

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

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

El descubrimiento consciente del aire como medio-materia terrestre- se remonta de muchos siglos.

El primero que se ocupó de la neumática, es decir la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo fue el griego “Ktesibios”. Hace más de dos mil años construyó una catapulta de aire comprimido.

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

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

La tecnología de la neumática juega un papel importante en la mecánica ya que es incluida cada vez más en el desarrollo de aplicaciones automatizadas.

En ese sentido, la neumática es utilizada para la ejecución de las siguientes funciones:

- Detección de condiciones de los equipos mediante sensores.
- Procesamiento de información mediante procesadores

- **Accionamiento de actuadores mediante elementos de control.**
- **Ejecución de trabajos mediante actuadores.**

Para controlar máquinas y equipos suele ser necesario efectuar una concatenación lógica y compleja de estados y conexiones.

Ello se logra mediante la actuación conjunta de sensores, procesadores, elementos de accionamiento y actuadores incluidos en un sistema neumático o parcialmente neumático.

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

1.1 Objetivo de la tesis.

El objetivo de esta tesis es que se pueda promover como libro de texto dentro de la clase de potencia fluida, debido a que cubre los temas relacionados con los sistemas neumáticos, o que también pueda ser para el alumno un libro de apoyo o de consulta de la materia.

1.2 Justificación del trabajo.

Esta tesis se justifica en virtud de que en la materia de potencia fluida no existe un libro o texto alguno sobre neumática, y que la información que se tiene de la misma es poca en la biblioteca. Se espera que sirva como una ayuda para el alumno en la materia de potencia fluida.

1.3 Metodología.

El objetivo de esta tesis es de que pueda ser utilizada como texto de clase, o que sea utilizada como un medio de apoyo para el alumno para obtener conocimientos sobre la neumática.

La tesis cuenta con una parte inicial desde el primer capítulo hasta el capítulo seis, en los que se describen información general del contenido teórico. En esta parte de la tesis se darán y encontrarán explicaciones sobre la introducción a la neumática, propiedades de los gases, compresión y distribución del aire y acondicionamiento del aire.

Después de haber estudiado estos capítulos, el alumno podrá seleccionar el compresor y la tubería a utilizar dentro de un sistema neumático.

En la segunda parte de la tesis, abarca los capítulos 7, 8 y 9, en los que se describen los actuadores, válvulas de control direccional y simbología neumática, el estudiante conocerá los elementos de trabajo y elementos de control de dirección del aire, para luego conocer la simbología que se le darán a los elementos neumáticos utilizados.

En la tercera parte y última que es el capítulo 10, el alumno podrá desarrollar circuitos básicos de la neumática, donde podrá conocer las funciones elementales, función de tiempo, control del cilindro y control de secuencia.

Un sistema de potencia fluida es el que transmite y controla la energía por medio de la utilización de líquido o gas presurizado.

En la neumática, esta potencia es aire que procede de la atmósfera y se reduce en volumen por compresión, aumentando así su presión.

El aire comprimido se utiliza principalmente para trabajar actuando sobre un émbolo o paleta.

Aunque esta energía se puede utilizar en muchas facetas de la industria, el campo de la neumática industrial es el que nos ocupa.

La utilización correcta del control neumático requiere un conocimiento adecuado de los componentes neumáticos y de su función para asegurar su integración en un sistema de trabajo eficiente.

Aunque normalmente se especifique el control electrónico usando un secuenciador programable o controlador lógico, sigue siendo necesario conocer la función de los componentes neumáticos en este tipo de sistema.

Esta tesis trata de la tecnología de los componentes de sistemas de control, describe tipos y características de diseño de equipos de tratamiento de aire, actuadores y válvulas, métodos de interconexión y presenta los circuitos neumáticos fundamentales.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA

¿Qué puede hacer la neumática?

Las aplicaciones del aire comprimido no tiene límites; desde la utilización, por parte del óptico, de aire a baja presión para probar la presión del fluido en el ojo humano a la multiplicidad de movimientos lineales y rotativos en máquinas con procesos robóticos, hasta las grandes fuerzas necesarias para las prensas neumáticas y taladros neumáticos que rompen el hormigón.

La breve lista y los diagramas indicados más abajo, sirven solamente para indicar la versatilidad y variación del control neumático en el funcionamiento de una industria en continua expansión.

- Accionamiento de válvulas de sistema para aire, agua o productos químicos.
- Accionamiento de puertas pesadas o calientes.
- Descarga de depósitos en la construcción, fabricación de acero, minería e industrias químicas.
- Apizonamiento en la colocación del hormigón.
- Elevación y movimiento en máquinas de moldeo.
- Pulverización de la cosecha y accionamiento de otro equipamiento tractor.
- Pintura por pulverización.

- Sujeción y movimiento en el trabajo de la madera y la fabricación de muebles.
- Montaje de plantillas y fijaciones en la maquinaria de ensamblado y máquinas herramientas.
- Sujeción para pegar en caliente o soldar plásticos.
- Sujeción para soldadura fuerte y normal.
- Accionamiento y alimentación de maquinaria para trabajar la madera.
- Máquinas de embotellado y envasado.
- Máquinas herramientas, mecanizado o alimentación de herramientas.
- Robots neumáticos.
- Extracción del aire y elevación por vacío de placas finas.
- Torno de dentista.
- Y muchos más...

2.1 Propiedades del aire comprimido

Causará asombro el hecho de que la neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

¿Cuáles son las propiedades del aire comprimido que han contribuido a su uso?

Abundante: Esta disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.

Transporte: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías incluso a grandes distancias. No es necesario disponer de tuberías de retorno.

- Almacenable:** No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de estos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- Temperatura:** El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- Antideflagrante:** No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto no es necesario disponer instalaciones antideflagrantes, que son caras.
- Limpio:** El aire comprimido es limpio y, en caso de estancamiento en tuberías o elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante, por ejemplo en la industria alimenticia, de la madera, textiles y del cuero.
- Constitución de los elementos:** La concepción de los elementos de trabajo es simple y por lo tanto, de precio económico.
- Velocidad:** Es un medio de trabajo muy rápido y por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas.
(La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones).
- A prueba de sobrecargas:** Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden utilizarse hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas.

Para delimitar el campo de utilización de la neumática es preciso conocer también las propiedades adversas.

- Preparación:** El aire comprimido debe ser preparado antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).
- Compresible:** Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- Fuerza:** El aire comprimido es económico solo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual.
- Escape:** El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.
- Costos:** El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento. (Cadencias elevadas).

CAPÍTULO 3

SISTEMAS PARA EL ACCIONAMIENTO DEL AIRE

Los cilindros neumáticos, los actuadores de giro y los motores de aire suministran la fuerza y movimiento a la mayoría de los sistemas de control neumático para sujetar, mover y procesar el material.

Para accionar y controlar estos actuadores, se requieren componentes neumáticos, por ejemplo unidades de acondicionamiento de aire para preparar aire comprimido y válvulas para controlar la presión, el caudal y el sentido del movimiento de los actuadores.

Un sistema neumático básico, ilustrado en la figura 3.1 se compone de dos secciones principales.

- El sistema de producción y distribución de aire.
- El sistema de consumo del aire

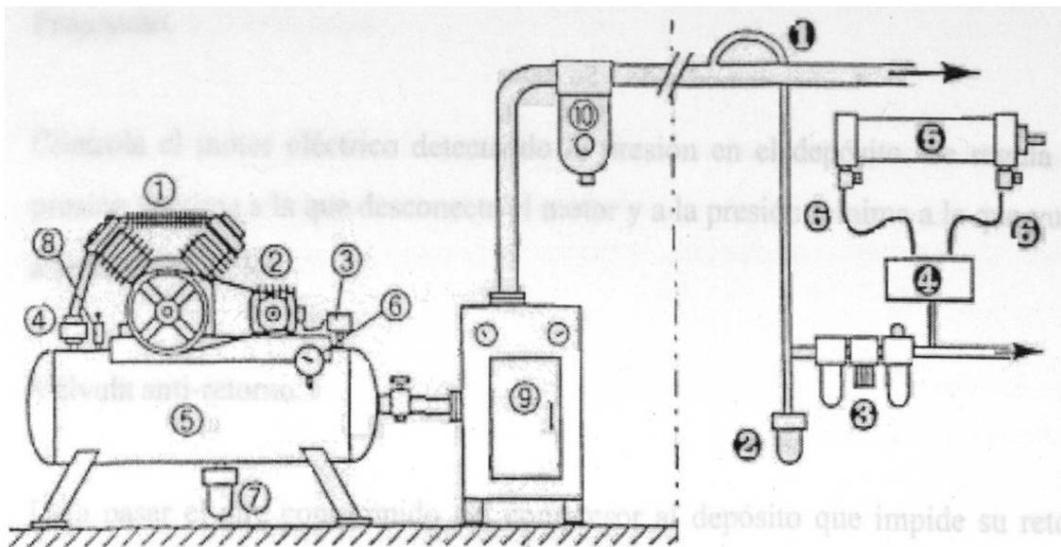


Figura 3.1 Sistema neumático básico

3.1 Sistema de producción de aire.

Las partes componentes y sus funciones principales son:

1.- Compresor

El aire tomado a presión atmosférica se comprime y entrega a presión más elevada al sistema neumático. Se transforma así la energía mecánica en energía neumática.

2.- Motor eléctrico.

Suministra la energía mecánica al compresor. Transforma la energía eléctrica a mecánica.

3.- Presostato.

Controla el motor eléctrico detectando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y a la presión mínima a la que vuelve a arrancar el motor.

4.- Válvula anti-retorno.

Deja pasar el aire comprimido del compresor al depósito que impide su retorno cuando el compresor está parado.

5.- Depósito.

Almacena el aire comprimido, su tamaño esta definido por la capacidad del compresor. Cuanto más grande sea su volumen, más largos son los intervalos entre los funcionamientos del compresor.

6.- Manómetro.

Indica la presión del depósito.

7.- Purga automática.

Purga toda el agua que se condensa en el depósito sin necesitar supervisión.

8.- Válvula de seguridad.

Expulsa el aire comprimido si la presión en el depósito sube por encima de la presión permitida.

9.- Secador de aire refrigerado.

Enfría el aire comprimido hasta pocos grados por encima del punto de congelación y condensa la mayor parte de la humedad del aire, lo que evita tener agua en el resto del sistema.

10.- Filtro de línea.

Al encontrarse en la tubería principal, este filtro debe tener una caída de presión mínima y la capacidad de eliminar el aceite lubricante en suspensión. Sirve para mantener la línea libre de polvo, agua y aceite.

3.2 Sistema de consumo de aire.

1.- Purga del aire.

Para el consumo, el aire es tomado de la parte superior de la tubería principal para permitir que la condensación ocasional permanezca en la tubería principal; cuando alcanza un punto bajo, una salida de agua desde la parte inferior de la tubería irá a una purga automática eliminando así el condensado.

2.- Purga automática.

Cada tubo descendente debe de tener una purga en su extremo inferior. El método más eficaz es una purga automática que impide que el agua se quede en el tubo en el caso en que se descuide la purga manual.

3.- Unidad de acondicionamiento del aire.

Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión óptima y ocasionalmente añade lubricante para alargar la duración de los componentes del sistema neumático que necesitan lubricación.

4.- Válvula direccional

Proporciona presión y pone a escape alternativamente dos conexiones del cilindro para controlar la dirección del movimiento.

5.- Actuador

Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico. En la figura 3.1 se ilustra un cilindro lineal, pero puede ser también un actuador de giro o una herramienta neumática, etc.

6.- Controladores de velocidad.

Permiten una regulación fácil y continua de la velocidad de movimiento del actuador.

CAPÍTULO 4

TEORÍA DEL AIRE COMPRIMIDO

4.1 Unidades

La superficie del globo terrestre esta rodeada de una envoltura aérea. Esta es una mezcla indispensable para la vida y tiene la siguiente composición:

Nitrógeno	-	78% en volumen (aprox.)
Oxígeno	-	21% en volumen (aprox.)

Además contiene trazas de Bióxido de Carbono, Argón, Hidrógeno, Neón, Helio, Criptón y Xenón.

Para la aplicación práctica de los accesorios neumáticos, es necesario estudiar las leyes naturales relacionadas con el comportamiento del aire como gas comprimido y las medidas físicas que se utilizan normalmente.

Con el fin de establecer aquí relaciones inequívocas y claramente definidas, los científicos y técnicos de la mayoría de los países, están en vísperas de acordar un

sistema de medidas que sea válido para todos denominado “sistema internacional de medidas” o abreviado “SI”

Unidades Básicas			
Magnitud	Abreviatura	Unidades y Símbolos	
		Sistema técnico	Sistema de unidades “SI”
Longitud	l	Métrico (m)	El metro (m)
Masa	m	$\frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$	El kilogramo (kg)
Tiempo	t	Segundo (s)	El segundo (s)
Temperatura	T	Grado centígrado (°C) (grado celsio)	El kelvin (K)
Intensidad de corriente	I	Amperio (A)	El amperio (A)
Intensidad luminosa	L		La candela (cd)
Volumen molecular	R		El mol (mol)

Tabla 4.1 Unidades S.I.

Unidades no métricas

La tabla que viene a continuación ilustra una comparación entre el sistema técnico y el sistema internacional.

Unidades Derivadas			
Magnitud	Abreviatura	Unidades y Símbolos Derivados	
		Sistema técnico	Sistema de unidades "SI"
Fuerza	F	kilogramo fuerza (kgf)	Newton (N) $1\text{N} = \frac{1\text{ kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
Superficie	A	Metro cuadrado (m ²)	Metro cuadrado (m ²)
Volumen	V	Metro cúbico (m ³)	Metro cúbico (m ³)
Caudal	V̇(Q)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Presión	P	Atmósfera (at) (kg/cm ²)	Pascal (Pa) $1\text{ Pa} = \frac{1\text{ N}}{\text{m}^2}$ Bar (bar) $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa} = 100\text{ kPa} (10^2\text{ kPa})$

Tabla 4.2 Unidades no métricas

La combinación entre los sistemas internacional y técnico de medidas esta constituida por la Ley de Newton;

$$\text{Fuerza} = \text{Masa} \cdot \text{Aceleración}$$

$$F = m \cdot a, \text{ siendo "a" la aceleración de la gravedad "g"} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Para convertir las magnitudes antes indicadas de un sistema a otro rigen los siguientes valores de conversión.

Masa: $1 \text{ kg} = \frac{1}{9.81} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$

Fuerza: $1 \text{ kg} = 9.81 \text{ N}$
 para los cálculos aproximados puede suponerse.

$$1 \text{ kg} \approx 10 \text{ N}$$

Temperatura: diferencia de temperatura $1^\circ\text{C} = 1^\circ\text{K}$ (Kelvin)

punto cero $0^\circ\text{C} = 273^\circ\text{K}$ (Kelvin)

Presión

Es la fuerza que se ejerce sobre una área específica y esta es perpendicular a la superficie sobre la cual se ejerce.

Además de las unidades indicadas en la relación (at. En el sistema técnico, así como bar y pa en el "sistema SI"), se utilizan a menudo otras designaciones. Al objeto de completar la relación, también se citan a continuación.

Atmósfera, at.

(presión absoluta en el sistema técnico de medidas)

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 0.981 \text{ bar} (98.1 \text{ kPa})$$

Pascal, Pa

Bar, bar

(presión absoluta en el sistema de unidades)

$$1 \text{ Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^5 \text{ Pa} = 1.02 \text{ at}$$

Atmósfera física, at

(presión absoluta en el sistema físico de medidas)

$$1 \text{ atm.} = 1.033 \text{ at} = 1.0013 \text{ bar} (101.3 \text{ kPa})$$

Milímetros de columna de agua, mm de columna de agua

$$10,000 \text{ mm ca} = 1 \text{ at} = 0.981 \text{ bar} (98.1 \text{ kPa})$$

Milímetros de columna de mercurio, mmHg

(corresponde a la unidad de presión Torr)

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ Torr}$$

$$1 \text{ at} = 736 \text{ Torr}, 100 \text{ kPa} (1 \text{ bar}) = 750 \text{ Torr}$$

Como sobre la tierra todo está sometido a la presión atmosférica, no notamos esta. Se toma la correspondiente presión atmosférica P_{amb} como presión de referencia y cualquier divergencia de esta se designa sobre presión P_e .

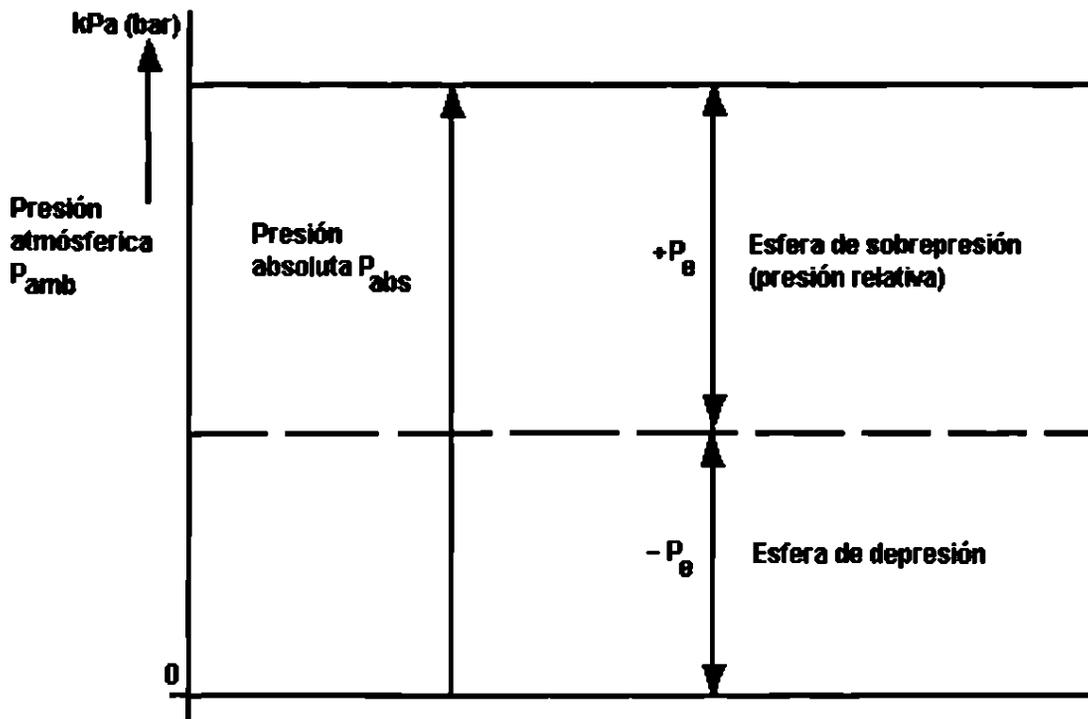


Figura 4.1 Unidades y escalas para la medición de presión

La presión de aire no siempre es la misma, cambia según la situación geográfica y el tiempo. La zona desde la línea del cero absoluto hasta la línea de referencia variable se llama esfera de depresión ($-P_e$); la superior se llama esfera de sobrepresión ($+P_e$)

La presión absoluta P_{abs} consiste en la suma de presiones $-P_e$ y $+P_e$. En la práctica se utilizan manómetros que solamente indican la sobrepresión $+P_e$. Si se indica la presión P_{abs} , El valor es unos 100 kPa (1bar) más alto.

4.2 Propiedades de los gases

Ley de Boyle

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expandirse).

La Ley que rige estos fenómenos es la Ley de Boyle-Mariotte.

A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas.

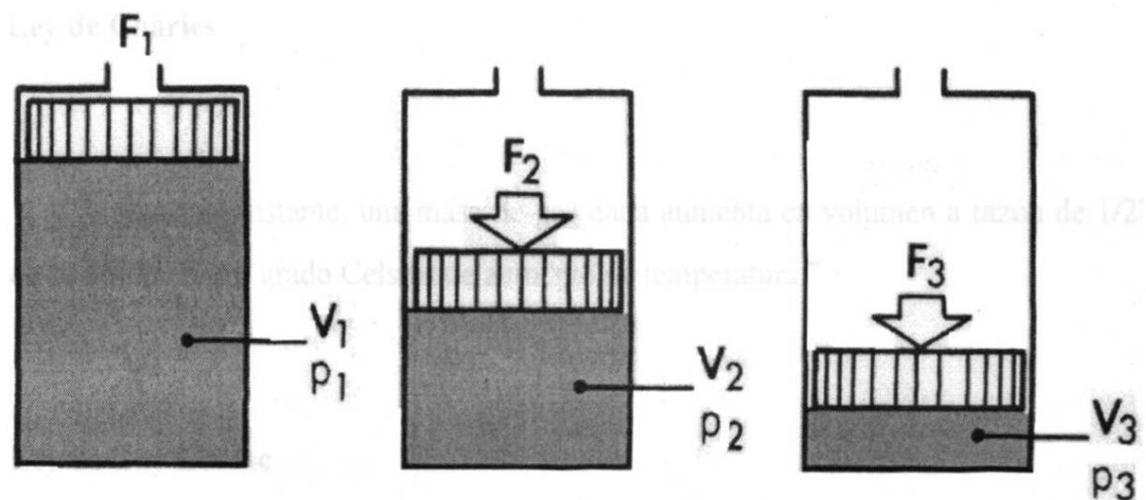


Figura 4.2 Recipiente que contiene un gas

Ejemplo:

Si el volumen $V_1 = 1\text{m}^3$, que está a la presión atmosférica $P_1 = 100\text{ kPa}$ (1bar) se comprime con la fuerza F_2 hasta alcanzar el volumen $V_2 = 0.5\text{m}^3$ permaneciendo la temperatura constante se obtiene

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

$$P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{(100\text{kPa})(1\text{m}^3)}{0.5\text{m}^3} = \underline{200\text{kPa}} = \underline{2\text{bar}}$$

Si el volumen V_1 se comprime con la fuerza F_3 aún más hasta lograr $V_3 = 0.05\text{ m}^3$, la presión que se alcanza es:

$$P_3 = \frac{P_1V_1}{V_3}$$

$$P_3 = \frac{(100\text{kPa})(1\text{m}^3)}{0.05\text{m}^3} = \underline{2000\text{kPa}} = \underline{20\text{bar}}$$

Ley de Charles

“A presión constante, una masa de gas dada aumenta en volumen a razón de $1/273$ de su volumen por grado Celsius de aumento de temperatura.”

Ley de Gay Lussac

Si la presión permanece constante el volumen de un gas aumenta en proporción a la temperatura, por lo tanto

$$\frac{V}{T} = \text{cte}; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

V_1 = Volumen a la temperatura T_1

V_2 = Volumen a la temperatura T_2

de donde:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

La variación de volumen ΔV es:

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$\Delta V = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} - V_1$$

$$\Delta V = V_1 \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

Lo mismo vale para V_2

$$V_2 = V_1 + \Delta V$$

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{T_1}(T_2 - T_1)$$

Las ecuaciones anteriores tienen validez únicamente cuando las temperaturas se indican en grados Kelvin. Las temperaturas indicadas en °C deben convertirse, por tanto a °K.

También puede prepararse una ecuación con la que pueda calcularse inmediatamente en °C; para ello solo hay que añadir 273°C a los valores de temperatura.

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} [(273^\circ\text{C} + T_2) - (273^\circ\text{C} + T_1)]$$

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} (T_2 - T_1)$$

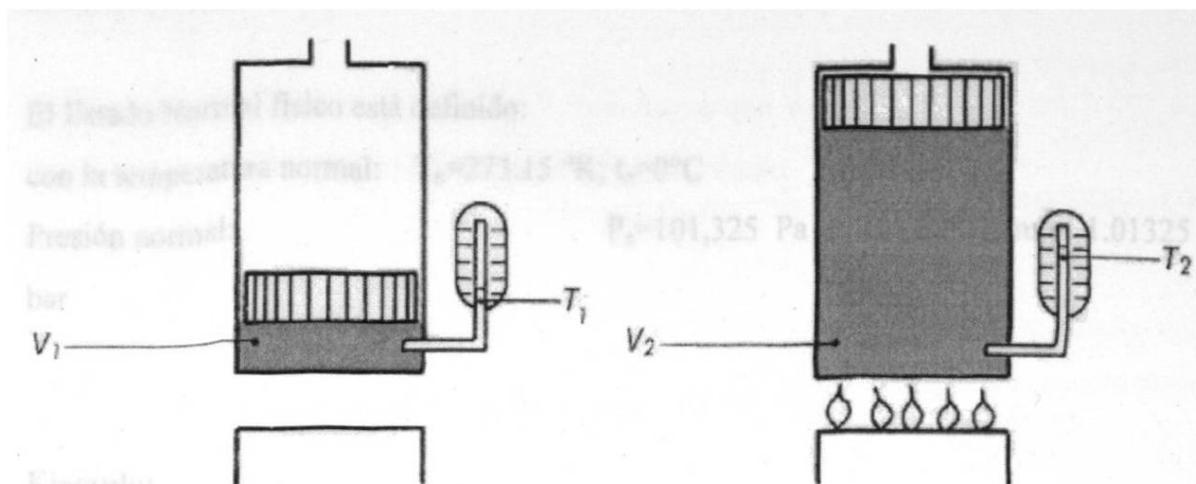


Figura 4.3 Depósito con un gas aplicando calor

Ejemplo:

0.8m³ de aire a la temperatura $T_1 = 293^\circ\text{K}$ (20°C) se calienta hasta $T_2 = 344^\circ\text{K}$ (71°C)
 ¿Cuál será el volumen final?

$$V_2 = 0.8\text{m}^3 + \frac{(0.8\text{m}^3)}{293^\circ\text{K}} (344^\circ\text{K} - 293^\circ\text{K})$$

$$V_2 = 0.8\text{m}^3 + 0.14\text{m}^3 = 0.94\text{m}^3$$

El aire se ha dilatado 0.14 m³ a 0.94 m³.

En neumática se suele referir todas las indicaciones de la cantidad de aire al llamado “Estado Normal”.

El Estado Normal, es un estado de una sustancia sólida, líquida o gaseosa fijada por la temperatura y la presión normales.

El Estado Normal técnico está definido:

con la temperatura normal: $T_n = 293.15^\circ\text{K}$; $t_n = 20^\circ\text{C}$

y la presión normal:

$$P_n = 98,066.5 \text{ N/m}^2 = 0.980665 \text{ bar}$$

El Estado Normal físico está definido:

con la temperatura normal: $T_n = 273.15 \text{ }^\circ\text{K}$; $t_n = 0^\circ\text{C}$

Presión normal:

$$P_n = 101,325 \text{ Pa} \approx 101,325 \text{ N/m}^2 = 1.01325$$

bar

Ejemplo:

En un depósito de 2 m^3 de capacidad hay aire a una presión de 700 kPa (7bar) y a una temperatura de $298 \text{ }^\circ\text{K}$ (25°C) ¿Qué cantidad de aire se encuentra en el depósito?

1er Paso:

Convertir a una presión de $101,325 \text{ Pa}$ (1.013 bar) $\approx 100,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$ (1 bar)

según la Ley de Boyle – Mariotte es:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 V_2$$

$V_1 =$ Volumen en la presión P_1

$P_1 = 100 \text{ kPa}$ (1 bar) (presión normal)

$$V_2 = 2 \text{ m}^3$$

$P_2 = 700 \text{ kPa}$ (7 bar) (presión absoluta)

$$V_1 = \frac{P_2 V_2}{P_1} = \frac{(700 \text{ kPa})(2 \text{ m}^3)}{100 \text{ kPa}} = 14 \text{ m}^3$$

2do Paso:

Conversión a una temperatura de 273°K (0°C)

Para la dilatación vale:

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_2 - T_1)$$

Si la temperatura T_1 es mayor que T_2 , V_2 será menor que V_1 .

Por lo tanto, si la temperatura disminuye vale lo siguiente:

$$V_2 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_1 - T_2)$$

Si $T_2=273^\circ\text{K}$ (0°C), en vez de T_2 se puede poner solo T_0 y en vez de V_2 , solo V_0 .

La ecuación general es:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_1 - T_0)$$

Si se desea calcular en $^\circ\text{C}$, la ecuación ampliada es la que sigue:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} \cdot (T_1 - 0^\circ\text{C})$$

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{273^\circ\text{C} + T_1} \cdot T_1$$

Esta ecuación tiene validez empero únicamente cuando desee determinar V_0 a 0°C .

Entonces se obtiene lo siguiente:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_1 - T_0)$$

$$V_0 = 14 \text{ m}^3 - \frac{14 \text{ m}^3}{298^\circ\text{K}} (298^\circ\text{K} - 273^\circ\text{K})$$

$$V_0 = 14 \text{ m}^3 - 1.17 \text{ m}^3 = 12.83 \text{ m}^3$$

El depósito contiene 12.83 m^3 de aire (referido a $^\circ\text{C}$ y una presión de $100 \text{ kPa}/1 \text{ bar}$)

4.3 Caudal

La unidad básica para el gasto volumétrico “Q” es el metro cúbico normal por segundo (m^3/s). En la neumática práctica, los volúmenes se expresan en términos de litros por minuto (l/min) o decímetros cúbicos normales por minuto (dm^3/min). La unidad no métrica para el gasto volumétrico es el pie cúbico standard por minuto (scfm).

4.3.1 Ecuación de Bernoulli

Bernoulli dice: “Si un líquido de peso específico ρ fluye horizontalmente por un tubo de diámetro variable, la energía total de los puntos 1 y 2 es la misma.

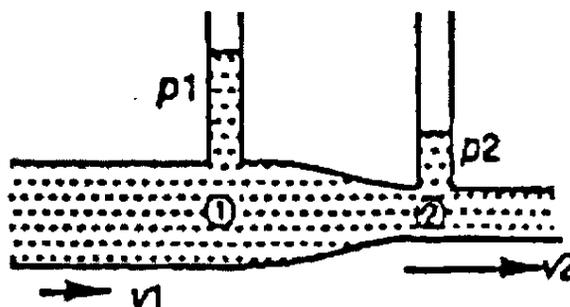


Figura 4.4 Venturímetro

O bien

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

Esta ecuación se aplica también a los gases si la velocidad del flujo no supera los 330 m/seg aproximadamente.

Aplicaciones de esta ecuación son el tubo de venturi y la compensación del flujo en los reguladores de presión.

4.4 Humedad del Aire

El aire de la atmósfera contiene siempre un porcentaje de vapor de agua. La cantidad de humedad presente depende de la humedad atmosférica y de la temperatura.

Cuando el aire atmosférico se enfría, alcanza cierto punto en que se satura con la humedad. Esto se le conoce como punto de condensación o punto de rocío. Si el aire se enfría más, no retiene toda la humedad y el sobrante se decanta como gotas en miniatura que forman un líquido condensado.

La cantidad real de agua que puede ser retenida depende por completo de la temperatura; 1m^3 de aire comprimido es capaz de retener solo la misma cantidad de vapor de agua como 1 m^3 de aire a presión atmosférica.

La tabla 4.3 ilustra el número de gramos de agua por metro cúbico para una amplia gama de temperaturas, desde -30°C hasta $+80^\circ\text{C}$. La línea en negrita se refiere al aire atmosférico con el volumen a la temperatura en cuestión. La línea fina indica la cantidad de agua por metro cúbico standard. Todo consumo de aire se expresa normalmente en volumen standard, lo que hace innecesario el cálculo.

Para la gama de temperaturas de las aplicaciones neumáticas, la tabla muestra los valores exactos. La primera mitad se refiere a las altas temperaturas sobre cero, mientras que la parte inferior indica las temperaturas sobre cero. Las filas superiores muestra el contenido de un metro cúbico standard y las inferiores el contenido en un volumen de un m^3 a la temperatura dada.

Temperatura °C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
gr/m ³ _n (Standard)	4.98	6.99	9.86	13.76	18.99	25.94	35.12	47.19	63.03
gr/m ³ (Atmosférico)	4.98	6.86	9.51	13.04	17.69	23.76	31.64	41.83	54.108
Temperatura °C	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
gr/m ³ _n (Standard)	4.98	3.36	2.28	1.52	1.00	0.64	0.40	0.25	0.15
gr/m ³ (Atmosférico)	4.98	3.42	2.37	1.61	1.08	0.70	0.45	0.29	0.18

Tabla 4.3 Gramos de agua por metro cúbico para diferentes temperaturas

4.4.1 Humedad Relativa

A excepción de condiciones atmosféricas, como una caída de la temperatura, el aire atmosférico no se satura nunca. El coeficiente entre el contenido real de agua y del punto de condensación se llama humedad relativa y se indica como porcentaje.

$$\text{Humedad Relativa h.r.} = \frac{\text{contenido real del agua}}{\text{cantidad de saturación}} \times 100\%$$

(punto de condensación)

4.5 Presión y Caudal

La relación más importante para los componentes neumáticos es la que existe entre presión y caudal.

Si no existe circulación de aire, la presión en todos los puntos del sistema será la misma, pero si existe circulación desde un punto hasta otro, está querrá decir que la

presión en el primer punto es mayor que en el segundo punto, es decir, existe diferencia de presión, esta diferencia depende de tres factores:

- La presión inicial
- El caudal de aire que circula
- La resistencia al flujo existente entre ambas zonas

La resistencia a la circulación de aire es un concepto que no tiene unidades propias (como el ohmio en electricidad) sino que en neumática se usa el concepto opuesto, es decir, concepto que refleja la facilidad a la amplitud de un elemento para que el aire circule a través de él, el área de orificio equivalente “S” o el “Cv” o el “Kv”.

La sección de orificio equivalente “S” es expresada en mm^2 y representa el área de un orificio sobre pared delgada que crea la misma relación entre presión y caudal que el elemento definido por él.

Estas relaciones son en cierta manera, similares a la electricidad donde “Diferencia de Potencial = Resistencia · Intensidad. Esto trasladado de alguna forma neumática, será “Caída de Presión = Caudal · área efectiva”, sólo que mientras más unidades eléctricas son directamente proporcionales, esta relación para el aire es bastante más compleja y nunca será simplemente proporcional.

En electricidad de un amperio (1A), crea sobre una resistencia de un ohmio una tensión de un volts (1V). Esto se cumple bien sea desde 100 V a 99 V ó desde 4V a 3V. En cambio, una caída de presión a través del mismo objeto y con el mismo caudal, puede variar la presión inicial y también con la temperatura. Razón, la compresibilidad del aire.

Para definir uno de los cuatro datos interrelacionados que han sido mencionados, a partir de los otros tres, utilizaremos el diagrama que se muestra a continuación.

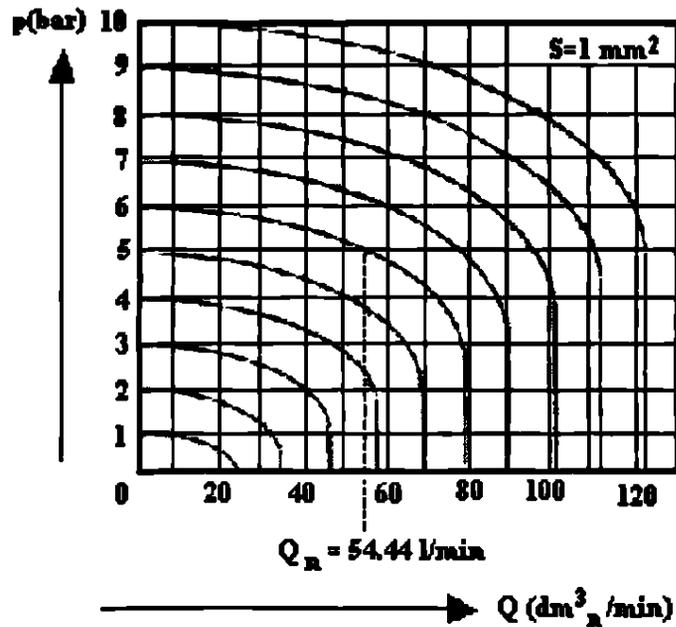


Figura 4.5 Diagrama presión contra gasto

El triángulo de la esquina inferior derecha marca el rango del “flujo a velocidad sónica”, cuando el caudal de aire alcanza una velocidad cercana a la del sonido. En este caso, el caudal ya no se puede incrementar independientemente de la diferencia de presión que pueda existir entre la entrada y la salida. Como puede verse, las curvas en esta zona caen verticalmente.

Esto supone que el caudal no depende de la diferencia de presión, sino de la presión de entrada.

Uso del Diagrama:

La escala de presión en la izquierda de la figura 4.5 indica tanto la presión de entrada como la de salida. La primera línea vertical de la izquierda representa el caudal cero y evidentemente, la presión en la entrada y la salida; las diferentes curvas para las presiones de entrada desde 1 hasta 10 bar, indican como varía la presión de salida con el incremento de caudal.

Ejemplo 1:

- Presión de entrada de 6 bar
- Caída de presión de 1 bar – Presión de salida 5 bar.

Seguiremos la línea que parte de 6 bar hasta que corta la horizontal del nivel de 5 bar. Desde este punto, nosotros seguiremos la línea a trazos que baja verticalmente hasta la escala de caudales, en la que obtendremos un valor de 55 l/min. Esta situación concreta define lo que se ha llamado el “volumen de flujo estándar (Qn)” un valor encontrado en los catálogos para una rápida comparación de la capacidad de caudal de otras válvulas.

El caudal obtenido en este diagrama es para un elemento (válvula, tubería, etc.) con una presión equivalente “S” de 1 mm². Si el elemento en cuestión tiene según catálogo, una “S” de 4.5 mm², el caudal real será 4.5 veces mayor.

En este caso $4.5 \times 54.44 = 245$ l/min

Ejemplo 2.

Dado un elemento con una presión equivalente “S” de 12 mm², con una presión de alimentación de 7 bar y un consumo de aire de 600 l/min. ¿Qué presión obtendremos a la salida?

Un caudal de 600 l/min con una presión equivalente de 12 mm², corresponde a un caudal de 50 l/min por cada mm² de presión equivalente (necesitamos esta conversión para poder utilizar el diagrama de la figura 4.5. Seguimos la curva que comienza en 7 bar hasta que corta la línea vertical de 50 l/min de Qn. A partir de este punto, seguimos la línea horizontal hasta la escala de presiones y obtenemos un valor de 6.3 bar.

Cuando se requiere un cálculo más exacto que el que pueda ser obtenido en este diagrama, el caudal puede ser calculado con alguna de las fórmulas siguientes:

Observando el diagrama de la figura 4.9 nos lo pueden aclarar y lógicamente, deben existir dos fórmulas diferentes para los rangos de “flujo sónico” y para los rangos de “flujos subsónicos”. La frontera entre el flujo sónico y el subsónico viene establecida por las siguientes fórmulas:

$$\text{Flujo sónico} \quad P_2 + 1.013 \leq 1.896 (P_1 + 1.013)$$

$$\text{Flujo subsónico} \quad P_2 + 1.013 > 1.896 (P_1 + 1.013)$$

El caudal Q vendría dado por las siguientes fórmulas:

$$\text{Flujo subsónico} \quad Q = 22.2 \cdot S \cdot \sqrt{(P_2 + 1.013) \cdot (P_1 - P_2)}$$

$$\text{Flujo sónico} \quad Q = 11.1 \cdot S (P_1 + 1.013)$$

Siendo P_1 y P_2 funciones relativas o manométricas

Vea como un sistema neumático nunca funcionaría de forma satisfactoria en condiciones de flujo sónico ya que, por ejemplo de una presión de alimentación de 6 bar no quedarían nada más que 2.7 bar para trabajar.

Ejemplo 3:

Calculamos el flujo del ejemplo 2 asumiendo una presión de trabajo de 7 bar y una presión de salida de 6.3 bar con una sección equivalente “S” de 12 mm² para el sistema de válvula y tuberías

$$Q = 22.2(12) \cdot \sqrt{7.313(0.7)} = 597.3 \text{ l/min}$$

Este dato nos muestra que la precisión del diagrama es suficiente para el uso práctico en neumática.

CAPÍTULO 5

COMPRESIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

5.1 Generadores de Aire Comprimido

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

En el momento de la planificación, es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en un futuro. Por ello, es necesario sobredimensionar la instalación, al objeto de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación ulterior en el equipo generador supone gastos muy considerables.

Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro, el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También deberá tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos compresores.

5.2 Tipos de compresores

Un compresor convierte la energía mecánica de un motor eléctrico o de combustión en energía potencial de aire comprimido.

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de compresores.

Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

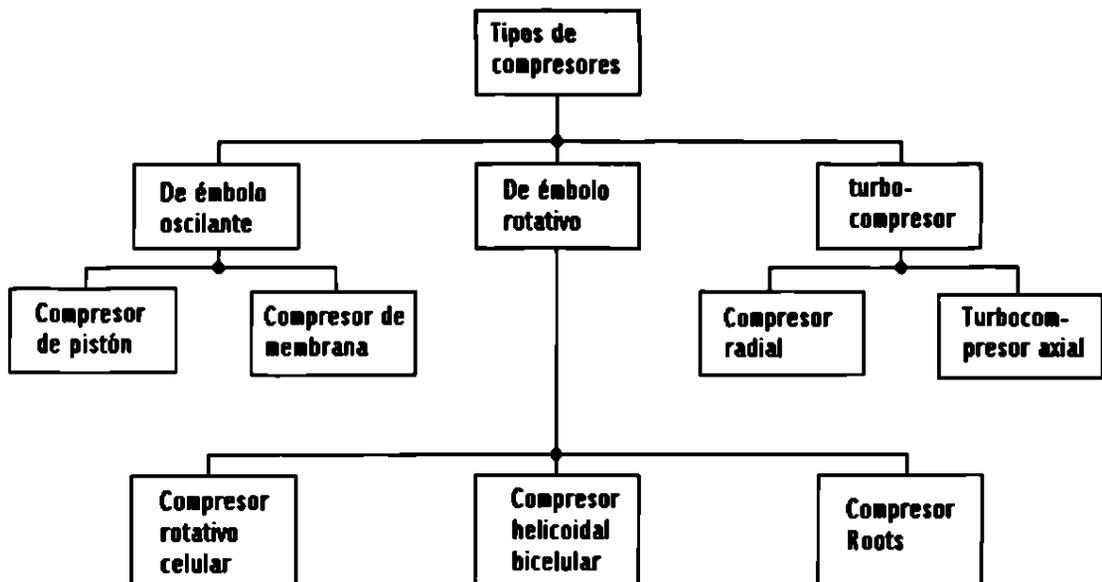


Figura 5.1 Tipos de compresores

5.3 Compresores Alternativos

5.3.1 Compresor de émbolo de una etapa

El aire recogido a presión atmosférica se comprime a la presión deseada con una sola compresión.

El movimiento hacia abajo del émbolo aumenta el volumen para cerrar una presión más baja que la de la atmósfera, lo que hace entrar el aire en el cilindro para la válvula de entrada.

Al fin de la carrera, el émbolo se mueve hacia arriba, la válvula de entrada se cierra cuando el aire se comprime, obligando a la válvula de salida a abrirse para descargar el aire en el depósito de recogido.

Este tipo de compresores se utiliza generalmente en sistemas que requieren aire en la gama 3-7 bares.

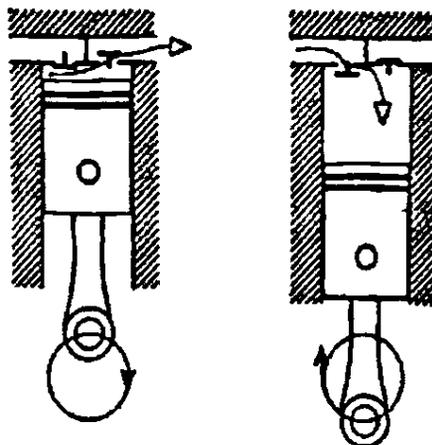


Figura 5.2 Compresor de émbolo de una sola etapa

5.3.2 Compresor de émbolo de dos etapas

En un compresor de una sola compresión, cuando se comprime el aire por encima de 6 bares, el calor excesivo que se crea reduce en gran medida su eficacia. Debido a esto, los compresores de émbolo utilizados en los sistemas industriales de aire comprimido son generalmente de dos etapas.

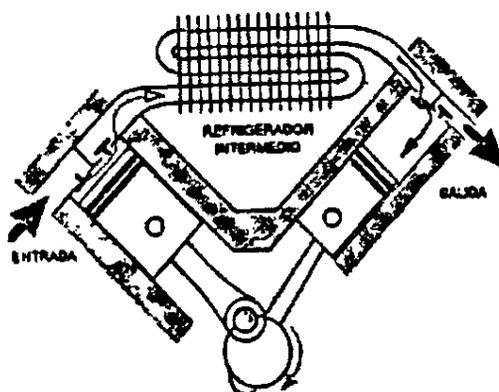


Figura 5.3 Compresor de émbolo de dos etapas

El aire recogido a presión atmosférica se comprime en dos etapas hasta la presión final. Si la presión final es de 7 bares, la primera compresión normalmente comprime el aire hasta aproximadamente 3 bares, tras lo cual se enfría. Se alimenta entonces el cilindro de la segunda compresión que comprime el aire hasta 7 bares.

El aire comprimido entra en el cilindro de segunda compresión a una temperatura más reducida, tras pasar por el refrigerador intermedio, mejorando el rendimiento en comparación con una unidad de una sola compresión. La temperatura final puede estar alrededor de 120°C.

5.3.3 Compresor de Diafragma

Los compresores de diafragma suministran aire comprimido seco hasta 5 bares y totalmente libre de aceite, por lo tanto se utilizan ampliamente en la industria alimenticia, farmacéutica y similares.

El diafragma proporciona un cambio en el volumen de la cámara, lo que permite la entrada de aire en la carrera hacia abajo y la compresión en la carrera hacia arriba.

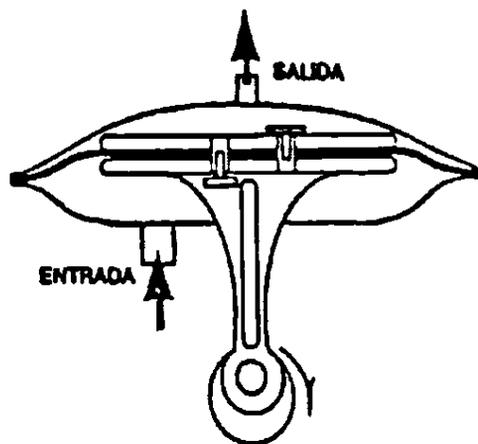


Figura 5.4 Compresor de diafragma

5.3.4 Compresores rotativos

5.3.4.1 Compresor rotativo de paleta deslizante

Este compresor tiene un rotor montado excéntricamente con una serie de paletas que se desliza dentro de ranuras radiales.

Al girar el rotor, la fuerza centrífuga mantiene las paletas en contacto con la pared del estator y el espacio entre las paletas adyacentes disminuye desde la entrada de aire hasta la salida, comprimiendo así el aire.

La lubricación y la estanqueidad se obtienen inyectando aceite en la corriente de aire cerca de la entrada. El aceite actúa también como refrigerante para eliminar parte del calor generado por la compresión, para limitar la temperatura alrededor de 190°C.

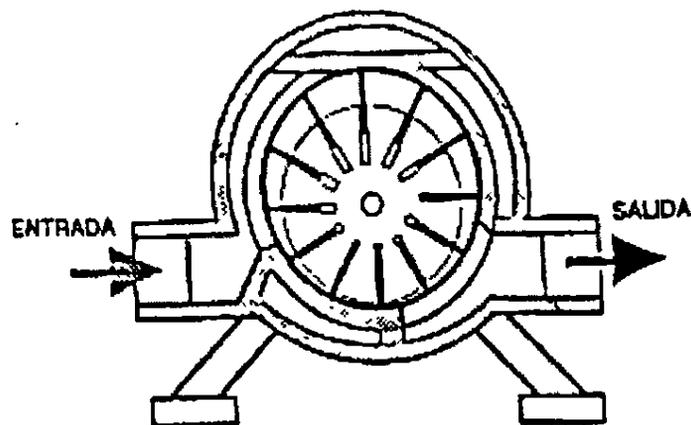


Figura 5.5 Compresor de paleta

5.3.4.2 Compresor de tornillo

Dos motores helicoidales engranan girando en sentidos contrarios. El espacio libre entre ellos disminuye axialmente en volumen, lo que comprime el aire atrapado entre los dos rotores.

El aceite lubrica y cierra herméticamente los dos tornillos rotativos, los separadores de aceite eliminan el mismo aire de salida.

Con estas máquinas se puede obtener caudales unitarios continuos y elevados, de más de 400 m³/min, a presiones superiores a 10 bares.

Este tipo de compresor, más que el compresor de paletas, ofrece un suministro continuo libre de altibajos

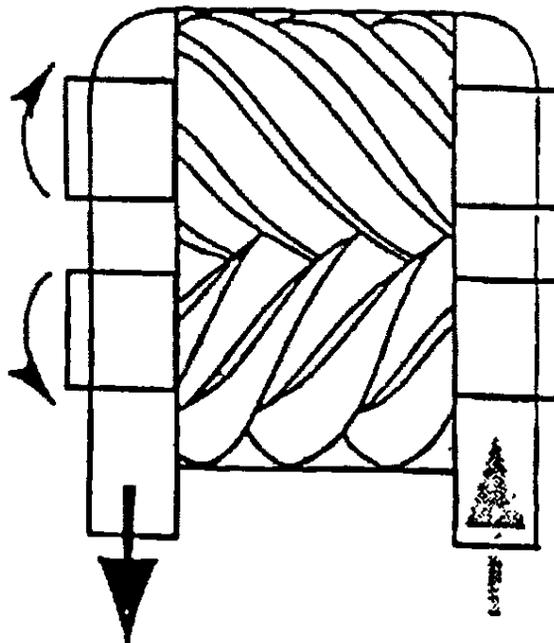


Figura 5.6 Compresor de tornillo

El tipo industrial de compresor de aire más común sigue siendo la máquina alternativa, aunque los tipos de tornillo y paletas se están usando cada vez más.

5.3.5 Turbo compresores

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial.

El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión.

El compresor de tipo axial su rotación de los álabes acelera el aire en sentido axial de flujo.

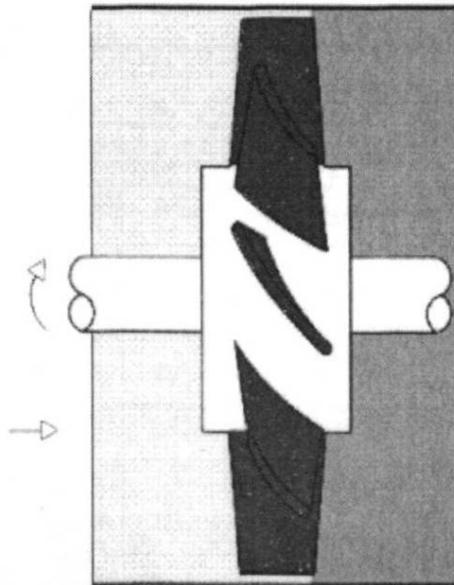


Figura 5.7 Compresor axial

El compresor radial, su aceleración progresiva de cámara en sentido radial hacia fuera, el aire en circulación regresa de nuevo al eje. Desde aquí se vuelve a acelerar hacia fuera.

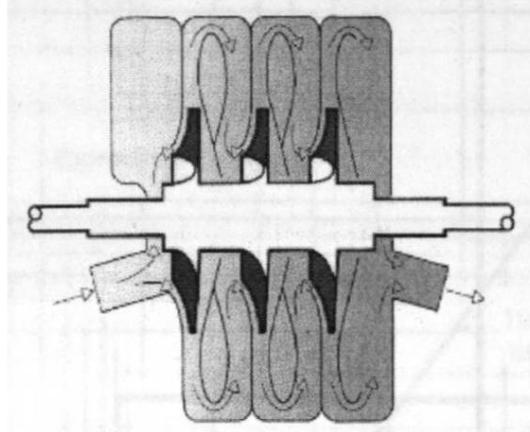


Figura 5.8 Compresor radial

En este diagrama están indicadas las zonas de cantidades de aire aspirado y la presión para cada tipo de compresor.

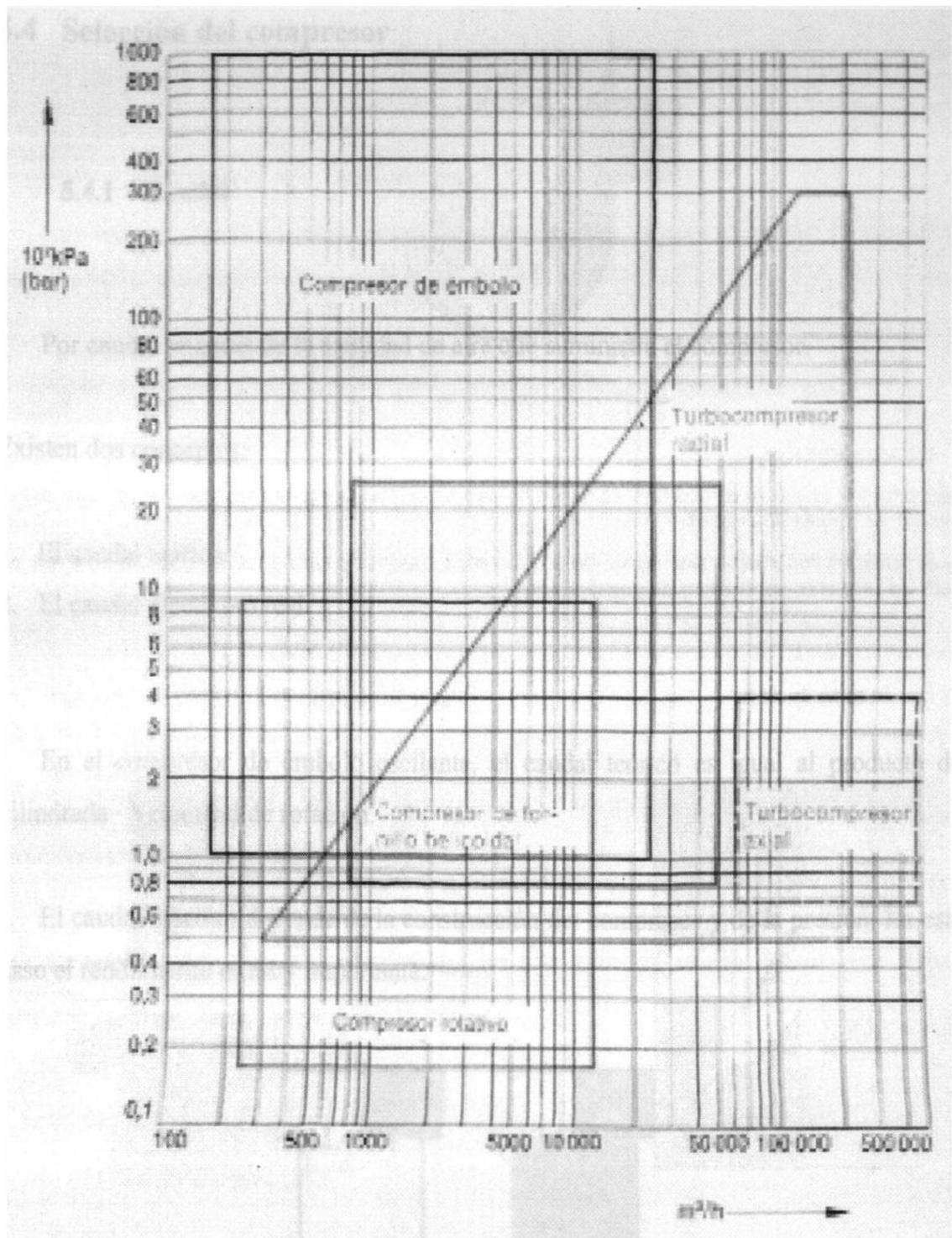


Figura 5.9 Diagrama de caudal

5.4 Selección del compresor

5.4.1 Caudal

Por caudal se entiende la cantidad de aire que suministra el compresor.

Existen dos conceptos:

1. El caudal teórico
2. El caudal efectivo o real

En el compresor de émbolo oscilante, el caudal teórico es igual al producto de cilindrada · Velocidad de rotación.

El caudal efectivo depende de la construcción del compresor y de la presión. En este caso el rendimiento es muy importante.

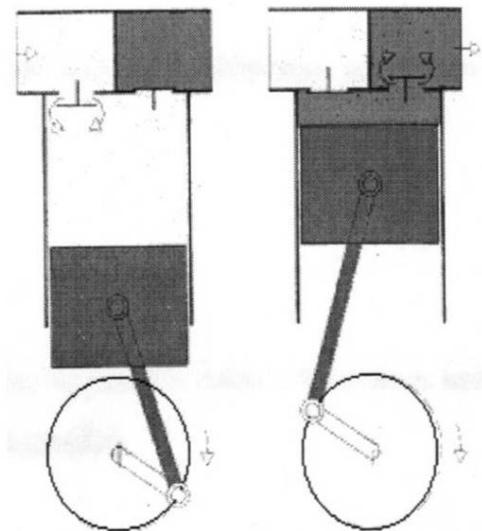


Figura 5.10 Caudal

Es interesante conocer el caudal efectivo del compresor. Solo éste es el que acciona y regula los equipos neumáticos.

Los valores indicados según las normas representan valores efectivos. El caudal se expresa m^3/min , m^3/hr .

No obstante son numerosos los fabricantes que solamente indican el caudal teórico.

5.4.2 Presión

También se distinguen dos conceptos:

La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que alimentan a los consumidores.

La presión de trabajo es la necesaria en el puesto de trabajo considerado. En la mayoría de los casos, es de 600 kPa (6 bar).

Por eso, los datos de servicio de los elementos se refieren a esta presión.

Importante:

Para garantizar un funcionamiento fiable y preciso es necesario que la presión tenga valor constante. De ésta dependen:

- La velocidad
- Las Fuerzas
- El desarrollo secuencial de las fases de los elementos de trabajo.

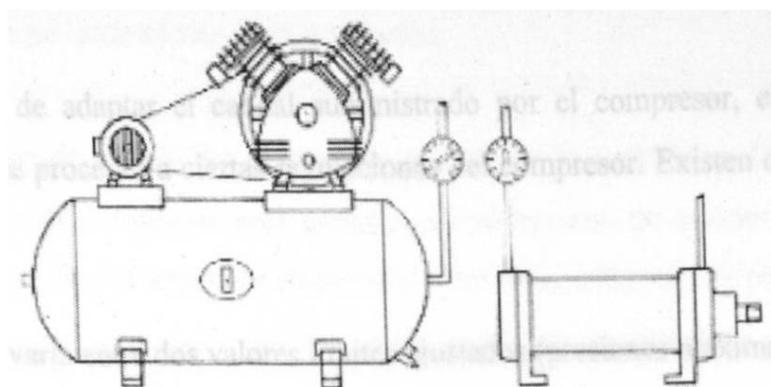


Figura 5.11 Presión

5.4.3 Accionamiento

Los compresores accionan, según las exigencias, por medio de un motor eléctrico o de explosión. En la industria en la mayoría de los casos los compresores se arrastran por medio de un motor eléctrico.

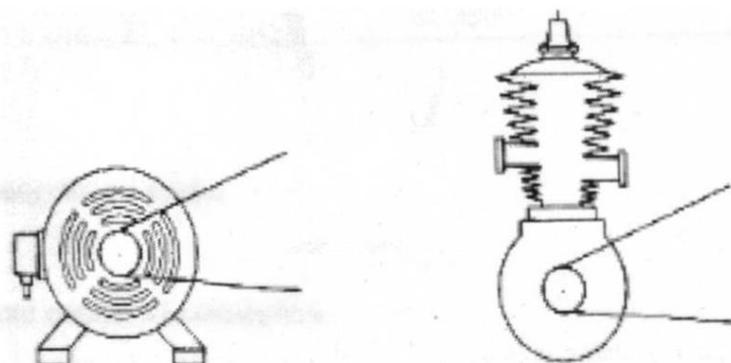


Figura 5.12 Accionamiento

5.4.4 Regulación

Al objeto de adaptar el caudal suministrado por el compresor, el consumo que fluctúa, se debe proceder a ciertas regulaciones del compresor. Existen diferentes clases de regulación.

El caudal varía entre dos valores límites ajustados (presiones máxima y mínima).

Se conocen diferentes pistones de regulación:

Regulación de mordida en vacío	Regulación de carga parcial	Regulación intermitente
a) Regulación por escape a la atmósfera	a) Regulación de velocidad de rotación	
b) Regulación por aislamiento de la aspiración	b) Regulación por estrangulación de la aspiración.	
c) Regulación por apertura de la aspiración		

Regulación de marcha en vacío:

a) Regulación por escape a la atmósfera

En esta simple regulación con una válvula reguladora de presión a la salida del compresor. Cuando en el depósito (red) se ha alcanzado la presión deseada, dicha

válvula abre el paso y permite que el aire escape a la atmósfera. Una válvula antirretorno impide que el depósito se vacíe (solo en instalaciones muy pequeñas).

b) Regulación por aislamiento de la aspiración

En este tipo de regulación se bloquea el lado de la aspiración. La tubuladura de aspiración del compresor está cerrada. El compresor no puede aspirar y sigue funcionando en el margen de dispersión. Esta regulación se usa principalmente en los compresores rotativos y también en los de émbolo oscilatorio.

c) Regulación por apertura de la aspiración

Se utiliza en compresores de émbolo de tamaño mayor. Por medio de una mordaza se mantiene abierta la válvula de aspiración y el aire circula con que el compresor lo comprima. Esta regulación es muy sencilla.

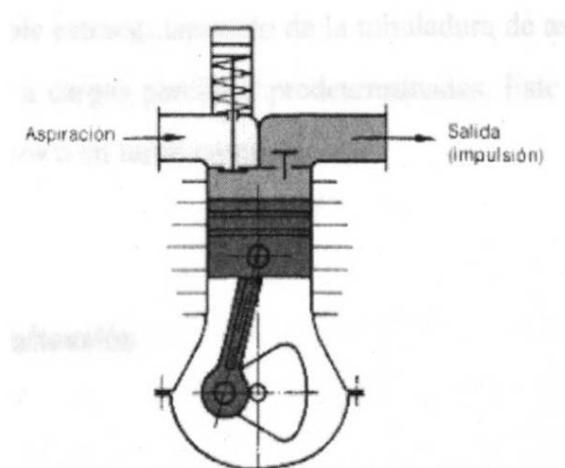


Figura 5.13 Regulación por apertura de la aspiración

Regulación de carga parcial

a) Regulación de la velocidad de rotación

El regulador de velocidad del motor de combustión interna se ajusta en función de la presión de servicio deseada, por medio de un elemento de mando manual o automático.

Si el accionamiento es eléctrico, la velocidad de rotación puede regularse de forma progresiva empleando motores de polos conmutables. No obstante, este procedimiento no es muy utilizado.

b) Regulación del caudal aspirado.

Se obtiene por simple estrangulamiento de la tubuladura de aspiración. El compresor puede ajustarse así a cargas parciales predeterminadas. Este sistema se presenta en compresores rotativos o en turbo compresores.

Regulación por intermitencia

Con este sistema, el compresor tiene dos estados de servicio (funciona a plena carga o está desconectado). El motor de accionamiento del compresor se para al alcanzar la presión máxima. Se conecta de nuevo y el compresor trabaja al alcanzar el valor de la presión mínima.

Los momentos de conexión y desconexión pueden ajustarse mediante una presóstato. Para mantener la frecuencia de conmutación dentro de los límites admisibles, es necesario prever un depósito de gran capacidad.

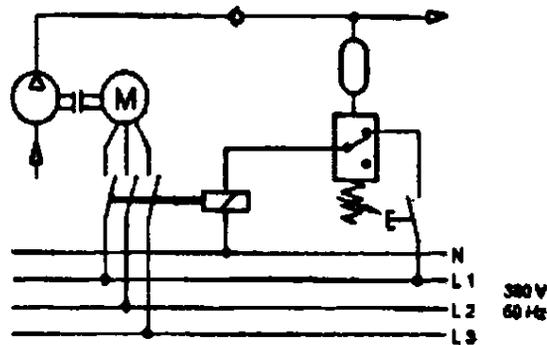


Figura 5.14 Regulación intermitente

5.5 Accionamiento del compresor

5.5.1 Depósito del aire comprimido

Un depósito de aire comprimido es una cisterna a presión construida en chapa de acero soldada, montada horizontal o verticalmente, directamente después del refrigerador final para recibir el aire comprimido amortiguando así los impulsos esenciales en el caudal del aire.

Sus funciones principales son las de almacenar una cantidad suficiente de aire para satisfacer las demandas que superan la capacidad del compresor, sin embargo, suministra también un enfriamiento adicional para precipitar el aceite y la humedad que llegan al refrigerador antes de que el aire se distribuya interiormente. A este respecto, colocar el depósito del aire en un lugar fresco representa una ventaja.

El depósito debe estar provisto de válvula de seguridad, manómetro, purga y tapas de inspección para la comprobación o limpieza del interior.

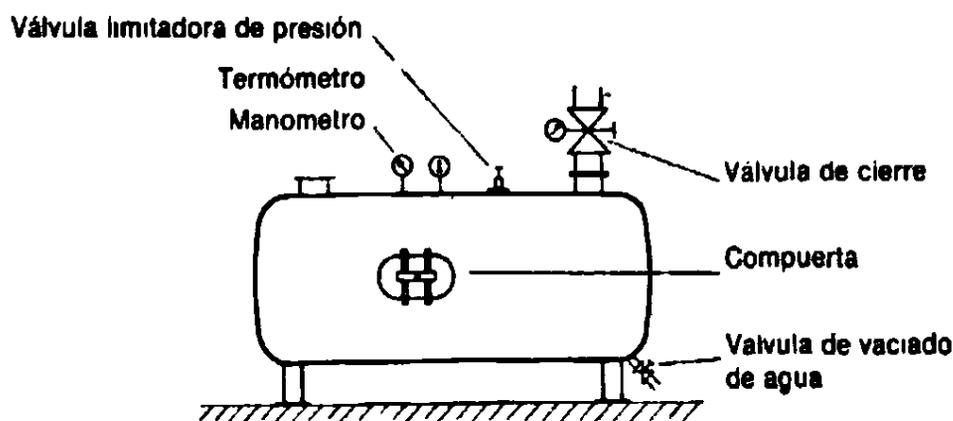


Figura 5.15 Acumulador

5.5.2 Selección del tamaño del depósito de aire comprimido

El tamaño de los depósitos del aire se selecciona según las salidas del compresor, el tamaño del sistema y el hecho de que la demanda sea relativamente constante o variable.

Los compresores con accionamiento eléctrico en plantas industriales, los que suministran una red, normalmente se conectan y desconectan entre una presión mínima y máxima. Este control se llama "automático". Para ello es necesario un volumen mínimo del depósito del aire para evitar que la conexión y desconexión sean demasiado frecuente.

Los compresores móviles con un motor de combustión no se paran cuando se alcanza una presión máxima, sino que se elevan las válvulas de succión de forma que el aire pueda fluir dentro y fuera del cilindro sin ser comprimido. La diferencia de presión

y la compresión y la carrera en vacío es bastante pequeña. En este caso es necesario solo un pequeño depósito.

Para plantas industriales, la regla apropiada para el tamaño del depósito es:

Capacidad del depósito de aire = Salida del aire comprimido por minuto del compresor
(No F.A.D. = No el "aire libre descargado)

Ejemplo: Descarga del compresor $18 \text{ m}^3/\text{min}$ (aire libre), presión media de la línea 7 bares:

Por lo tanto, la salida de aire comprimido por minuto =

$$\frac{18000}{7} = 2571 \text{ Litros aproximados}$$

Un depósito con un volumen de 2750 litros será entonces el tamaño más adecuado.

5.5.3 Filtro de Entrada

La atmósfera de una ciudad típica puede contener 40 partes por millón/ m^3 de partículas sólidas, es decir polvo, suciedad, polen, etc. Si se comprime este aire a 7 bares, la concentración sería de 320 partes por millón/ m^3 . Una condición para la confiabilidad y duración del compresor debe ser la instalación de un filtro eficaz y adecuado para impedir el desgaste excesivo de cilindros, anillos del émbolo, etc., que es provocado principalmente por el efecto abrasivo de estas impurezas.

El filtro no debe ser demasiado fino puesto que el rendimiento del compresor disminuye debido a la elevada resistencia al caudal del aire y así a las partículas de aire muy pequeñas (2-5 μ) no se pueden eliminar.

La entrada del aire debe estar situada de forma que en la medida de lo posible se aspire aire seco limpio, con conductos de entrada de diámetro lo suficientemente grande para evitar una caída de presión excesiva. Cuando se utilice un silenciador es posible incluir el filtro de aire que se colocará después de la posición del silenciador, de forma que esté sujeto a efecto de pulsación mínimos.

5.6 Deshidratación del aire

5.6.1 Post-Enfriadores

Después de la compresión final, el aire está caliente y, al enfriarse el agua se depositará en cantidades considerables en el sistema de tuberías, lo cual deberá evitarse. La manera más efectiva de eliminar la mayor parte del agua de condensación es someter al aire a la refrigeración posterior, inmediatamente después de la compresión.

Los post-enfriadores son intercambiadores que pueden ser unidades refrigeradas por aire o por agua.

5.6.2 Refrigeración por aire

Consiste en una serie de conductos por los cuales fluye el aire comprimido y sobre los caudales se hace pasar una corriente forzada de aire frío por medio de un ventilador. Un ejemplo típico se ilustra en la figura 5.16.

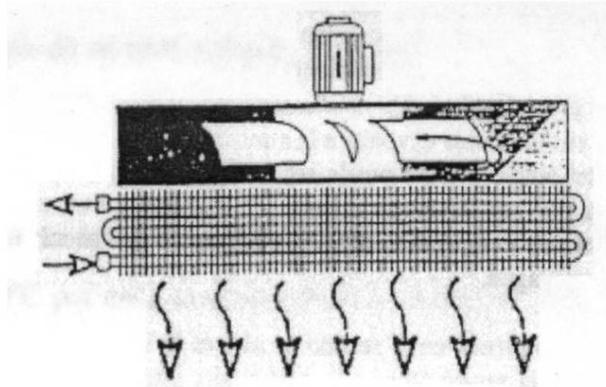


Figura 5.16 Principio de un post-refrigerador refrigerado por aire

La temperatura del aire comprimido refrigerado debe ser de apropiadamente 15°C por encima de la temperatura del aire de refrigeración.

5.6.3 Refrigeración por agua

Se trata esencialmente de un revestimiento de acero que aloja unos conductos en los que el agua circula por un lado y el aire por el otro, normalmente de forma que el flujo de ambos fluidos sea en sentido contrario a través del refrigerador. Este principio se ilustra en la figura 5.17.

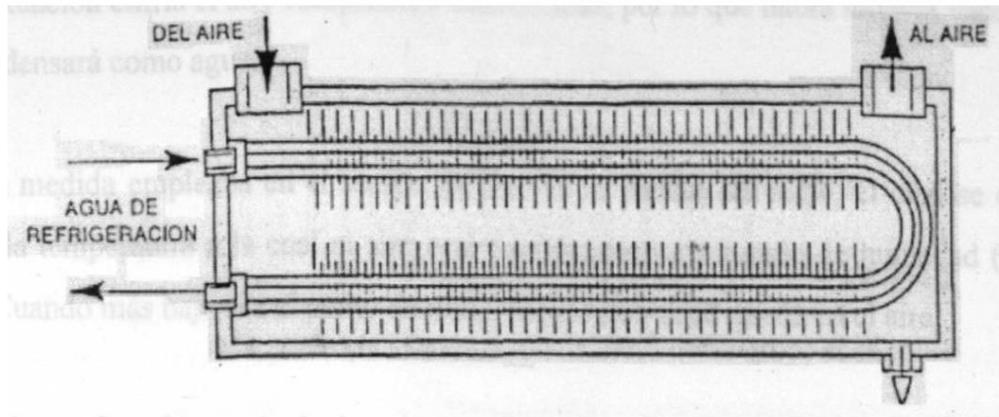


Figura 5.17 Principio de un post-enfriador por agua

Un post enfriador de agua nos asegurará que el aire comprimido descargado estará aproximadamente 10°C por encima de la temperatura del agua de refrigeración.

Una purga automática acoplada o integrada, en el post enfriador quita el condensado acumulado.

Los post enfriadores podrían estar equipados con una válvula de seguridad, un manómetro y se recomienda que se incluyan termómetros tanto para el aire como para el agua.

5.7 Secadores de aire

Los post enfriadores enfrían el aire hasta unos 10 o 15°C por encima del medio refrigerante. El control y operación de los elementos de un sistema neumático serán normalmente a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C). Esto nos puede hacer pensar que no se precipitaron ningún condensado más y que la humedad remanente es expulsada con el aire de salida de vuelta a la atmósfera. A menudo, la temperatura circundante con el caudal pasa por las líneas de tuberías, por ejemplo durante la noche.

Esta situación enfría el aire comprimido todavía más, por lo que habrá todavía vapor que se condensará como agua.

La medida empleada en el secado de aire en la bajada del rocío, el cual se define como la temperatura a la cual el aire está completamente saturado de humedad (100% h.r.). Cuando más bajo sea el punto de rocío, menos humedad queda en el aire.

Existen dos tipos principales de secadores de aire disponibles que operan por procesos de absorción, adsorción o refrigeración.

5.7.1. Secado por absorción (Secado coalescente)

El aire comprimido es forzado a través de un agente secante, yeso deshidratado o cloruro de magnesio que contiene en forma sólida cloruro de litio o cloruro de calcio, el cual reacciona con la humedad para formar una solución que es drenada desde el fondo de la cisterna.

El agente secante debe ser refrigerado a intervalos regulares ya que el punto de rocío se eleva en función del consumo de sales durante el funcionamiento; de todas formas a presiones de 7 bar, son posibles puntos de rocío de 5°C.

Las principales ventajas de este método son su bajo costo inicial y de funcionamiento, por el contrario la temperatura de entrada no debe exceder de 30 °C, los productos químicos implicados son altamente corrosivos, necesitando un filtrado cuidadosamente comprobado para asegurar que ninguna fina partícula corrosiva sea arrastrada al sistema neumático.

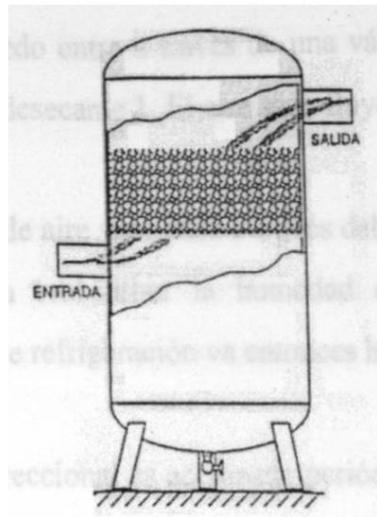


Figura 5.18 Principio del secador de aire por absorción

5.7.2. Secado por absorción (deseccante)

En una cámara vertical está contenido un producto químico tal como la sílica gel o la alumina activada en forma granular, para que, por métodos físicos, absorba la humedad del aire comprimido que pasa a través de él. Cuando el agente secante se satura es regenerado mediante secado previamente, ver esquema 5.19.

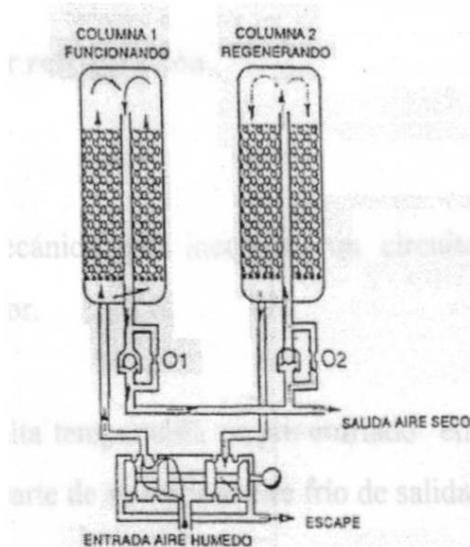


Figura 5.19 Principio del secador de aire por absorción regenerado por pérdida de calor