibles cuando el intervalo de temperaturas de servicio es más amplio o cuando se requieren diámetros mayores.

Resistencia de los tubos: la resistencia de los tubos no suele ser factor muy importante en las instalaciones neumáticas, excepto en sistemas de altísima

presión. Las dimensiones prácticas se basan en el espesor de pared que dé un margen de seguridad adecuado.

Para los tubos metálicos homogéneos, la presión máxima de trabajo admisible se calcula por fórmula:

$$PW = \frac{2ST}{D}$$

Donde S es el coeficiente máximo de trabajo admisible para el materia del tubo (con el factor de seguridad adecuado)

T es el espesor del tubo

D es el diámetro exterior

Para tubos metálicos homogéneos con extremos roscados, la presión de trabajo se reduce a:

$$PW = \frac{2S \cdot (t-c)}{D-0.8 \cdot (t-c)}$$

Donde C es un valor que tiene en cuenta la disminución de resistencia del tubo por el roscado. Este valor puede considerarse igual a la profundidad de la rosca o a 1.27 mm (el mayor de ambos)

TABLA XI RESISTENCIA DE LOS MATERIALES DE LOS TUBOS

MATERIAL	TENSION MAXIMA ADMISIBLE DEL MATERIAL	
	Psi	Kg/cm ²
Fundición	4000-8000	280-560
Acero	18,000	1265
Cobre blando	6,3000	480
semiduro	9,000	630
duro	11,300	800
Latón rojo	8,000#	880
Latón aluminio	12,500#	880
Latón 70/30	12,500#	880
Nilón	2000-6000x	140-420

Tabla XI

Clave Hasta 66°C

hasta 94°C

X según calidad y temperatura

En el caso de tubos termoplásticos, la presión máxima admisible se puede calcular por la fórmula:

$$PW = \frac{2S}{D+T}$$

El menor valor que se deduce de esta fórmula compensa los módulos elásticos más altos, propios de los termoplásticos. No obstante, las presiones de casi todos los tubos termoplásticos se especifican a base de ensayos.

En la tabla 3.4 se dan valores del coeficiente de trabajo de varios materiales para tubos.

Curvado de tubos: los tubos metálicos de pequeño diámetro se pueden doblar a mano, pero procurando que no se deforme el tubo ni se tuerza, para no añadir obstáculos al paso del fluido. El mínimo absoluto para el radio de curvatura es de tres veces el diámetro exterior del tubo; para curvar a mano se debe adoptar un radio de la curva menor es la pérdida por fricción.

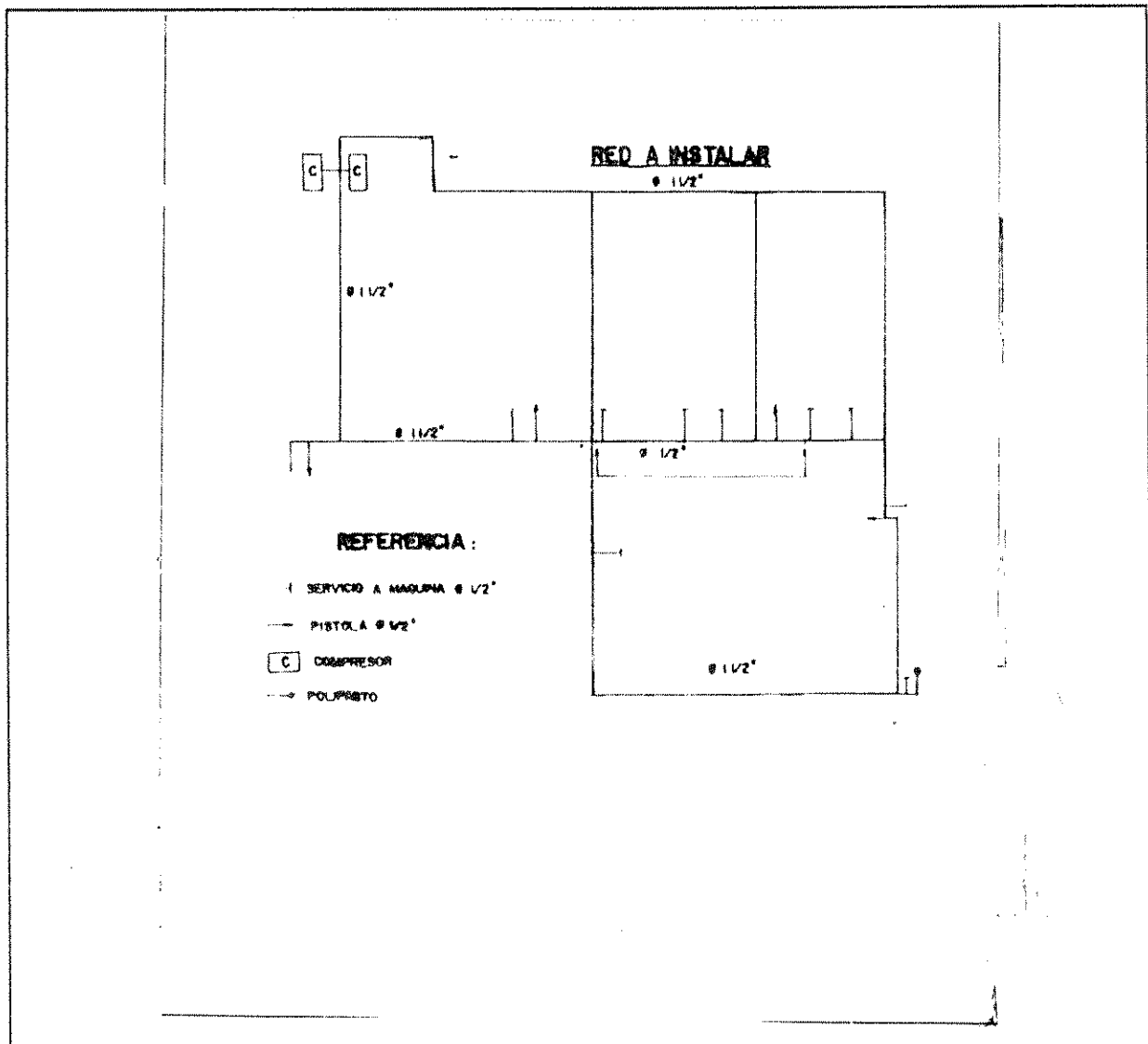
Cabe utilizar rellenos para apoyar el interior de los tubos al doblarlos manualmente, pero sólo serán eficaces si son bien compactos. Existen varios curvadores de tubo de diámetros grandes y también para tubos desgastados difíciles de doblar sin deformación local. Para tubing como el utilizado en nuestro medio, se utilizan dobladores sencillos o también resortes de diámetro interno, un poco mayor que el tubing y se tendrá un doblado seguro.

Soportes de tubería: las instalaciones permanentes de tubería rígida (metálica) deben soportarse adecuadamente de forma que no se transmitan esfuerzos al compresor o a otros aparatos a los que están conectadas. Es preferible que las abrazaderas lleven revestimiento de elastómetro o similar para que el tubo quede bien sujeto, pero, al mismo tiempo, tenga libertad de desplazamiento axial para compensar dilataciones y contracciones. Otra forma de compensar estas variaciones térmicas en tramos cortos es mediante curvas, o, en el caso de tubos de gran diámetro, con juntas de dilatación.

Las abrazaderas se espaciarán teniendo en cuenta la carga de tramos rectos de tubo que deben soportar sin que se formen combas.

Se requiere, pues, menos distancia entre abrazaderas en tramos horizontales que en tramos verticales. Por lo general, el espaciado entre abrazaderas es menos crítico en el caso de las tuberías de nilón, aunque también sea importante el impedir que sean arrancadas al enredarse con otros extremos de

Las abrazaderas se espaciarán teniendo en cuenta la carga de tramos rectos de tubo que deben soportar sin que se formen combas. Se requiere, pues, menos distancia entre abrazaderas en tramos horizontales que en tramos verticales, Por lo general, el espaciado entre abrazaderas es menos crítico en el caso de las tuberías de nilón, aunque también sea importante el impedir que sean arrancadas al enredarse con otros extremos de una curva para impedir los latigazos o los desplazamientos excesivos que podrían derivarse de una interrupción del lujo. Asimismo, suelen emplearse abrazaderas en los tubos en la proximidad de los accesorios, etc. A menos que se aislen del tubo (por ejemplo, con revestimiento plástico), las abrazaderas deben ser de un metal similar al del tubo a fin de evitar la corrosión electrolítica.



(Plano de la instalación Presentada).

Aquí se representa en forma sencilla el montaje y diseño del circuito neumático implementado através del estudio presentado.

Medición de temperatura

A) La temperatura debe medirse con termómetros homologados o con instrumentos termoelectrónicos calibrados, insertos en las tuberías o cavidades.

B) Los termómetros de mercurio en vidrio deben tener un vástago grabado.

C) Los termómetros comerciales o industriales con protección metálica no deben utilizarse para temperaturas que influyan en el cumplimiento de la garantía.

D) La temperatura del gas de admisión se medirá cerca de la brida o conexión de admisión del cilindro, pero a suficiente distancia para evitar los errores por radiación o conducción provocados por las superficies frías o calientes.

E) Los depósitos para los termómetros deben ser lo más delgados y estrechos posibles, su superficie exterior debe estar exenta de corrosión u óxido. Estos depósitos deben llenarse parcialmente con un fluido apropiado.

F) Los termómetros o sus depósitos, penetrarán unos 100 mm. En el tubo a un 1/3 del diámetro de este (de los dos valores, el menor).

G) Al tomar las lecturas el termómetro no se extraera del medio que se mide ni del deposito en du caso.

H) La lectura del termómetro se corregirá para el vástago emergente.

1) Se tomarán precauciones para asegurar:

A) Que las inmediaciones del punto de inserción y las partes salientes de la conexión estén bien aisladas de forma que la bolsa quede prácticamente a la misma temperatura que el medio de observación.

B) Que la parte sensible de cualquier instrumento de medida de la temperatura o bolsa quede bien barrido por el medio (la parte sensible debe apuntar hacia la corriente de gas; en casos extremos se pueden colocar en posición perpendicular a la corriente de gas).

C) Que la velocidad media del gas no supere los 30 m/s en el punto de medición.

J) Los termopares tendrán una unión soldada en caliente y se calibrarán junto con sus cables para el intervalo operativo o previsto. Serán de material apropiado a la temperatura y al gas que se miden. La fuerza electromotriz del termopar será indicada por un instrumento tipo potenciómetro. La unión en frío se establecerá por baño de hielo o con un circuito compensador integrado en el potenciómetro.

K) Si los temporales se emplean con alojamientos para termómetros, la unión caliente del par se soldará si es posible al fondo del depósito.

L) Se pueden utilizar otros métodos de medida de la temperatura, como los termómetros de resistencia o los termistores, siempre que sean fiables y los instrumentos estén calibrados .

Medida de la presión

Baja presión

A) Para todas las presiones absolutas de dos bar, o inferiores, se emplearán manómetros, columnas o instrumentos de vacío.

B) No se emplearán las columnas de mercurio cerradas, que se conocen como manómetros de vacío absoluto.

C) Los manómetros o las columnas para medidas de baja presión deben constar de tubos de vidrio de diámetro inferior no inferior de 10 mm. Para

los de limbo simple y a 6 mm. Para los de limbo doble. En U la escala debe estar graduada con claridad y poder leerse en ella hasta 1 mm. De columna de agua.

D) Los manómetros deben llenarse con un líquido estable de densidad conocida.

E) Las lecturas de columna se corregirán para:

A) La temperatura de fluido y escala.

B) La gravedad a fin de reducir la lectura a la aceleración de la gravedad en el lugar donde esté el instrumento.

F) la presión de admisión de una bomba de vacío se puede determinar mediante columnas o manómetros y se pedirá en un tramo de tubería los más cerca posible de la brida de admisión de la máquina.

G) Los instrumentos se montarán en posiciones exentas de vibración las tuberías de conexión no serán de menos de 6mm. De diámetro interior para instrumentos de presión y no de menos de 10mm. Para instrumentos de vacío a fin de minimizar el efecto de capilaridad en las conducciones.

H) No deberá haber retenciones donde el agua pueda condensarse.

1) Las tuberías de conexión en los manómetros serán los más cortas posible.

J) Se comprobará la estanqueidad por ejemplo, soluciones jabonosas y se eliminará toda clase de fugas.

K) Las tomas de presión en la tubería ó en el receptor serán perpendiculares a la pared interior y enrasadas con la misma.

L) para los instrumentos de limbo inclinado y otros instrumentos amplificadores, la relación entre las lecturas de la escala y la altura de columna de agua real deberá hacerse determinado previamente por calibrado con un manómetro absoluto de sensibilidad apropiada.

M) La inclinación respecto a la horizontal y la densidad del líquido manométrico deben ser las mismas que la de calibrado.

Presiones normal y alta

A) Para presiones absolutas superiores a los 2 bar, se emplearán manómetros de Bourdon calibrados o manómetros de contrapesos, manómetros de mercurio o instrumentos equivalentes.

B) No se deben emplear manómetros de Diafragma.

C) EL diámetro de la escala y las graduaciones deben permitir lecturas dentro del 0.5% de la presión medida. Los manómetros de contrapeso deben tener pesos graduables, para una precisión de 0.5%.

Presión atmosférica

A) La presión atmosférica se mide con un barómetro de mercurio que pueda leer hasta 0.5 mm.

B) La temperatura de corrección de la lectura del barómetro se deberá poder leer con una precisión de 1°C.

C) Un manómetro de ebullición o un barómetro anaeróide puede ser útiles siempre que se verifique su precisión.

D) Si no se dispone de un manómetro fiable se puede obtener una aproximación con datos de la estación meteorológica más cercana, corrigiendo la diferencia de altura entre esta y el compresor.

Presión estática

La presión estática debe medirse en un punto en donde el flujo sea más uniforme posible, preferiblemente en un largo tramo recto de tubería, lejos de curvas y cambios de sección. Para presiones pequeñas, hay una que

advertir, que incluso las ligeras irregularidades, como rebadas, pueden causar graves errores.

Presión total

La presión total es la suma de las presiones estática y dinámica. Se mide con un tubo de pitot, cuyo eje se dispone paralelamente al flujo. Si la presión dinámica es menos del 5% de la presión total, se puede calcular basándose en una velocidad media.

Presión de admisión

La presión de admisión de un compresor que funcione sin tubo de admisión debe medirse con el barómetro. Si existe tubo de admisión, la presión se medirá con el instrumento adecuado al tubo. Si el flujo es pulsatorio, se debe disponer un receptor con estrangulamiento de entrada entre el manómetro y el tubo de admisión.

Presión en el refrigerador intermedio

Esta presión se medirá después del refrigerador. Basta con una precisión del 1%.

Presión de descarga

La toma de presión debe estar cerca del punto de descarga estándar del compresor; si es necesario, en un amortiguador de pulsaciones con estrangulamiento conectado antes del manómetro. Se requiere una precisión mínima de 0.5% de la lectura de la escala total.

Presión diferencial

La caída de presión en el medio de flujo se mide con un manómetro de fluido. Se debe leer con una precisión de 0.2%. El diámetro interior del tubo del manómetro debe ser como mínimo de 10mm. Para presiones elevadas se puede reducir esta dimensión. En las conexiones entre tomas de presión y manómetro no debe quedar retenido el líquido.

Medida de flujo

Siempre que sea posible, la capacidad se calculará a partir de una medida del caudal.

1) **Medida del caudal por contador:** en tal caso, el volumen se mide directamente y el peso específico y las perturbaciones del flujo son de poca importancia, no obstante se deben tomar precauciones contra el flujo pulsatorio.

2) **Medida del caudal por llenado de un recipiente:** este método es sólo aceptable para compresores pequeños. La capacidad se puede determinar por medición del caudal aspirado cuando no se practica la medición del volumen suministrado, y cuando las fugas se pueden medir aparte. También hay que precaverse contra el flujo pulsatorio y tener en cuenta el estrangulamiento que el instrumento de medida provoca ante la presión de admisión.

Medida del caudal aspirado por gasómetro

El volumen aspirado se puede medir con precisión aceptable en el descenso de un gasómetro; si se observan las siguientes cuestiones: El gasómetro debe estar bien aislado durante el ensayo y al mismo tiempo comprobarse las fugas en las válvulas de interrupción. " Hay que asegurarse de que no penetre gas en el gasómetro y de que no escape gas sino es por el compresor.

El descenso del gasómetro debe medirse en tres puntos diferentes, por lo menos al rededor de la circunferencia. Se empleará el valor promedio. El diámetro del gasómetro debe ser conocido por un plano de trabajo certificado.

La presión del gasómetro se comprobará con un manómetro de agua durante el ensayo. La temperatura del gas se medirá en la tubería de aspiración, inmediatamente después del gasómetro. Las condiciones del ambiente deben ser tales que la temperatura del gas en el gasómetro se pueda considerar igual a la temperatura ambiente medida. Por este motivo conviene realizar el ensayo en un día nublado o mejor por la noche.

Medida del caudal aspirado por contador

Si se emplea un contador humedo o seco se instalará un recipiente de volumen adecuado entre el contador y el compresor. El contador debe estar en buenas condiciones y recién calibrado. La caída de presión causada por el contador se tendrá en cuenta al calcular la capacidad. Se deben comprobar las fugas del contador. Si el instrumento lleva liquido de estanqueidad, se comprobara si este ba saturado del gas a medir. Al provar bombas de vacio de desplazamiento rotativo, el instrumento se colocará en el lado de admisión con una válvula restrictiva entre él y el vacio de forma que mida el aire de la atmósfera.

Composición del gas

Cuando se lleva a ensayos con gases distintos del aire, se deben determinar la composición química y las propiedades físicas del gas que entra en el compresor y, si es preciso se verificaran a intervalos regulares.

Humedad

Si el gas comprimido contiene humedad se comprobará la humedad relativa al ensayo. Se recomienda medir las temperaturas del bulbo húmedo y seco con un psicrómetro tipo Assman. El contenido en humedad se calcula mediante tablas psicrométricas o a partir de un gráfico deentalpia-humedad. Para ensayos con sistemas cerrados la humedad se medirá con un instrumento de punto de rocío. Es preferible medir la humedad en el punto de admisión standar. De no ser posible se puede realizar la medición en el extremo de descarga del tubo medidor, de esta forma algunas veces resulta difícil obtener una medida fiable del contenido en agua del gas. En tal caso se puede recurrir a una ensimación de dicho recorrido.

Flujo refrigerante

La mejor manera de determinarlo es con ayuda de una vasija de capacidad conocida y un cronómetro o bien con un medidor de flujo calibrado. También se podría medir a través de un orificio de una boquilla.

Velocidad de condensación

La velocidad de condensación en los refrigeradores intermedios. Antes y después de cada ensayo se debe purgar el condensado de los refrigeradores intermedios y de sus separadores de agua. Las cantidades extraídas de cada refrigerador se pesan y se dividen por el tiempo transcurrido entre operaciones de purga. Se procederá a ello con todo cuidado, para no introducir variaciones en otros aspectos del compresor.

Si hay separadores de agua debe determinarse el rendimiento de la separación. La velocidad de condensación después de brida de descarga. Se debe medir el condensador recogido en los condensadores finales recogido en otros puntos después de la brida de descarga y anotar la cantidad total y el tiempo.

Medición de la temperatura

Además de las mediciones imprescindibles de temperatura, hay otras que también pueden ser de interés por ejemplo:

- La temperatura del aire que sale del compresor.
- La temperatura del refrigerante y la de salida de las camisas de refrigeración.
- La temperatura refrigerante de entrada y la del de salida de los refrigeradores intermedios.
- La temperatura de los cojinetes.
- La temperatura del aceite del cárter

Capítulo 4

4 . RESULTADOS

Después de ser instalada la nueva red de conducción de aire comprimido en la F.M.E. se pueden mencionar los siguientes resultados:

A) Se disminuyó el tramo de longitud lineal de la tubería en composición con la anterior instalación en 64 mts de tubería de 1" y en 8 mts de tubería de 2"

B) Se obtuvieron mejores resultados de conducción del aire comprimido, ya que se implemento la nueva red de aire comprimido con un 1% de pendiente, la cual insidió en el drenaje del aire en mejor forma.

C) Los acoples a las máquinas, ya se realizaron en forma correcta, ya que éstos estaban mal instalados. La forma en que se instaló este servicio se demuestra en la gráfica 4.1.

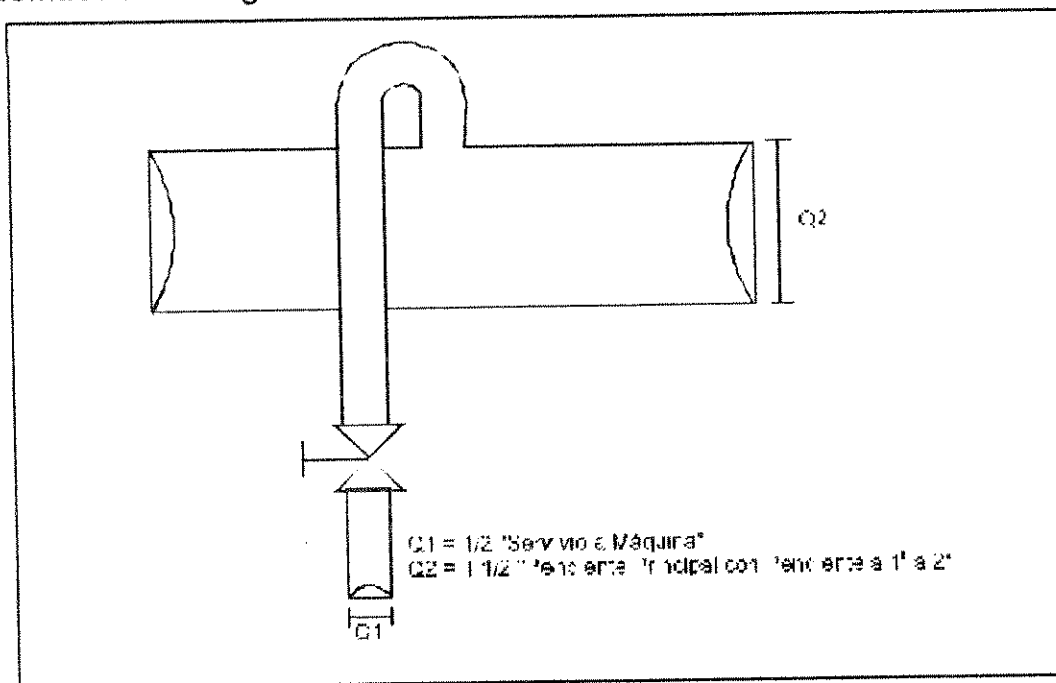


Figura 4,1 servicio instalado

Como se pueden observar en la gráfica, la salida del ducto de servicio es hacia arriba y en forma curva debido a que de esta manera se logra una mejor captación de condensado, el cual queda en la tubería principal, y no logra llegar a la maquinaria y de esta manera se protege a la misma.

D) El cálculo de los diámetros de tubería a instalar se realiza de acuerdo a las leyes que gobiernan el flujo de aire saturado a presión constante, para realizar este método de flujo de vapor en tuberías por la fórmula de Babcock, y el método de codos equivalentes, este cálculo se explica en el capítulo 3.

E) Con la nueva red instalada, se logró una disminución en las caídas de presión, menor tiempo de llenado de la tubería y por ende se redujo el tiempo de trabajo de los compresores, lo que ofrece ventajas de ahorro tanto de energía eléctrica como de dinero a la F.M.E.

F) Se dejó prevista una línea de drenaje del sistema de conducción principal, con el fin de purgar la tubería al principio de operación de toda la maquinaria con el fin de liberar de condensado a la tubería y con esto evitan que el mismo llegue a la máquina, aunque hay que hacer la aclaración que cada máquina cuenta con su respectiva trompa de condensado y su equipo especial de purga.

G) Con el nuevo sistema de operación y conducción de aire comprimido de la F.M.E. se dejó el mismo en capacidad de operar otra línea de producción de igual magnitud a la ya instalada, la cual permitirá obtener un significativo ahorro de recursos tanto físicos como económicos.

H) Se logró instalar un compresor de 2 Hp, con depósito de 80 galones, más un depósito adicional de 60 galones el cual se utiliza en este sistema ya que este es del tipo intermitente debido al tipo de demanda que se tiene dentro del taller de diseño y fabricación de componentes de la F.M.E.

I) Como se anota en el inciso G se dejó instalada la línea de conducción de aire comprimido de la F.M.E, la cual es capaz de alimentar a otra línea productiva, la que será utilizada en la fabricación de otro tipo de calibre de municiones.

CONCLUSIONES

1. El diseño utilizado en el montaje y prueba en marcha de la red de aire comprimido del taller de prensas, de la sección de componentes de la F.M.E., corresponde al del tipo anillo, ya que con este tipo de distribución se redujo en un tercio la longitud total de la tubería comparada con la anteriormente instalada. Además de ahorrar en el costo de la tubería, el suministro de aire comprimido es equilibrado y las fluctuaciones de aire se redujeron considerablemente.
2. Después del estudio realizado en el capítulo 2 se ha llegado a la conclusión que el tipo de compresor adecuado al sistema diseñado en este trabajo es de 3Hp el cual debe ser de 2 etapas, con sistema eléctrico de 220 V a 60 Hz y con depósito de almacenamiento de 80 galones más un adicional de 60 galones.
3. La caída de presión a través de los accesorios sólo se puede determinar con precisión mediante ensayos, porque depende de la forma de los mismos, de hecho suele depreciarse porque son relativamente bajas.
4. Con el sistema presentado en este trabajo de tesis, se ha logrado optimizar el proceso de producción total de la fábrica de municiones del ejército, debido a que se redujo en un 85% la depresión existente, se eliminó el condensado en la tubería, además de eliminar tramos de la tubería que eran inoperantes ya que solo representaban un gasto de aire.
5. El nuevo diseño mostrado en este trabajo, es apropiado para poder poner en marcha otra línea de producción la cual se utilizaría para producir otros tipos de calibres balísticos.

RECOMENDACIONES.

A las autoridades de la Fábrica de Municiones del Ejército de Guatemala :

A) Analizar la posibilidad de la ejecución de este proyecto, esto permitirá la utilización adecuada del sistema de aire comprimido necesario en el taller de diseño de componentes de la F.M.E. . Además, no cambiar ninguno de los detalles presentados en este estudio.

B) Establecer un programa de purga diaria, tanto de depósitos como de tubería utilizando el purgador manual que se dejó instalado para tal efecto. Esta purga se recomienda efectuarla antes de encender el equipo de compresión (compresor).

C) Seguir el plan de mantenimiento de una red de aire comprimido que se presenta en el anexo de este trabajo de tesis.

A los estudiantes de Ingeniería Mecánica :

A) Interesarse en el estudio del diseño de sistemas de aire comprimido y su aplicación en la industria nacional.

9.) Festo Pneumatic

Cilindros Neumáticos.

Manual Práctico de Festo
Pneumático.

10.) Bosh

Compressed-Air Brake Systems

Equipment.

Technical Instruction

11.) Compressed Air Braking System

Symbols.

Technical Instruction

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

BIBLIOGRAFIA

- 1.) John D. Pippenger Controles de la Potencia de los Fluidos.
Editorial CECSA, 1,965

- 2.) Jennings-Lewis Aire Acondicionado y Refrigeración.
Editorial CECSA, 1,970.

- 3.) Agarmo Materiales y Procesos de Fabricación.
Editorial Mc Graw Hill, 1,986.

- 4.) Shigley El Proyecto en Ingeniería Mecánica.
Mc Graw Hill, 1,988.

- 5.) Atlas Cocpo Tecnica del Aire Comprimido.
Barcelona España, Segunda Edición.

- 6.) Manurhim Departament C. Manufactura de Machinee
DU HT-RHIN S.A.
MULHOUSE-FRANCE

- 7.) Baumeister Avallone Marks. Manual del Ing. Mecánico
Otava Edición.

ANEXO

Programa de mantenimiento de una instalación neumática

Un programa de mantenimiento preventivo para una máquina con los elementos neumáticos se puede dividir de la siguiente manera :

Mantenimiento diario

- 1.- Vaciar el condensado de los filtros,
- 2.- Revisar el nivel del aceite de los engrasadores, añadir si es necesario.

Mantenimiento semanal

- 1.- Limpiar y revisar los emisores de señal.
- 2.- Revisar la estructura de las mangueras y tuberías.
- 3.- Revisar los manómetros de las válvulas reductoras de presión.

Mantenimiento mensual

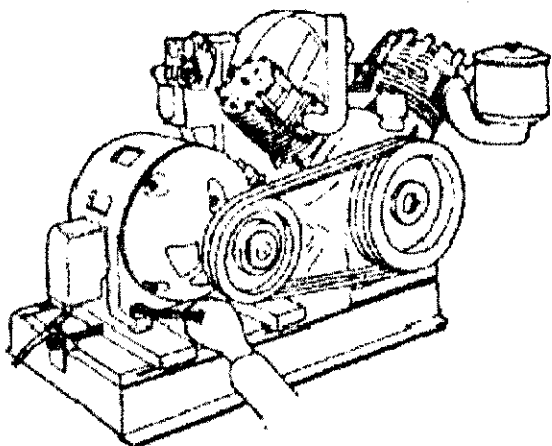
- 1.- Revisar el equipo para localizar fugas de aire.
- 2.- Limpieza de filtros con aire comprimido.
- 3.- Revisar los flotes de los purgadores automáticos.

Mantenimiento semestral

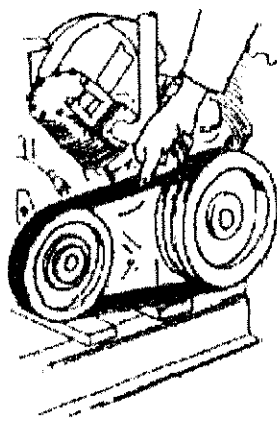
- 1.- Revisar el desgaste de las guías del vástago, reemplazar si es necesario, bujes-guías, juntas rascadoras, junta obturadora, empaque del pistón y otros sellos.
- 2.- Comprobar la potencia de los equipos.
- 3.- Limpiar y renovar los silenciadores de las válvulas, al estar sucios.

Pruebas y arranque

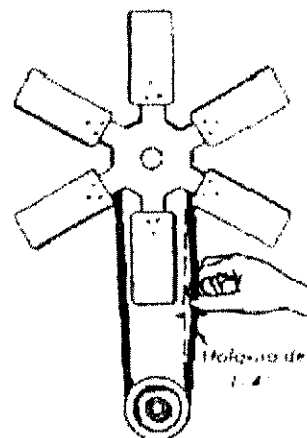
PRUEBE ANTES DE ARRANCAR



1 Las primeras horas de un compresor nuevo son importantes. Pruebe todos los tornillos que se puedan haber aflojado durante el empaque y examine si hay alambres flojos.

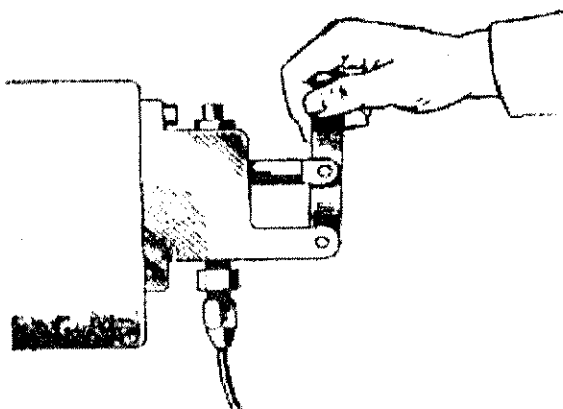


2 La tensión de la banda está bien si una fuerza de 2 lb la flexiona una distancia igual al espesor de una banda.

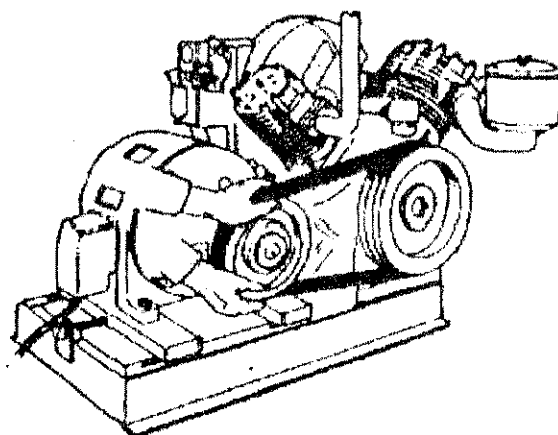


3 La tensión de la banda es mejor con 1/4 pulg de holgura a esta posición recta ilustrada.

ARRANQUE Y OBSERVE

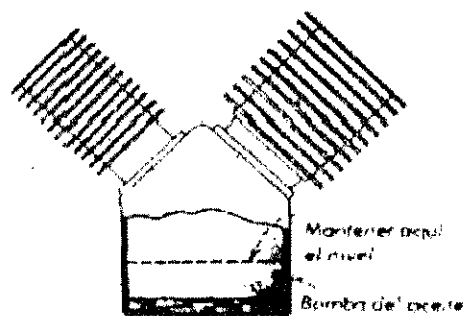


7 Descargue el compresor a mano antes del arranque. En algunas máquinas hay un descargador manual pequeño. En otras, se descarga al mover un interruptor a la posición desconectada.

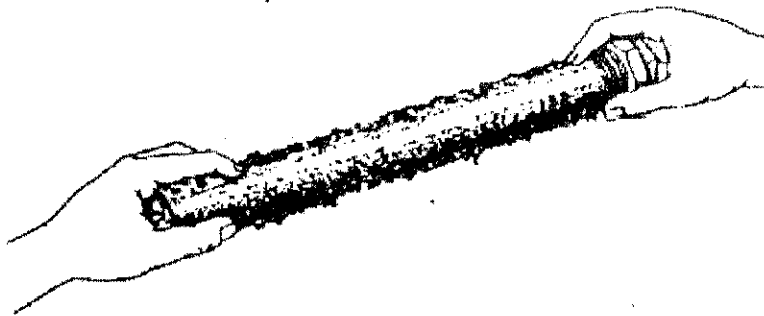


8 Un buen método requiere girar el compresor a mano unos cuantos veces antes del arranque. Esto le dice si la máquina puede girar libre y lubrica bien las partes internas.

CAUSAS DE BAJA PRESIÓN DE ACEITE

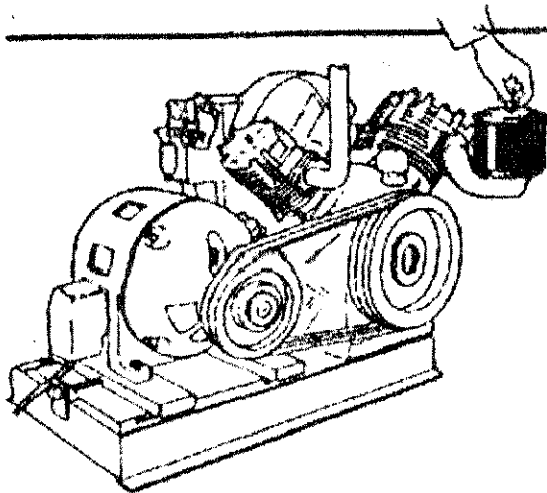


11 El nivel bajo de aceite en el depósito ocasiona baja presión de aceite. Esto es serio. El aceite cae debajo de la bomba y se bombea aire.

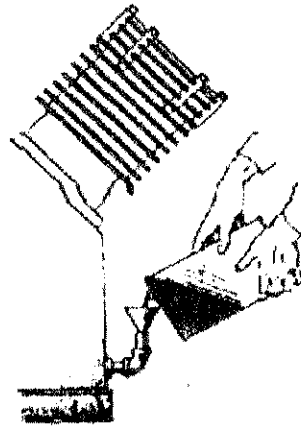


12 La obstrucción del colador evita la entrada del aceite a la bomba. La presión del aceite baja en forma gradual. Sacúe el colador y límpielo a intervalos fijos. Nunca llene el depósito a más del nivel normal; los anillos se carbonizan, pegan y la máquina pierde potencia.

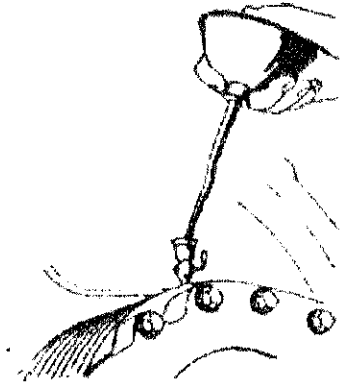
de un compresor nuevo



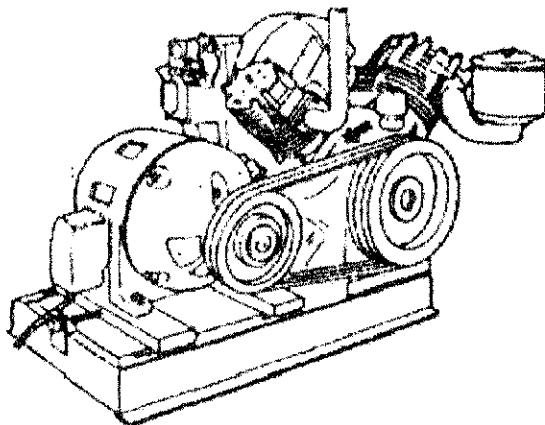
4 Las fajas de aire protegen las partes internas del compresor contra el desgaste excesivo por el polvo. Llénelo con el aceite recomendado y aumente la fuerza de aspiración antes de arrancar la máquina.



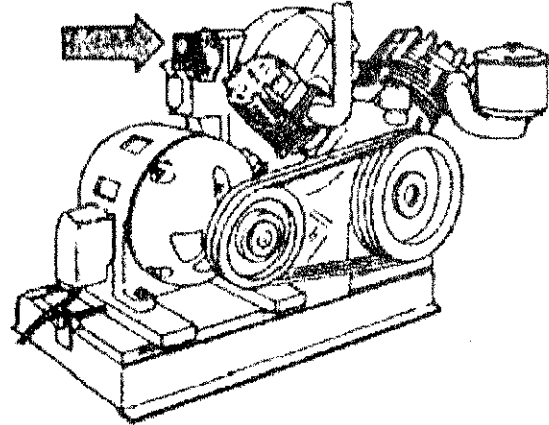
5 Antes de arrancar el compresor llene primero que nada el depósito con el aceite recomendado.



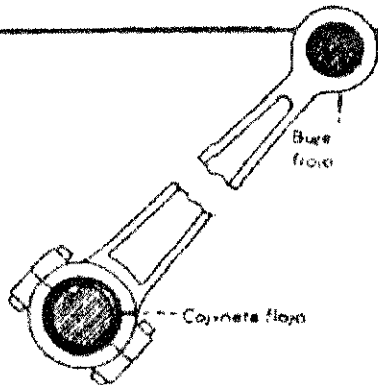
6 Las aceiteras del compresor deben estar llenas antes del arranque. Localice y llene todas las aceiteras.



9 La flecha de fundición en la manivola de los compresores indica el sentido correcto de rotación. Esto es importante. Si la máquina gira en reversa, falla la bomba del aceite y la máquina se quema muy pronto.

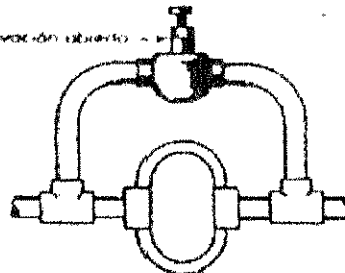


10 El manómetro del aceite es el instrumento más importante en cualquier compresor. Vigílelo siempre. La presión inicial de más de 35 psi indica aceite frío. Si cae a menos de 15 psi, pare el compresor.

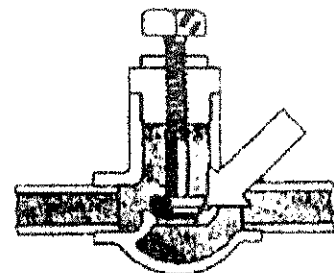


13 La baja presión de aceite la causan también los cajones y bujes de pasador de presión que están flojos. La única corrección es eliminar el desgaste.

Derivación abierta



14 Verifique si la derivación está un poco abierta si la presión de aceite no sube con rapidez. La válvula regula la presión.



15 Si todavía no sube la presión, quite el bonete de la válvula de derivación y vea si hay cuerpos extraños pegados en el asiento.