

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

En esta presentación se incluye un listado de problemas en el orden en el que se pueden resolver siguiendo el desarrollo de la teoría. Es trabajo del alumno resolverlos y comprobar la solución

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética
Area: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO renedoc@unican.es
INMACULADA FERNANDEZ DIEGO fernandei@unican.es
JUAN CARCEDO HAYA juan.carcedo@unican.es
FELIX ORTIZ FERNANDEZ felix.ortiz@unican.es

Introducción a la Neumática y la Hidráulica

1.- Neumática Industrial

- 1.1.- Tratamiento de Aire
- 1.2.- Generación y Distribución de Aire
- 1.3.- Actuadores Neumáticos
- 1.4.- Válvulas Distribuidoras
- 1.5.- Regulación, Control y Bloqueo
- 1.6.- Detectores de Señal
- 1.7.- Control de Actuadores
- 1.8.- Diseño de Circuitos
- 1.9.- Ciclos de Operación
- 1.10.- Marcha-Paro
- 1.11.- Eficiencia Energética
- 1.12.- Electro-Neumática
- 1.13.- Cilindros Eléctricos

2.- Hidráulica Industrial

0.- Simbología Neumática e Hidráulica

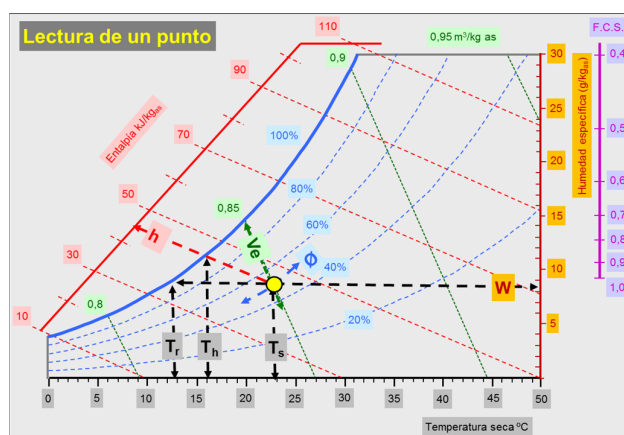
- Humedad del Aire
- Calidad del Aire
- Tratamiento del Aire
- Reguladores de Presión

Humedad del Aire (I)

El aire atmosférico contiene humedad ambiente (*Diagrama Psicrométrico*)

Aire Saturado: aire que contiene toda la humedad posible, si se añade más agua esta condensa; la cantidad de agua depende de las condiciones del aire

- **Humedad Absoluta** (W): Cantidad de agua contenida por m^3 de aire
- **Humedad Relativa** (HR): porcentaje de humedad del aire sobre la humedad máxima
- **$T_{rocío}$** : Temperatura por debajo de la cual la humedad ambiente empieza a condensar

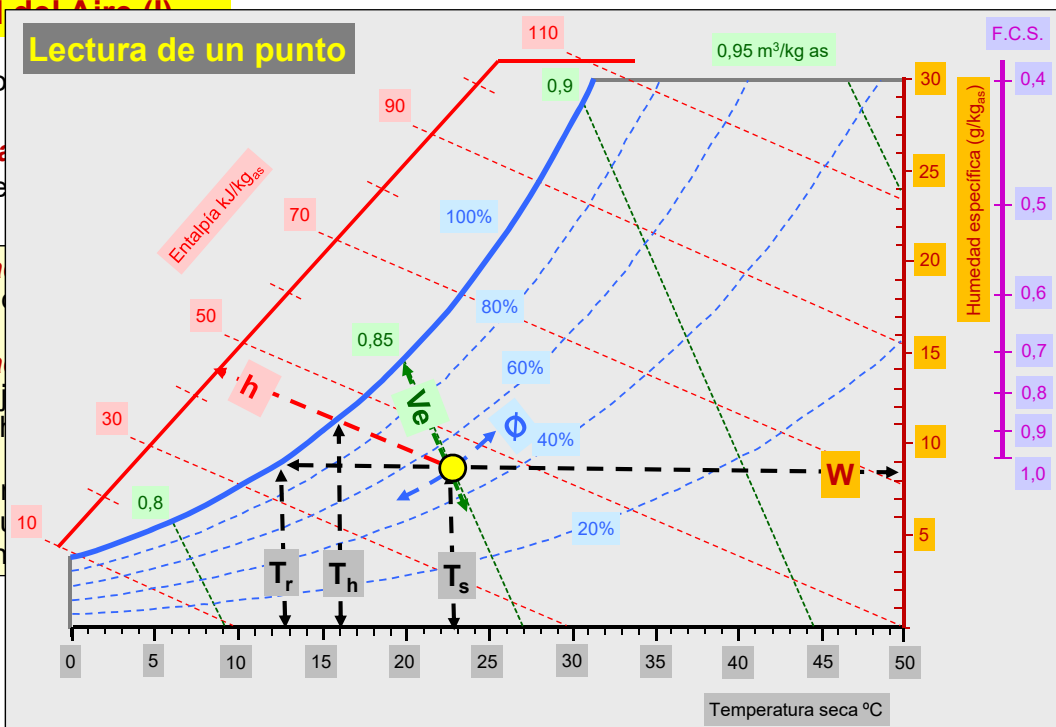


Humedad del Aire (I)

El aire atm

Aire Saturado
conden

- **Humedad** de agua
- **Humedad** porcentaj sobre la
- **T_{rocio}**: Tem cual la h a conden



Humedad del Aire (II)

Termómetros:

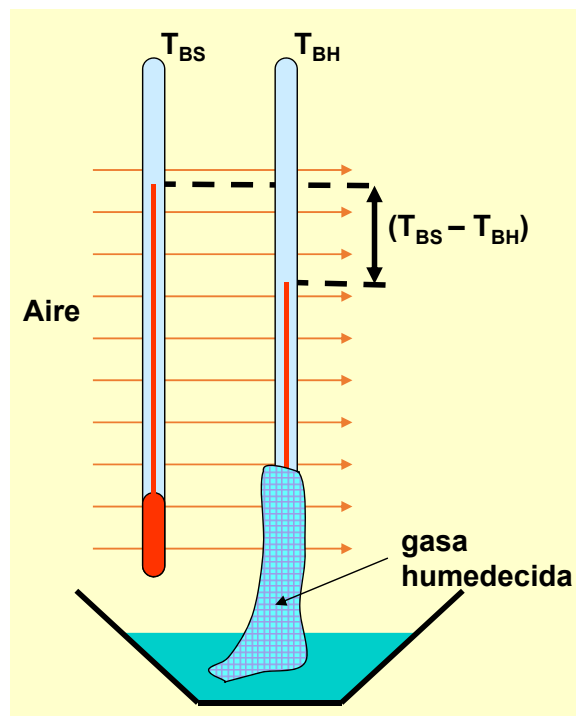
- **Temperatura de bulbo seco**, T_{BS} (T_{aire})
- **Temperatura de bulbo húmedo**, T_{BH} (T_{agua})

$T_{BS} = T_{BH} \Rightarrow$ aire saturado

$T_{BS} > T_{BH} \Rightarrow$ aire no saturado

$(T_{BS} - T_{BH})$ en tablas \rightarrow HR

- { Si $(T_{BS} \gg T_{BH}) \Rightarrow$ HR baja
- { Si $(T_{BS} \approx T_{BH}) \Rightarrow$ HR alta

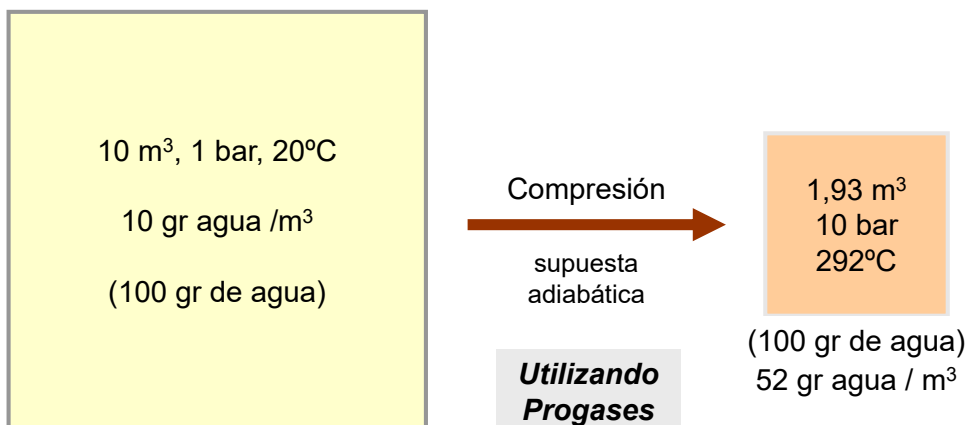


Humedad del Aire (III)

La cantidad de agua que es capaz de contener 1 m³ de aire es función de su temperatura, y no de su presión

$$W_{\max} = f(T)$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Al comprimir el aire } \downarrow V \Rightarrow \text{HR } \uparrow \\ \text{Al comprimir el aire } \uparrow T \Rightarrow \text{HR } \downarrow \end{array} \right. \leftarrow \text{Predominante}$

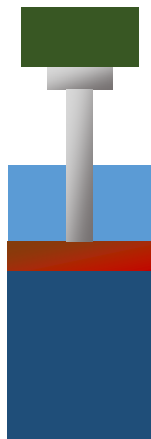


En la cámara del cilindro de un compresor hay 1 litro de aire (P_{atm}). Que presión se crearía si se redujera el volumen lentamente hasta 0,1 litros

En un acumulador de 100 litros el manómetro marca 10 bar cuando la T es de 20°C. Que presión marcará si la T sube a 35°C

En un acumulador de 100 litros el manómetro marca 10 bar cuando la T es de 100°C. Que presión marcará si la T baja a 20°C

Un cilindro vertical que soporta una masa de 70 kg, contiene en su cámara un volumen de 5 litros de aire a 20°C. Cuanto se eleva la masa si su temperatura asciende a 50°C. (sección del cilindro 10 cm²)



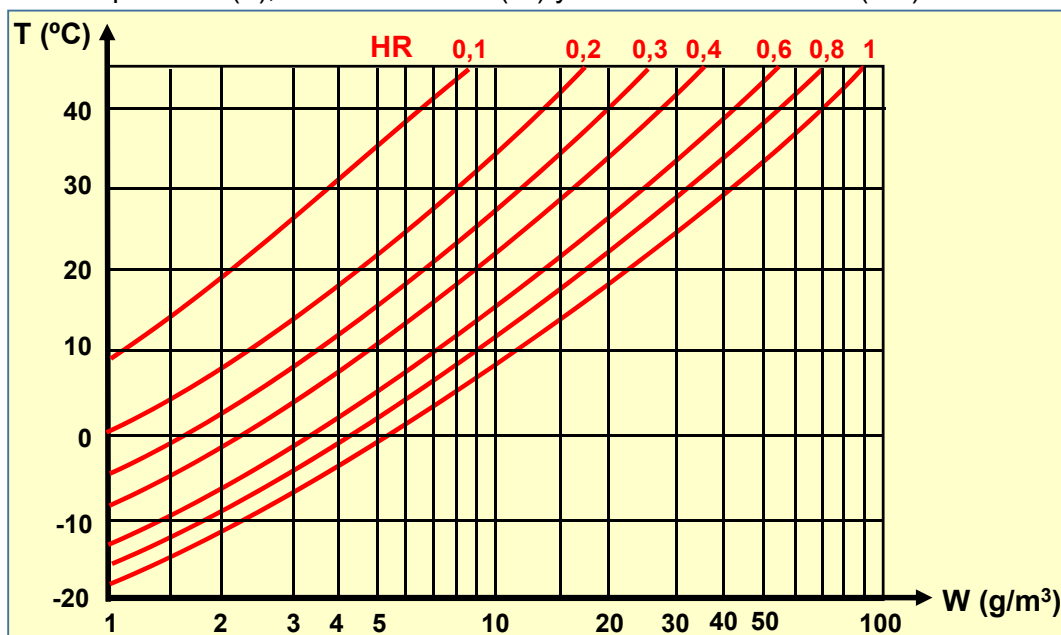
11

El émbolo de un compresor aspira 1 litro de aire atmosférico a 20°C. Cuando el volumen se ha reducido a 0,25 litros se abre la válvula de impulsión y el aire va hacia un acumulador, ¿a que presión relativa es impulsado, ¿a que T (suponer sin intercambio de calor)?, ¿qué presión habrá después de llenar un acumulador de 50 litros si se refrigera a 25°C?

12

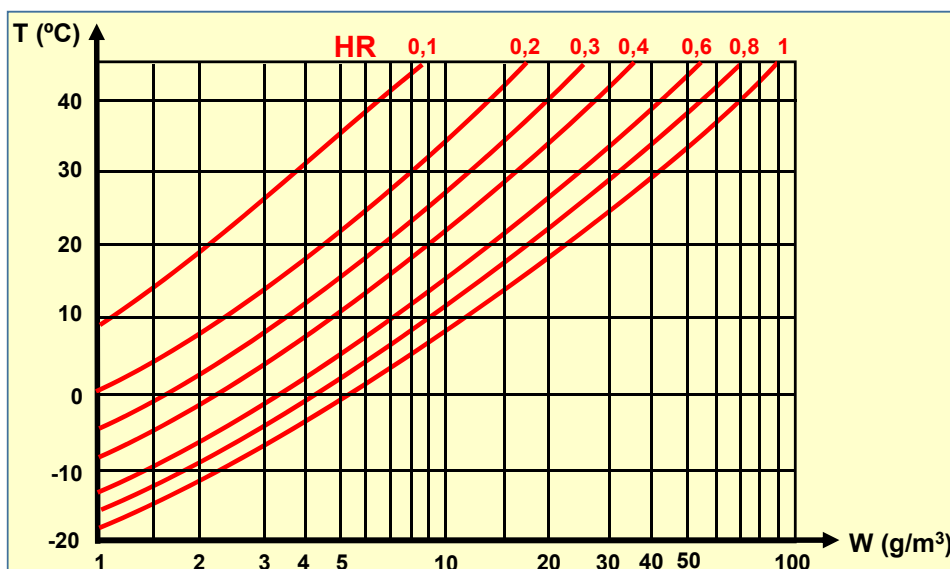
Humedad del Aire (IV)

Relación de la Temperatura (T), la Humedad del (W) y la Humedad Relativa (HR) del aire



13

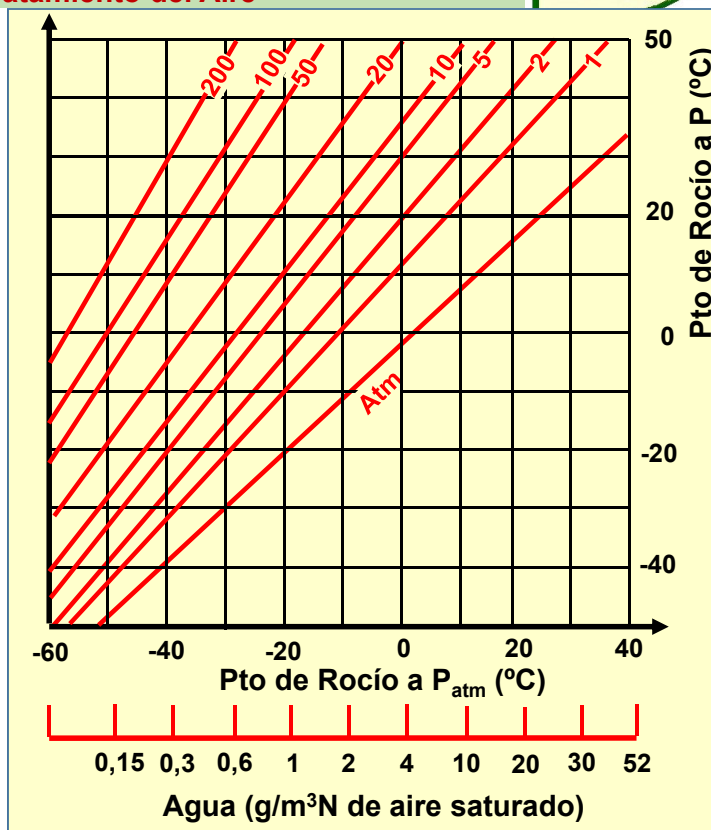
Un compresor aspira 6 m³/min de aire a 20°C y un 60% de HR. Si el aire en la instalación está a 6 bar y 30°C, calcular la cantidad de agua que condensa al cabo de 8 h de trabajo



14

Humedad del Aire (VII)

Relación del Pto de Rocío con la presión del Aire



Humedad del Aire (VII)

Relación del Pto de Rocío con la presión del Aire

P_{atm} , el aire con $18 \text{ gr/m}^3 \Rightarrow T_R = 15^\circ\text{C}$

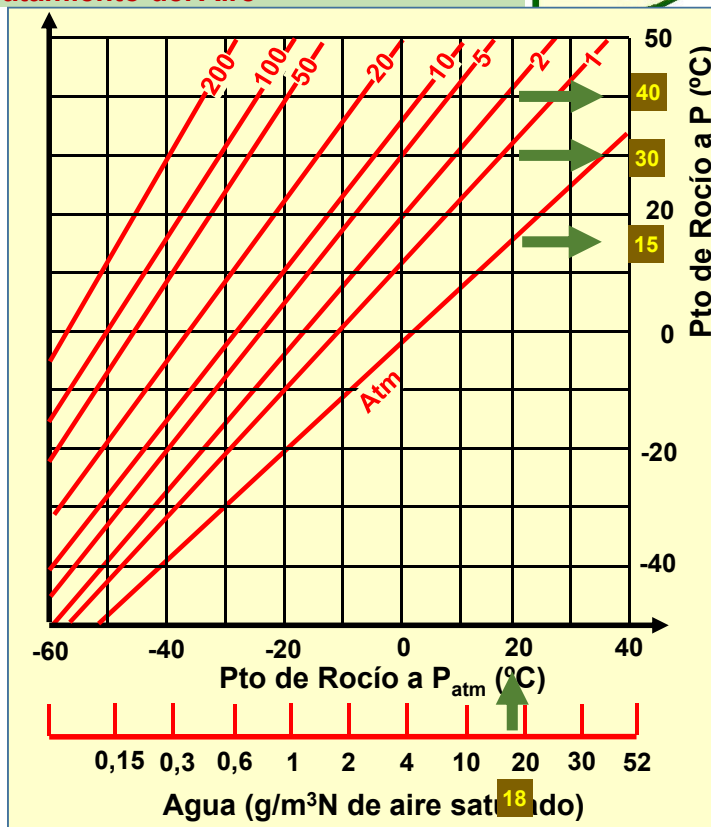
$P_{man} = 1 \text{ bar} \Rightarrow T_R = 30^\circ\text{C}$

$P_{man} = 2 \text{ bar} \Rightarrow T_R = 40^\circ\text{C}$

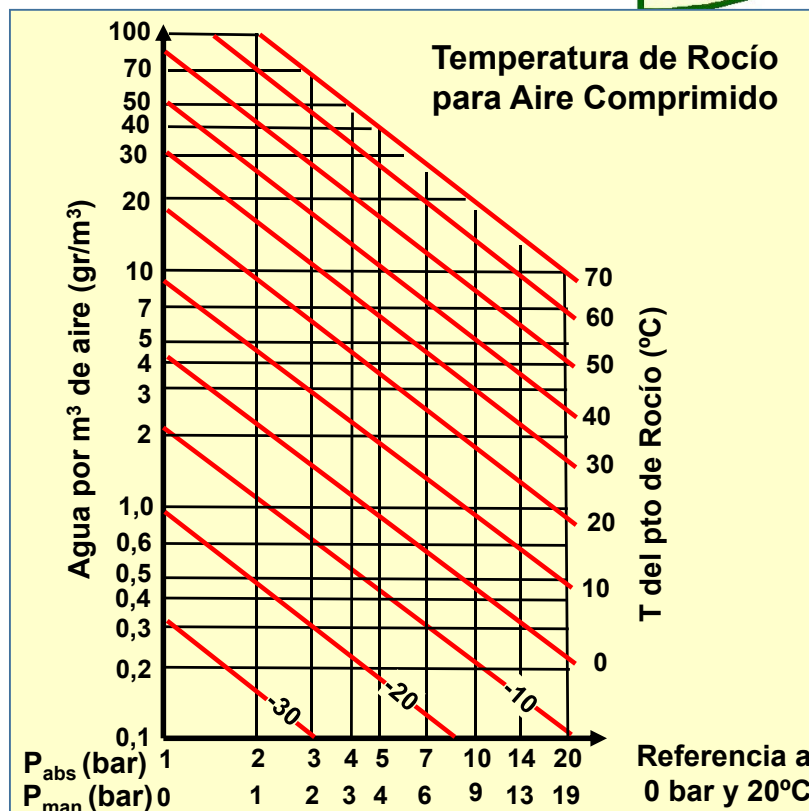
$\text{Al } \uparrow P \Rightarrow \uparrow T_R$

es más fácil que condense la humedad (es más fácil estar debajo de 40 que de 30°C)

El agua es perjudicial en la instalación; hay que eliminarla



Humedad del Aire (VIII)



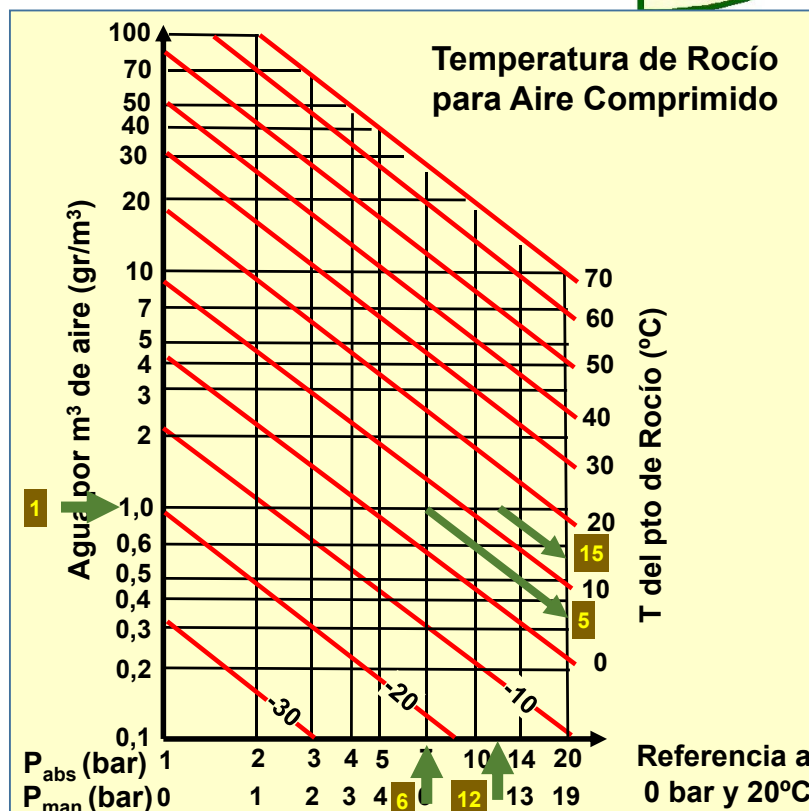
Humedad del Aire (VIII)

aire con 1 gr/m³

a 6 bar_{man} → T_r = 5°C

a 12 bar_{man} → T_r = 15°C

Un aumento de presión implica un aumento de la T_{rocío}



Calidad del Aire (I)

Aire atmosférico, además de humedad, **contiene partículas sólidas en suspensión** con diámetros entre 0,001 y 100 μm

Al compresor le entran del orden de 122,5 millones de partículas submicrónicas por metro cúbico de aire

Después de la compresión a 7 bar se tienen 857,5 millones/ m^3

En el compresor el aire puede “lubricarse”, y formar un aerosol (0,01 a 0,8 micrones), que no puede separarse por filtros cerámicos o centrifugación

En función de la aplicación, **el aire necesita una determinada pureza, que queda clasificada según norma**

19

Calidad del Aire (II)

ISO8573.1 : 2001 (E)

CALIDAD	PARTÍCULAS SÓLIDAS Número máximo de partículas por m^3			AGUA Punto de rocío $^{\circ}\text{C}$ (ppm.vol.) a 7 bar man.	ACEITE (incluye vapor) mg/m^3
	0.1-0.5 μm	0.5-1.0 μm	1.0-5.0 μm		
1	100	1	0	-70 (0.3)	0,01
2	100.000	1.000	10	-40 (16)	0,1
3	-	10.000	500	-20 (128)	1
4	-	-	1.000	+3 (940)	5
5	-	-	20.000	+7 (1240)	-
6	-	-	-	+10 (1500)	-

20

Calidad del Aire (III)

ISO8573.1

CALIDAD	PARTÍCULAS SÓLIDAS		AGUA	ACEITE
	Máximo tamaño μm	Máx. Concen. mg/m^3	Punto de rocío ($^{\circ}\text{C}$)	Máx. Concen. mg/m^3
1	0,1	0,1	-70	0,01
2	1	1	-40	0,1
3	5	5	-20	1
4	15	8	+3	5
5	40	10	+7	>5
6	-	-	+10	-
7	-	-	-	-

21

Tratamiento del Aire (I)

El aire contiene **impurezas** (óxidos, virutas, ...) y **humedad**, que son perjudiciales para los dispositivos de la instalación

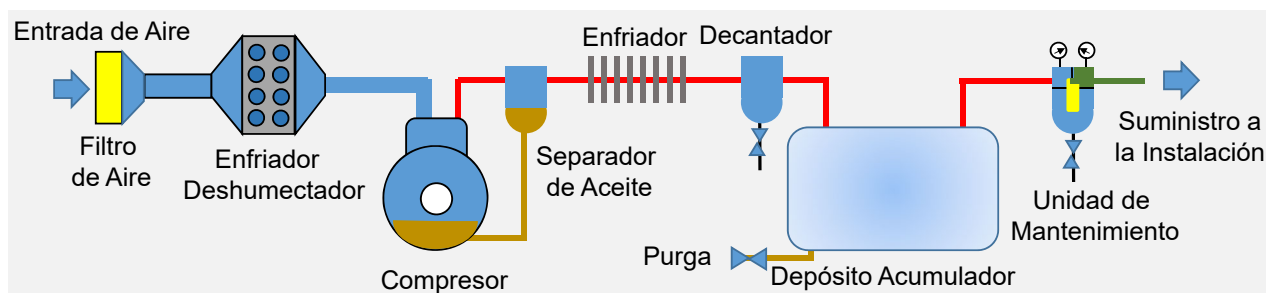
En la **toma de aire** (aspiración del compresor) hay que instalar un **filtro grueso**

Se puede disponer un **enfriador de aire**, mejora el rendimiento del compresor, y seca el aire

Si la compresión es por etapas se debe instalar una **refrigeración intermedia**

En la salida del compresor se instala una **unidad de refrigeración**, un **depósito de purga** de condensados, y el **depósito acumulador**

Finalmente se instala una **unidad de mantenimiento: filtro, regulador de presión y lubricador** (en deshuso, los nuevos elementos neumáticos no lo necesitan)



22

Tratamiento del Aire (II)

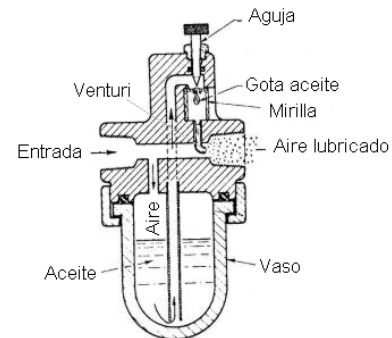
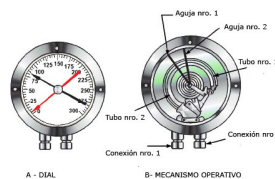
Filtro de aire: Retiene partículas sólidas y agua condensada (cambio de dirección, choque, centrifugado, filtro; purga)
Presión y Tª máxima admisible
Filtros secadores: material adsorbente



Regulador de presión: consigue P estable en la instalación (la P del compresor es mayor que la de uso, el acumulador y el regulador reducen el nº de arranques del compresor)
Resortes y membranas

Manómetro

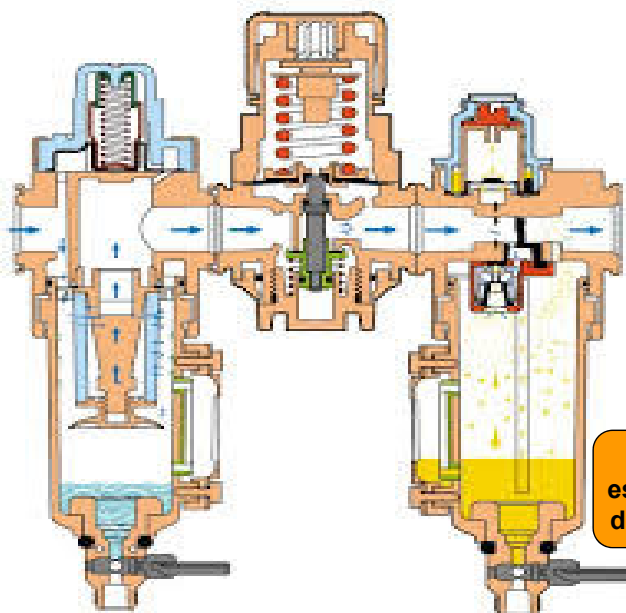
<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica34.htm>



Lubricadores: disminuir el desgaste de las partes móviles
Fina niebla de aceite en el aire comprimido (efecto Venturi)

Tratamiento del Aire (III)

Unidad de Mantenimiento



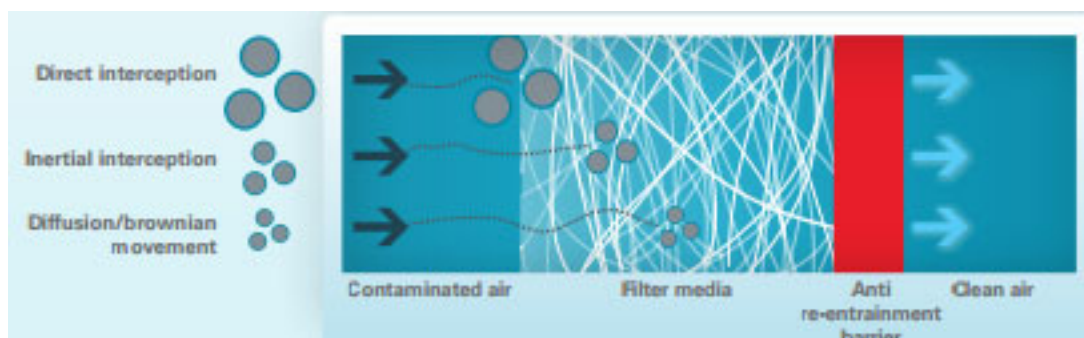
La lubricación sólo se emplea para:

- Cilindros de alta velocidad (>1,5 m/s)
- Cilindros grandes (Ø > 125 mm)
- Máquinas antiguas

Si se lubrica hay que tener cuidado con el aire de escape, ya que contiene aceite, que contamina el aire del local, y en determinadas condiciones puede arder

Tratamiento del Aire (IV)

Filtros (I)



http://www.atlascopco.com/microsites/images/leaflet%20compressed%20air%20filters_tcm487-1045690.pdf

Exigencias:

- pequeña pérdidas de carga
- gran duración
- fácil cambio o mantenimiento
- protección absoluta del equipo (sin productos corrosivos)

Etapas:

1. Prefiltro, 98% efic. 10 μm
2. Paneles específicos
3. Filtro 98% efic. 4 μm
4. Filtro final 99.7% efic. 2 μm

25

Tratamiento del Aire (IV)

Filtros (II)

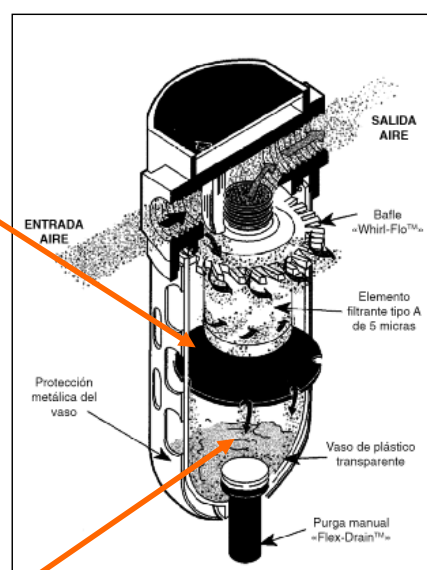
Los **filtros estándar** van equipados:

- **Deflector centrífugo**: separa mecánicamente la mayor parte de los contaminantes, que caen en la zona inferior al pasar a través de las aberturas existentes en el deflector-separador inferior

Los condensados decantan en el fondo, donde se extraen manual o automáticamente

(retiene más del 99% de retención del agua)

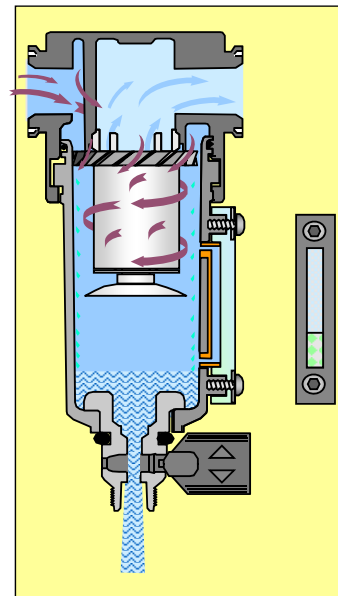
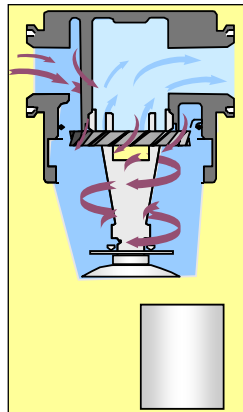
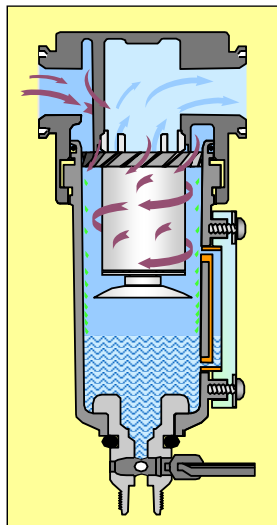
- **Elemento filtrante** de plástico sinterizado de 5 micras de porosidad. Retiene en su superficie (fácil limpieza) gran cantidad de contaminantes sin una caída de presión significativa



<http://www.elion.es/descargar/catalogos/catalogos-representadas/catalogos-pdf/wilkersonG.pdf>

Tratamiento del Aire (IV)

Filtros (III)



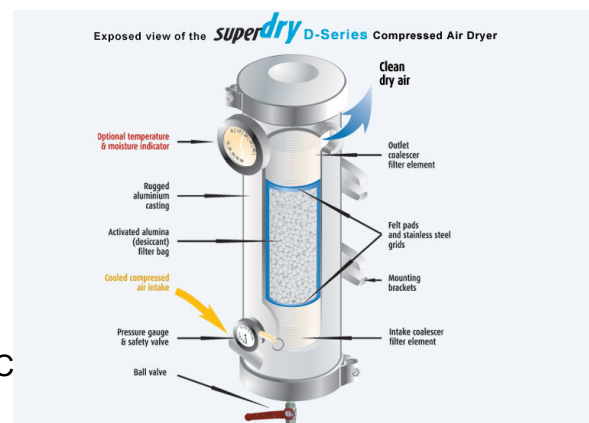
27

Tratamiento del Aire (V)

Filtros Secadores (I)

• **Por adsorción:**

- Caudal 5 –12 l/s
- Presión de trabajo hasta 10,5 bar
- Temperatura de trabajo hasta 32°C
- Carga adsorbente de gel de sílice
- Vaso de policarbonato transparente
- Brida de desmontaje rápido
- Protección del vaso en chapa perforada
- Punto de rocío a presión atmosférica -43°C
- Temperatura de regeneración +178°C



<http://www.pneumac.qc.ca/catalogues/SuperDry/PDF/FlyerFax.pdf>

28

Tratamiento del Aire (V)

Filtros Secadores (II)

• **Por membrana:**

Esquema del secador de membrana

A: Cabezal (entrada / salida)

B: Caja del filtro

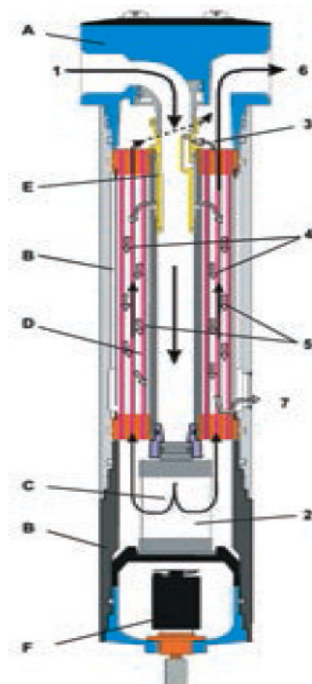
C: Nanofiltro

D: Elemento de membrana con tubo central

E: Tobera con adaptador

F: Purgador de flotador

- (1) El aire comprimido húmedo entra por el cabezal (A) y fluye a través del tubo central (D).
- (2) El nanofiltro (C) extrae partículas y aerosoles. El condensado separado se drena (F). El aire comprimido húmedo fluye por el interior de la membrana.
- (3) Una parte del aire comprimido se desvía y se expande en la tobera (E).
- (4) Este aire de barrido seco se conduce a través de la cara exterior de las membranas (D).
- (5) Es decir por el interior pasa el aire comprimido húmedo y por el exterior el aire de barrido seco. Debido a la diferencia de humedad se difunde humedad del aire comprimido al aire de barrido.
- (6) El aire comprimido seco sale.
- (7) El aire de barrido accede al ambiente.



[http://support.boge.com/www/support/prospekte.nsf/59EC9E4A185B539CC1257B1F0054064F/\\$file/369_ES_Dryers.pdf](http://support.boge.com/www/support/prospekte.nsf/59EC9E4A185B539CC1257B1F0054064F/$file/369_ES_Dryers.pdf)

Tratamiento del Aire (V)

Filtros Secadores (II)

• **Por membrana:**

El vapor se difunde hacia el exterior a través de la membrana
En la salida el aire se expande y la humedad condensa bruscamente

Presión máxima de entrada 10,5 bar

Presión mínima de entrada 4,1 bar

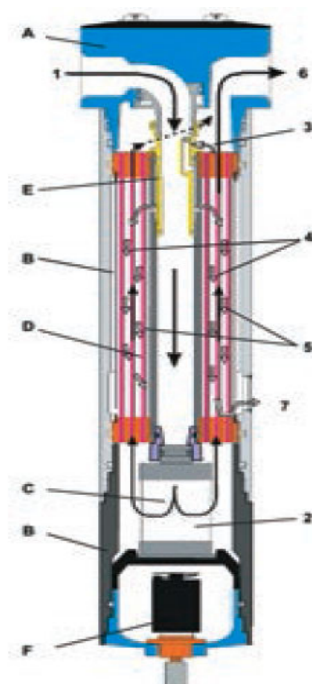
Temperatura de trabajo hasta 52°C

Calidad requerida para el aire a la entrada: ISO Clase 1,-,1**

Relación de aire usado para purga 20%

Punto de rocío a presión atmosférica -20°C

Prefiltro submicrónico recomendado



[http://support.boge.com/www/support/prospekte.nsf/59EC9E4A185B539CC1257B1F0054064F/\\$file/369_ES_Dryers.pdf](http://support.boge.com/www/support/prospekte.nsf/59EC9E4A185B539CC1257B1F0054064F/$file/369_ES_Dryers.pdf)

Tratamiento del Aire (VI)

Filtros Submicrónicos (I)

• **Coalescente**

Están diseñados para la **separación de partículas sólidas, agua y aerosoles de aceite** por debajo de 0.01 micras

El máximo contenido de aceite remanente en el aire saliente del filtro es por debajo de 0.01 ppm a 21°C y una presión de 7 bar

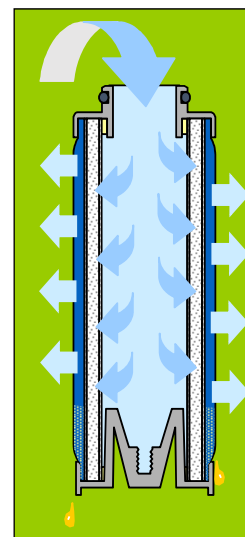
El aire entra al interior del elemento filtrante y fluye a través de:

- una pantalla perforada de acero inoxidable
- una capa de microfibras (filtrante)
- una cubierta de plástico esponjoso (aglutinador)

Las partículas de gran tamaño caen al fondo del vaso. La extracción de los condensados se realiza con purga automática por flotador

La duración del elemento filtrante es limitada, **se recomienda la instalación previa de un filtro estándar** para alargar la vida

Un indicador de presión diferencial sirve para saber el estado de saturación del elemento



31

Tratamiento del Aire (VI)

Filtros Submicrónicos (II)

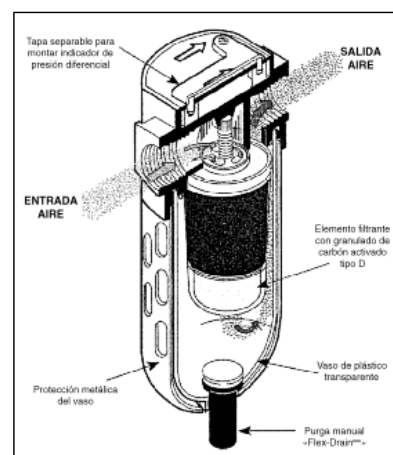
• **Carbono activo, desecante**

El aire proporcionado por estos filtros **es muy limpio con bajo contenido de aceite** (inferior a 0,003 ppm a 20°C y 7 bar de presión)

El aire comprimido después de pasar por un filtro submicrónico, todavía puede contener vapores de aceite y/o olores relacionados con el vapor de aceite de engrase del compresor

El elemento filtrante posee un granulado de carbón activado, soportado por microfibras neutras de borosilicato estratificado. En los elementos de tamaños menores, el granulado de carbón activado está contenido dentro de una cápsula de plástico con insertos de filtro en plástico poroso

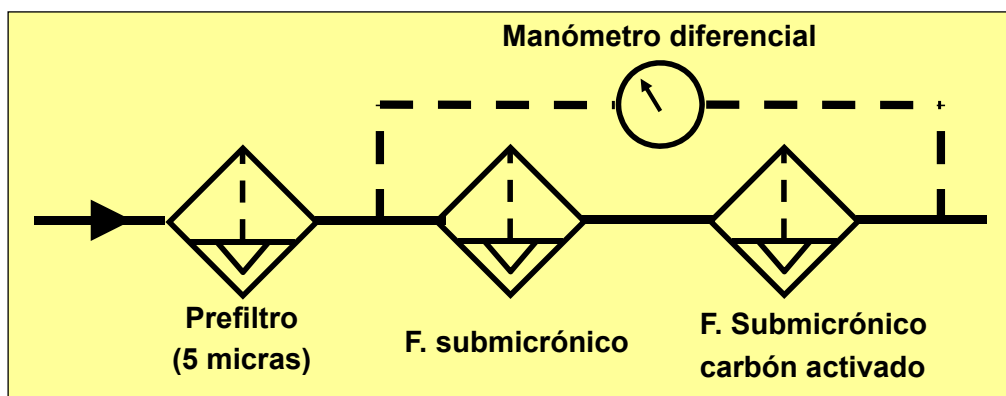
El elemento filtrante solo puede retener partículas gaseosas secas. **Si el flujo del aire transporta líquidos pierde su eficacia**, por lo que estos filtros se deben instalar a continuación de un filtro submicrónico



Tratamiento del Aire (VI)

Filtros Submicrónicos (II)

• **Instalación:**



Tratamiento del Aire (VII)

Filtros de Aceite

Eficiencia entre el 98 y 99% con partículas entre 10 y 50 μm



<http://www.valin.com/Newsletters/2012/November/Life-Science/Parker-Domnick-Hunter-Oil-X-Air-Filters.PDF>

Tratamiento del Aire (VIII)

Lubricadores (I)

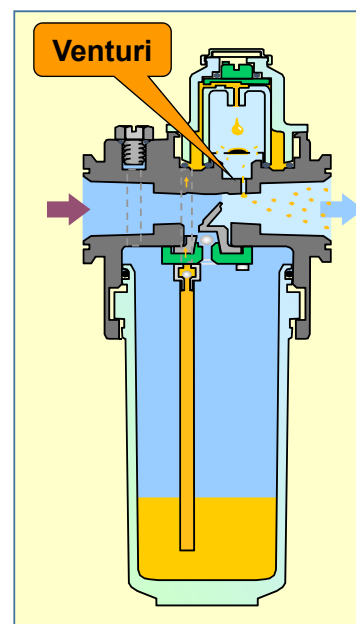
Aseguran un contenido elevado de **macropartículas de aceite suspendidas dentro del flujo del aire comprimido**, permitiendo así una adecuada lubricación interna, de los dispositivos accionados con aire comprimido

La lubricación puede considerarse eficaz hasta distancias que rondan los 7 metros, no obstante las partículas de tamaño más pequeño pueden llegar a distancias muy superiores

Una vez ajustada a voluntad la proporción aire/aceite, la pulverización de aceite se regula automáticamente en función de las variaciones de caudal

La lubricación sólo se emplea para:

- Cilindros de alta velocidad (>1,5 m/s)
- Cilindros grandes ($\varnothing > 125$ mm)
- Máquinas antiguas



35

Tratamiento del Aire (VIII)

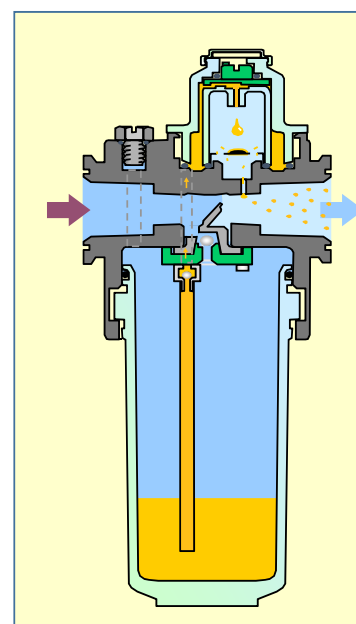
Lubricadores (II)

El aceite tiene en el depósito la misma presión de la entrada a través de una válvula de presurización

La diferencia de presión entre la entrada y la salida, creada al circular el aire, obliga al aceite a ascender a través del filtro y tubo sifón y caer por el goteador

Hay un tornillo de regulación con punta de aguja que permite dosificar, con precisión, la intensidad del goteo, o sea la riqueza de aceite pulverizado en el flujo de aire

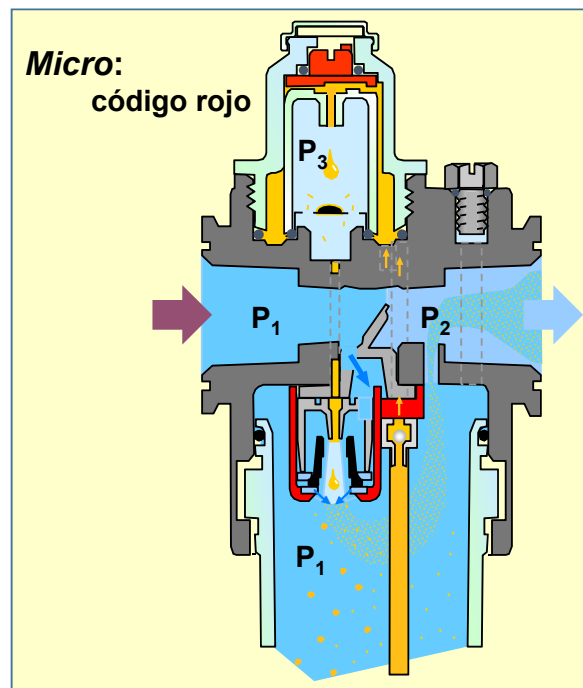
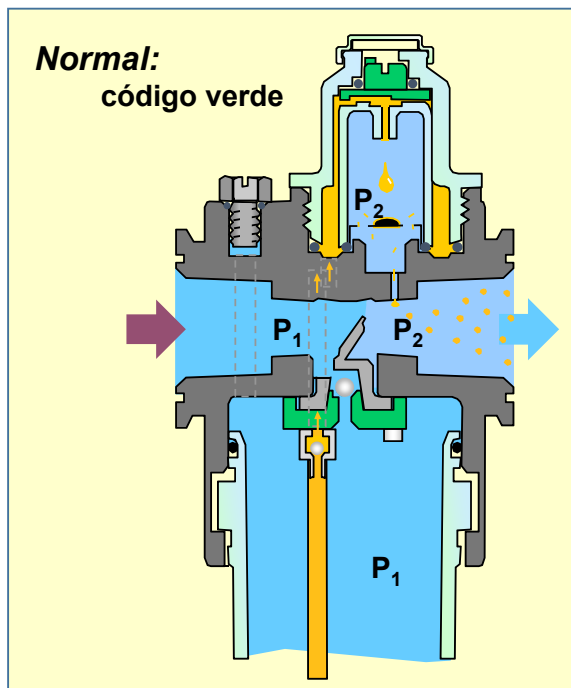
Si se lubrica hay que tener cuidado con el aire de escape, ya que contiene aceite, que contamina el aire del local, y en determinadas condiciones puede arder



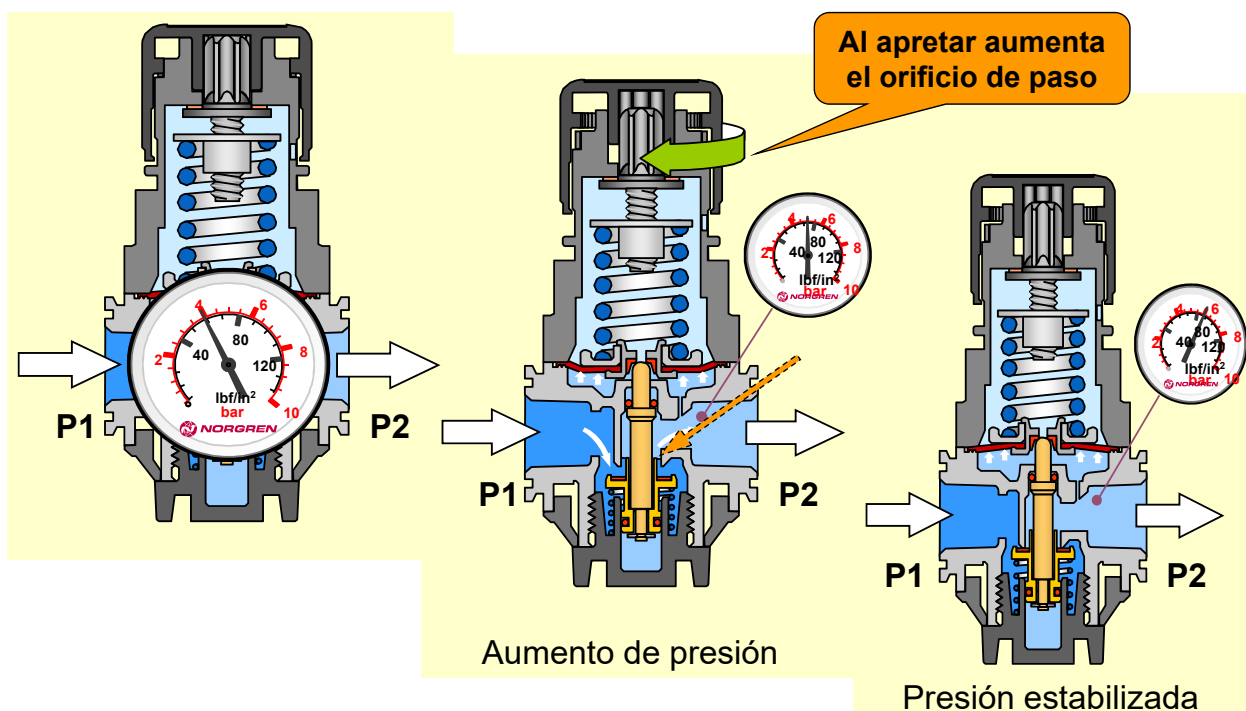
36

Tratamiento del Aire (VIII)

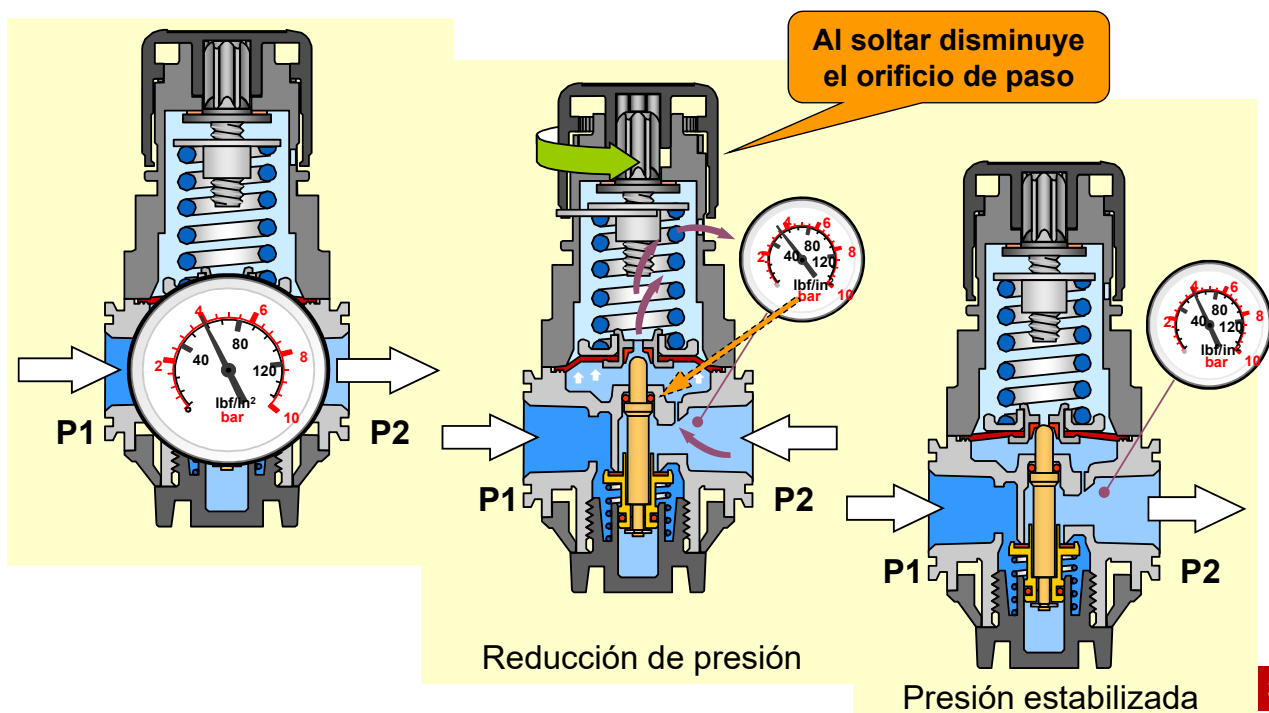
Lubricadores (III)



Reguladores de Presión (I)

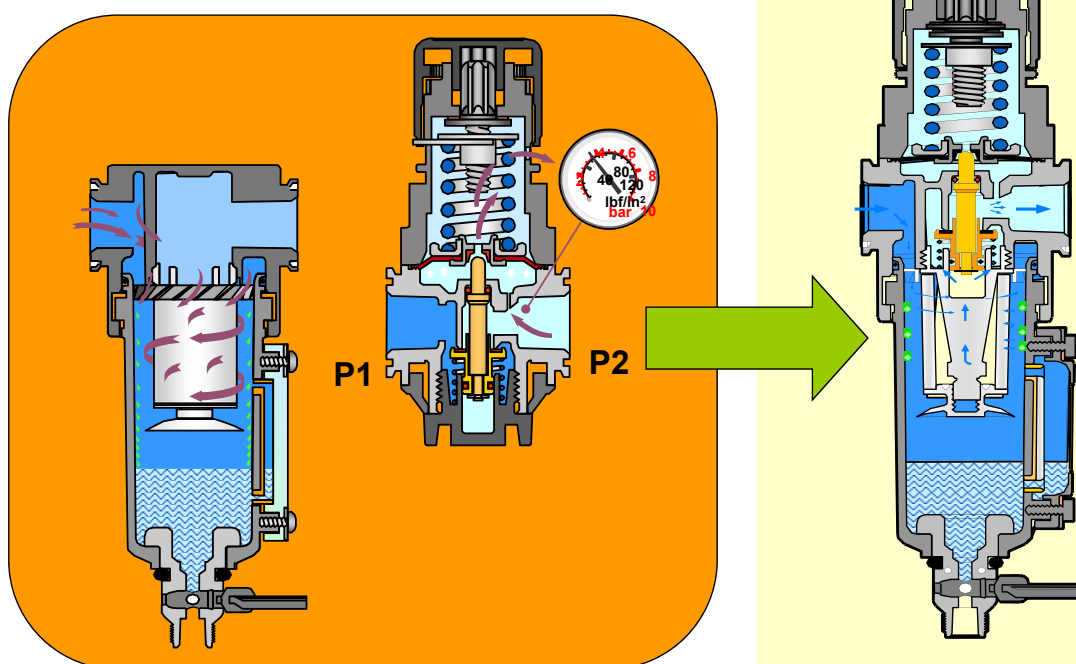


Reguladores de Presión (II)



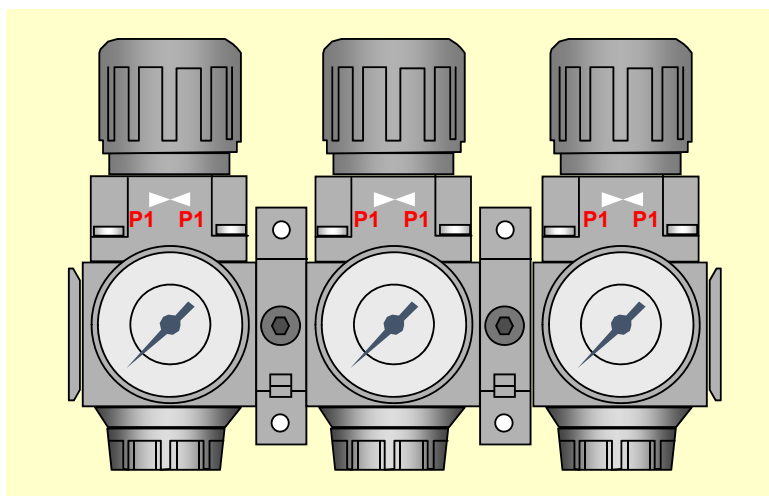
Reguladores de Presión (III)

Con Filtro Incorporado



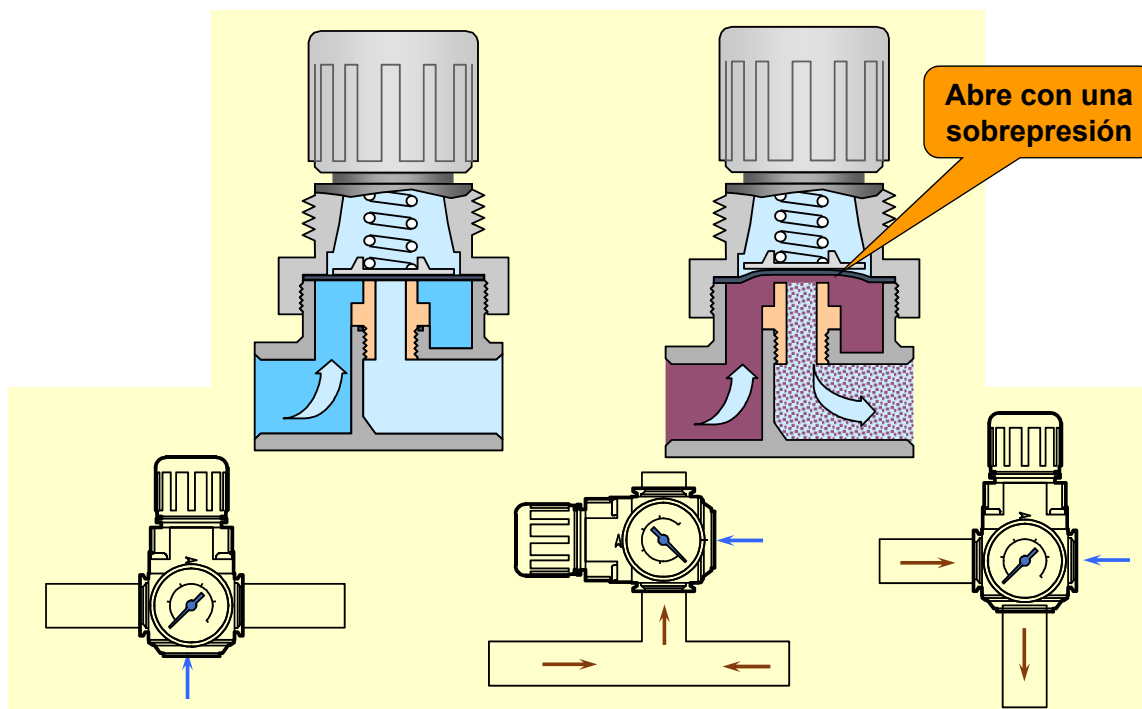
Reguladores de Presión (IV)

Múltiples en Línea



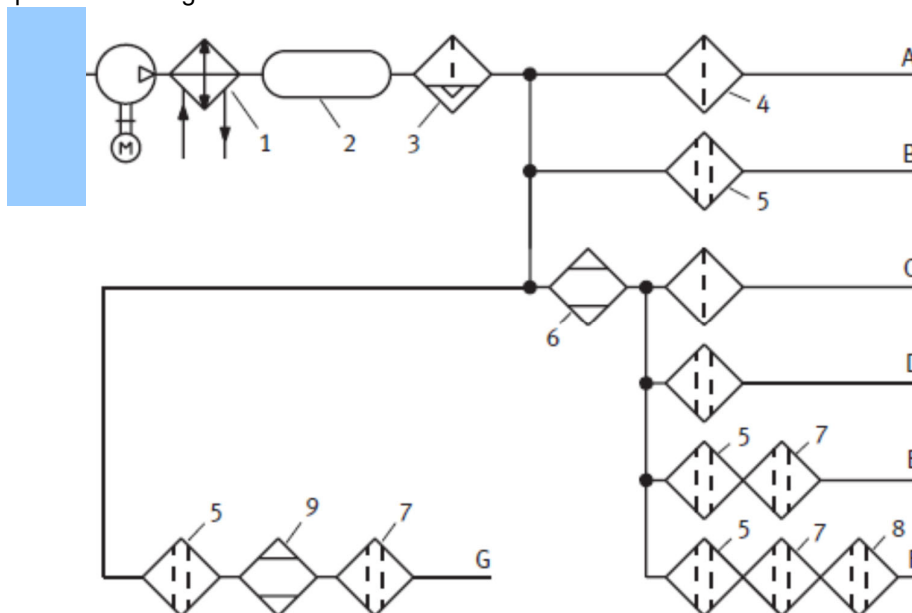
Reguladores de Presión (V)

Válvulas de Alivio -Descarga



Variantes de filtros

- 1 Unidad de refrigeración posterior
- 2 Acumulador
- 3 Filtro del conducto principal con descarga automática
- 4 Filtro estándar
- 5 Microfiltro
- 6 Secador por frío
- 7 Filtro submicrónico
- 8 Filtro de carbón activo
- 9 Secador por absorción



	Tipo de filtro	Campo de aplicación	Función principal
A	Se aceptan ligeras impurezas, humedad y aceite	Accionamiento de mandos de máquinas, sistemas de sujeción, martillos percutores, chorros de aire, aire para taller	Eliminación de impurezas; partículas de polvo superiores a 5 µm; aceite líquido superior a 99%, humedad sobresaturada inferior a 99%
B	Eliminación prioritaria de polvo y aceite, admitiéndose una pequeña cantidad de humedad (que se explica por la diferencia de temperaturas)	Equipos industriales; actuadores neumáticos; juntas metálicas; herramientas; motores	Eliminación de impurezas; partículas de polvo superiores a 0,3 µm; niebla de aceite superior a 99,9%; humedad sobresaturada superior a 99%
C	Tiene prioridad la eliminación de la humedad, aceptándose pequeñas cantidades de aceite y de polvo	Aplicaciones similares a las de A, aunque situación más difícil debido a una mayor diferencia de temperaturas en la red o en las unidades consumidoras; cabinas de pintura; aplicaciones con spray	Eliminación de la humedad y de partículas de polvo superiores a 5 µm; aceite superior a 99%; punto de condensación atmosférico de -17 °C
D	Eliminación necesaria de humedad, polvo y aceite	Técnica de procesos, instrumentos de medición; sistemas sofisticados de aplicación de pintura; refrigeración de material fundido; máquinas de inyección de plásticos	Eliminación de impurezas y humedad; partículas de polvo superiores a 0,3 µm; niebla de aceite superior a 99,9%; punto de condensación atmosférico de -17 °C

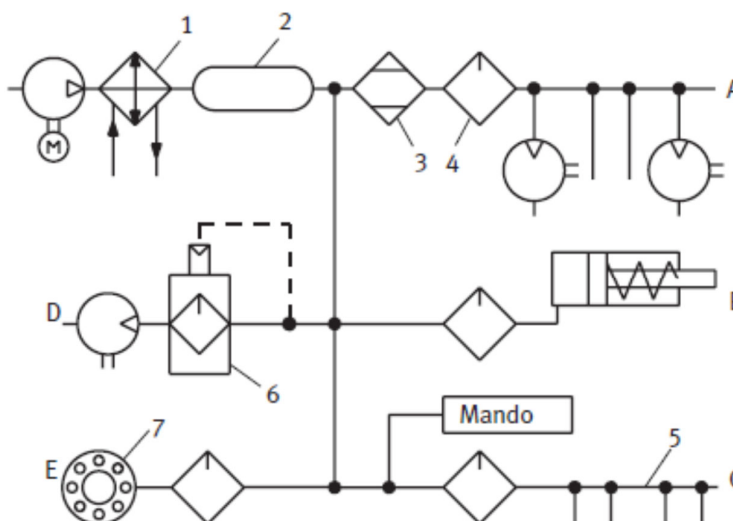


Tipo de filtro	Campo de aplicación	Función principal
E Necesidad de disponer de aire limpio. Eliminación casi total de humedad, polvo y aceite	Instrumentos de medición neumáticos; técnica de fluidos; pintura de aplicación electrostática; secado y limpieza de componentes electrónicos	Eliminación de impurezas y humedad; partículas de polvo superiores a $0,01\mu\text{m}$; niebla de aceite superior a 99,9999%; punto de condensación atmosférico de $-17\text{ }^\circ\text{C}$
F Necesidad de disponer de aire extremadamente limpio. Eliminación casi completa de humedad, polvo, aceite y olor	Industria farmacéutica y alimentaria (embalaje, secado, transporte, preparación de alimentos); aplicaciones de técnica médica; trabajos de sellado y emplomado	Eliminación de todas las impurezas y sustancias odoríferas; partículas de polvo superiores a $0,01\mu\text{m}$; niebla de aceite superior a 99,9999%; punto de condensación atmosférico de $-17\text{ }^\circ\text{C}$
G Necesidad prioritaria de un bajo punto de condensación y aire prácticamente exento de polvo y aceite	Procesos de secado en electrónica almacenamiento de productos farmacéuticos; instrumentos de medición de la marina; transporte de material en polvo	Eliminación de todas las impurezas, humedad y vapores; partículas de polvo superiores a $0,01\mu\text{m}$; niebla de aceite superior a 99,9999%; punto de condensación atmosférico inferior a $-30\text{ }^\circ\text{C}$
	material fundido; máquinas de inyección de plásticos	superior a 99,9%; punto de condensación atmosférico de $-17\text{ }^\circ\text{C}$



Tipos y aplicaciones de lubricadores

- 1 Unidad de refrigeración
- 2 Acumulador
- 3 Lubricador de presión diferencial
- 4 Lubricador estándar
- 5 Lubricador múltiple
- 6 Lubricador por impulsos
- 7 Microlubricador



Aplicación	Campos de aplicación (Ejemplos)	Función principal
A Necesidad de disponer de modo continuo de una niebla de aceite. Tuberías de 150 m o más. Lubricación de una gran cantidad de unidades consumidoras, sin sobrelubricación	Herramientas neumáticas en líneas de montaje; controles neumáticos; líneas de transporte de piezas, soldadura, prensas; grupos de máquinas	Alimentación de una gran cantidad de unidades consumidoras a grandes distancias, niebla de aceite superior a 2 μm ; buenas características de transporte en tuberías de 150 m o más; se recomienda la instalación por encima de las unidades consumidoras; las derivaciones no ocasionan problemas; transporte continuo del aceite en cantidades entre 7 hasta 12 mg/m^3
B Para todas las aplicaciones estándar que no exigen la observación de requisitos especiales. En principio, para lubricación de unidades individuales; distancias reducidas	Herramientas, actuadores neumáticos, unidades de mando	Alimentación de aire comprimido lubricado en unidades individuales. Niebla de aceite entre 4 y 10 μm . Transporte satisfactorio hasta 6 m; instalación obligatoria encima de las unidades consumidoras; transporte del aceite en cantidades entre 15 hasta 25 mm^3/gota

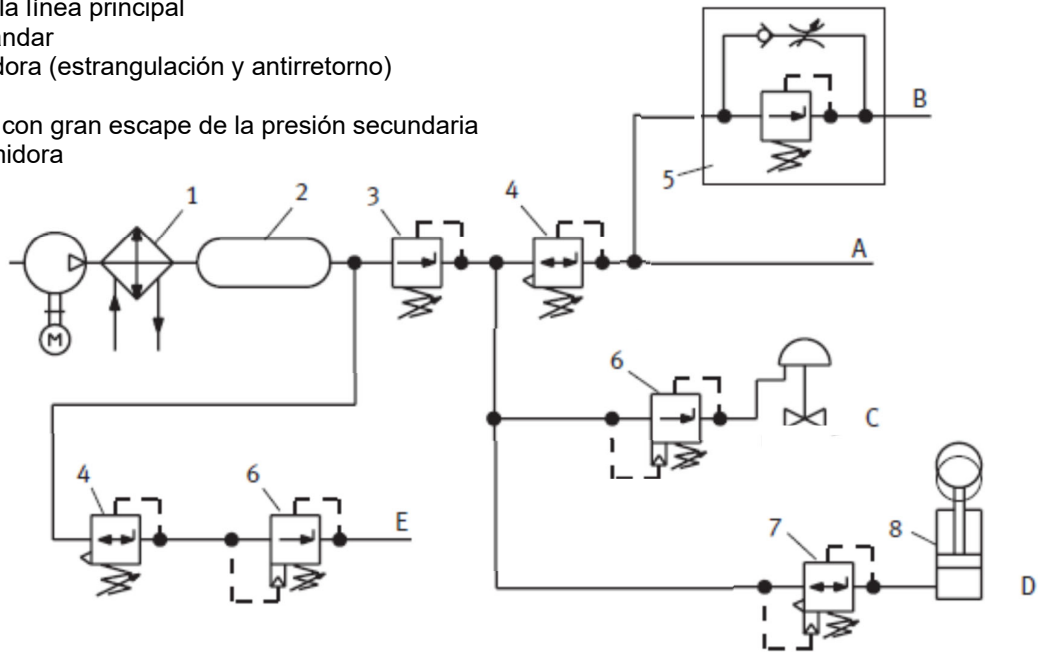


Aplicación	Campos de aplicación (Ejemplos)	Función principal
C Para aplicaciones con zonas de gran caudal, respuesta muy sensible de las unidades consumidoras; alimentación de aire sin lubricar delante del lubricador	Herramientas con bajo consumo de aire; control de cilindros neumáticos; unidades de control para obtención de aire sin lubricación	Margen de respuesta pequeño, gran caudal: niebla de aceite superior a 10 μm , transporte satisfactorio hasta 6 m; instalación obligatoria encima de las unidades consumidoras; transporte del aceite en cantidades entre 15 hasta 25 mm^3/gota
D Utilización poco frecuente de una unidad consumidora, con pausas prolongadas, grandes distancias entre el lubricador y las unidades consumidoras, caudales pequeños	Cilindros de carrera corta; pequeñas herramientas neumáticas; herramientas cortantes	Poca lubricación; entre 1 y 30 gotas por mm^3 ; las propiedades de transporte no tienen relevancia; instalación junto a la unidad consumidora; transporte del aceite de 1 hasta 30 $\text{mm}^3/\text{carrera del émbolo}$
E Siempre que se necesite una niebla de aceite fina y homogénea en pocas cantidades bien dosificadas	Rodamientos de altas revoluciones; husillos portamuelas; máquinas para tejidos de punto y tricadoras, engranajes	Transporte de niebla fina para lubricar y refrigerar; niebla inferior a 2 μm ; transporte satisfactorio hasta 30 m; montaje recomendado encima de la unidad consumidora



Esquema con diversos tipos de reguladores

- 1 Refrigeración posterior
- 2 Acumulador
- 3 Regulación de la línea principal
- 4 Regulador estándar
- 5 Válvula reguladora (estrangulación y antirretorno)
- 6 Regulador fino
- 7 Regulador fino con gran escape de la presión secundaria
- 8 Unidad consumidora



	Características de las aplicaciones	Ejemplos de aplicaciones	Función principal
A	Aplicaciones con poca dependencia de la presión primaria, con caudales variados y con descarga de la presión secundaria	Sistemas de control neumático; chorros de arena; pintura a pistola; motores neumáticos	Regulación del caudal con poca dependencia de la presión primaria, regulación de la presión entre 0,5 y 16 bar; caudal hasta 15 000 l/min.; histéresis inferior a 0,05 bar; precisión de repetición de 0,2 bar; descarga de la presión en el circuito secundario; compensación de presión y de caudal
B	Para ahorrar aire comprimido utilizando cilindros de doble efecto; sin mayor precisión de regulación, aunque con ciclos de alta frecuencia	Optimización del consumo al usar cilindros de doble efecto; cilindros de sujeción; motores neumáticos	Regulación de la presión mediante válvula antirretorno: regulación entre 0,5 y 16 bar; caudal hasta 15 000 l/min.; histéresis inferior a 0,05 bar; caudal \dot{V} hasta 250 l/min.
C	Si habiendo un caudal pequeño variable se necesita una presión constante; gran precisión de regulación; oscilación casi imperceptible de la presión primaria	Instrumentos de medición neumáticos; técnica de medición y regulación; técnica de fluidos	Gran precisión de regulación con pequeño caudal; regulación de la presión entre 0,05 y 5,5 bar. Precisión de repetición de 0,005 bar; valor umbral 0,005 bar; \dot{V} hasta 250 l/min.



	Características de las aplicaciones	Ejemplos de aplicaciones	Función principal
D	Si es necesario compensar oscilaciones mínimas de la presión secundaria; sin umbral de presión en ambos sentidos del flujo; gran capacidad de caudal	Control de rodillos tensores; compensación de presión en operaciones de llenado de silos; máquinas sopladoras de plástico; alimentación de aire en bancos de pruebas	Gran precisión de regulación con gran caudal, también con descarga de la presión secundaria; regulación de la presión entre 0 y 7 bar; precisión de repetición de 0,005 bar; valor umbral 0,001 bar; \dot{V} hasta 500 l/min.
E	Aplicaciones en las que la alta presión de entrada no permite obtener una baja presión mediante un sólo nivel de regulación	Redes de alta presión con regulación a baja presión; poca precisión de regulación al usar un sólo nivel de regulación	Gran precisión de regulación con presión primaria alta, regulación de la presión entre 0,05 y 5,5 bar; precisión de repetición de 0,005 bar; valor umbral de 0,001 bar; \dot{V} hasta 250 l/min.
	con ciclos de alta frecuencia		caudal \dot{V} hasta 250 l/min.
C	Si habiendo un caudal pequeño variable se necesita una presión constante; gran precisión de regulación; oscilación casi imperceptible de la presión primaria	Instrumentos de medición neumáticos; técnica de medición y regulación; técnica de fluidos	Gran precisión de regulación con pequeño caudal; regulación de la presión entre 0,05 y 5,5 bar. Precisión de repetición de 0,005 bar; valor umbral 0,005 bar; \dot{V} hasta 250 l/min.

