



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

MANTENIMIENTO Y FACTORES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN REDES DE AIRE COMPRIMIDO

Nancy Paola Cuxil García

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Willy Alfredo Contreras Morales
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MANTENIMIENTO Y FACTORES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN REDES DE AIRE COMPRIMIDO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 12 de febrero del 2008.



Nancy Paola Cuxil García

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

Guatemala, 21 de septiembre de 2009

Ingeniero
Julio César Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Campos:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he procedido a la revisión del trabajo de graduación titulado "**MANTENIMIENTO Y FACTORES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN REDES DE AIRE COMPRIMIDO**" presentado por la estudiante **Nancy Paola Cuxil García**, y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que en mi opinión el mencionado trabajo reúne los requisitos necesarios para la aprobación final.

Sin otro particular, me suscribo de usted

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos', enclosed within a hand-drawn oval.

Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
Colegiado No. 6,965
Asesor

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **“MANTENIMIENTO Y FACTORES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN REDES DE AIRE COMPRIMIDO”**, de la estudiante Nancy Paola Cuxil García, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, septiembre de 2009.

/laac.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

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 la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado **MANTENIMIENTO Y FACTORES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN REDES DE AIRE COMPRIMIDO**, de la estudiante Nancy Paola Cuxil García, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2009

JCCP/behdei

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.440.2009

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, al trabajo de graduación titulado: **MANTENIMIENTO Y FACTORES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN REDES DE AIRE COMPRIMIDO**, presentado por la estudiante universitaria **Nancy Paola Cuxil García**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2009

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por ser el centro de mi vida y darme la sabiduría y la oportunidad de cumplir una de mis metas más anheladas.
- MIS PADRES** Gracias por su comprensión y amor. Como un reconocimiento a sus múltiples esfuerzos, que Dios los bendiga.
- MIS HERMANOS** Emilio Andrés y Alejandro. Por su apoyo y cariño, los quiero mucho.
- MIS TÍOS Y PRIMOS** Con mucho cariño y respeto.
- MI NOVIO** Luis Fernando, por su amor y apoyo incondicional en todo momento.
- MIS AMIGOS** Gracias por brindarme su amistad, cariño y apoyo. Por todos los buenos y malos momentos que hemos compartido. Los quiero mucho amigos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Por su asesoría y apoyo en el presente trabajo, muchas gracias por sus valiosos consejos.

Todas aquellas personas que en una u otra forma me brindaron su apoyo para realizar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL AIRE COMPRIMIDO	1
1.1 Fundamentos físicos	2
1.2 Flujo	5
1.3 La presión y sus unidades	5
1.4 La humedad del aire	7
1.5 Campos de aplicación de la neumática	9
1.6 Ventajas y desventajas de la neumática	13
2. CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO	15
2.1 Porque tratar el aire comprimido	15
2.1.1 Métodos de tratamiento de aire	18
2.1.2 Distribución del aire comprimido	21
2.1.3 Lubricación del aire comprimido	26

2.1.4 Filtración del aire comprimido	29
2.2.5 Procedimientos de secado	41
3. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	49
3.1 Aspectos a considerar en la distribución del aire comprimido	49
3.2 Elementos que conforman un sistema de aire comprimido	51
3.3 Planificación y distribución de una estación de aire comprimido	58
3.3.1 Entorno de los compresores	62
3.3.2 Ventilación en la sala de compresores	65
3.3.3 Calculo en las dimensiones de redes neumáticas	67
3.3.4 Presión adecuada en las líneas de aire comprimido	79
4. MANTENIMIENTO EN LA RED DE AIRE COMPRIMIDO	85
4.1 Ventajas del mantenimiento en una red de aire comprimido, preparación y tratamiento del aire.	85
4.2 Fugas de aire comprimido	88
4.2.1 Control de presión y humedad	91
4.2.2 Actividades del mantenimiento preventivo	108
5. SEGURIDAD EN LOS SISTEMAS, USUARIOS Y ENTORNO	113
5.1 Seguridad en instalaciones neumáticas	113
5.1.1 Normas y recomendaciones de seguridad y salud laboral	114
5.2 Instalaciones de aire comprimido	122
5.2.1 Información a los trabajadores	128
5.3 Normas de aplicación de colores en redes neumáticas	131

5.3.1 Norma para aplicación de colores	131
5.3.2 Colores de seguridad Industrial	132
5.3.3 Colores para tubos de aire comprimido	139
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Transmisión de energía neumática	4
2	Relación presión volumen	7
3	Inversión de la estación de aire comprimido	15
4	Compresión del aire comprimido	18
5	Equipos para tratamiento de aire comprimido	21
6	Instalación de anillos de distribución	25
7	Lubricador	27
8	Proceso de filtración de partículas	31
9	Microfiltro	33
10	Proceso de filtración de aceite	34
11	Principio de funcionamiento del filtro de partículas	35
12	Principio de funcionamiento de filtro coalescente	36
13	Principio de funcionamiento de filtro de carbón activado	37
14	Proceso de secado por medio de concentración dinámica	43
15	Tratamiento de condensado en planta	47
16	Componentes de una red de aire comprimido	51
17	Símbolos de componentes de una red de aire comprimido	52
18	Clasificación de compresores	54
19	Funcionamiento del compresor de pistón	54
20	Esquema de una instalación de aire comprimido	59
21	Métodos de refrigeración	66
22	Esquema de una red abierta	72

23	Esquema de una red cerrada	73
24	Esquema de una red cerrada con interconexiones	74
25	Ejemplos de instalaciones de aire comprimido	75
26	Distribución de fugas en una red de aire comprimido	80
27	Fugas típicas en cilindros	91
28	Gráfica clasificación de fallas	105
29	Gráfica tipos de mantenimiento	106
30	Gráfica organigrama del departamento de mantenimiento	108
31	Válvulas de seguridad	122
32	Líneas de conducción de aire comprimido	128
33	Seguridad durante el trabajo con aire comprimido	130
34	Aplicación de colores	135
35	Visibilidad de leyendas de seguridad	142

TABLAS

I. Impurezas del aire comprimido y su tamaño	16
II. Clases de aire según DIN ISO 8573	20
III. Pérdidas en redes de aire comprimido	22
IV. Pérdidas de presión de dispositivos neumáticos	50
V. Ventajas y desventajas de tipos de sistemas de ciclo cerrado	
VI. y ciclo con ramificaciones	57
VII. Coeficiente en función del número de máquinas que alimentan	
VIII. la instalación	68
IX. Pérdidas aproximadas debido a fugas	79
X. Clasificación de materiales y asignación de colores	139
XI. Tamaño de letras de identificación de tuberías	140

LISTA DE SÍMBOLOS

kpa	Kilopascales
CFM	Cubic Feet fer minute
PSI	Libra por pulgada cuadrada
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kp/cm²	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
m³	Metro cúbico
g	Gramos
°C	Grados centígrados
g/m³	Gramo por metro cúbico
Hrel	Humedad relativa
µm	Micras
%	Porcentaje
m³/h	Metro cúbico por hora
m³/m	Metro cúbico por minuto
kW	Kilowatts
m/s	Metro por segundo
l/s	Litro por segundo
mm	Milímetros

GLOSARIO

Neumática	Tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.
Antideflagrante:	No existe ningún riesgo de explosión ni incendio.
Microfiltros:	Los microfiltros separan las impurezas más finas del aire comprimido.
Medio filtrante:	El medio filtrante es el elemento fundamental para la práctica de la filtración y su elección es habitualmente la consideración más importante para garantizar el funcionamiento del proceso.
Separadores ciclónicos:	Los separadores ciclónicos eliminan líquidos neblinas y sustancias sólidas del aire comprimido.

Emulsiones:	Las emulsiones son mezclas de aceite y agua que no se separa por el efecto de la gravedad.
Coeficiente de uso:	El coeficiente de uso se define como la fracción del tiempo total de funcionamiento en la cual la máquina consume aire comprimido.
Grado de saturación:	Saturación es la cantidad de agua que un m ³ de aire puede absorber, como máximo, a la temperatura considerada.
Humedad relativa:	Es la cantidad de humedad que está presente en el aire
Colorimetría:	Medida de intensidad de la coloración de las superficies difusas, los líquidos y los cristales coloreados.

RESUMEN

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales.

En la actualidad las aplicaciones de la neumática son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañada además de estudios más acabados de las materias y principios que rigen la neumática. Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general.

Al utilizar aire comprimido, se espera sobre todo economía y fiabilidad. Sin embargo, estas características se ven influenciadas por factores muy diversos: Los costos de energía que conllevará el funcionamiento del compresor durante toda su vida útil superarán los costos de adquisición. Por esta razón, el buen rendimiento energético es fundamental en la producción de aire comprimido. La filtración es una técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos y fluidos, gas o líquido, a través de un medio poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene la mayor parte del o de los componentes sólidos de la mezcla.

Debe determinarse el grado de limpieza del aire de cada parte de una planta industrial o proceso. Únicamente mediante la utilización de los filtros correctos en su emplazamiento adecuado, pueden mantenerse los costes de energía y mantenimiento al mínimo. Los filtros de aire normales eliminarán el suficiente aceite líquido (junto con agua) como para dejar el aire del sistema en condiciones para alimentar a la mayoría de máquinas y cilindros neumáticos, pero en determinados procesos se requiere aire completamente libre de aceite. Una solución consiste en utilizar compresores libres de aceite. El aceite de un sistema de aire comprimido puede existir en tres formas: como emulsiones de aceite/agua, aerosoles (pequeñas partículas suspendidas en el aire) y vapores de aceite. Las emulsiones pueden eliminarse mediante la utilización de filtros de aire standard.

Existen varios aspectos a considerar al momento de la elección de los elementos que conformarán la red de aire comprimido, entre los aspectos más importantes a considerar son la elección del compresor y su uso. Un sistema de aire comprimido esta conformado por: Sistema compresor, refrigerador del compresor y motor, filtros de aire, filtros separadores de aceite, filtros para agua y partículas, post-enfriador, tanque almacenador, sistema de condensado y secado de aire, redes, herramientas, máquinas, motores neumáticos o uso directo, controles, elementos de medición, válvulas de seguridad y unidades de mantenimiento.

El diámetro de las tuberías debe elegirse en conformidad con:

- El caudal
- La longitud de las tuberías
- La pérdida de presión (admisibles) la presión de servicio la cantidad de estrangulamientos en la red.

Desde el punto de vista de la seguridad, en cualquier instalación deben considerarse también los aspectos relacionados con el diseño y las instalaciones de los mismos como son: instalaciones de gas, agua, aire comprimido, de vacío, electricidad, ventilación, etc.

Los colores de seguridad no eliminan por sí mismo los riesgos y no pueden sustituir las medidas de prevención de accidentes. Un color mal aplicado puede crear una condición de riesgo al trabajador. El color se utiliza para advertir a las personas, por lo tanto, su aplicación debe hacerse cumpliendo estrictamente con lo indicado en esta norma.

OBJETIVOS

General:

Proporcionar una guía de instalación y diseño de una red de aire comprimido, así como un plan para su mantenimiento y las medidas de seguridad para un uso eficiente de la misma.

Específicos:

1. Identificar los problemas provocados al no diseñar y dar el mantenimiento adecuado a una red de aire comprimido.
2. Implementar un plan de mantenimiento en la red de aire comprimido y así evitar paros e inconvenientes.
3. Reducir costos asociados a la falta de tratamiento del aire comprimido.
4. Conocer las causas y efectos de un sistema con deficiencias en la generación y distribución del aire comprimido.
5. Crear un ambiente de trabajo seguro en la planta de aire comprimido.

INTRODUCCIÓN

El aire comprimido es utilizado en la mayoría de las industrias debido a que es un fluido de trabajo abundante, de fácil obtención y no contaminante. Sin embargo cuando se requiere diseñar una red de aire comprimido se necesita un estudio detallado de la instalación de cada uno de sus elementos. El aire comprimido tiene una amplia gama de aplicaciones industriales, cuyos requerimientos de calidad de aire varía de unas a otras. Por ejemplo, los sistemas de instrumentación y control, necesitan aire relativamente a baja presión, exento de agua, aceite y partículas extrañas. Los elementos de trabajo en cambio, requieren aire a más alta presión, limpio, con escasa humedad y que contenga un lubricante.

El objetivo del presente trabajo es ser una guía en el diseño de redes de aire comprimido y contemplar el mantenimiento y tratamiento debido del aire y los elementos que componen la red para lograr un aire libre de impurezas y sin humedad. La razón principal es lograr distribuir el aire comprimido en toda la planta, a una presión y caudal necesario para llevar a cabo todos los procesos de producción que demandan aire comprimido y lograr disminuir paros no programados por algún desperfecto en el equipo que utiliza aire.

1. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL AIRE COMPRIMIDO

El término Neumática procede del griego *pneuma* que significa soplo o aliento. Las primeras aplicaciones de neumática se remontan al año 2.500 a. C. mediante la utilización de muelles de soplado. Posteriormente fue utilizada en la construcción de órganos musicales, en la minería y en siderurgia. Hace más de 20 siglos, un griego, Tesibios, construyó un cañón neumático que, rearmado manualmente comprimía aire en los cilindros. Al efectuar el disparo, la expansión restituía la energía almacenada, aumentando de esta forma el alcance del mismo. En el siglo XIX se comenzó a utilizar el aire comprimido en la industria de forma sistemática. Herramientas neumáticas, martillos neumáticos, tubos de correo neumáticos, son un ejemplo de estas aplicaciones. En 1880 se inventó el primer martillo neumático.

La incorporación de la neumática en mecanismos y la automatización comienza a mediados del siglo XX. La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales.

¿Por qué lo necesitamos?

Con frecuencia se describe el aire comprimido como la cuarta energía y aunque no sea tan omnipresente como la electricidad, el petróleo y el gas, juega

un papel fundamental en el mundo moderno. La principal diferencia es que el usuario genera su propio aire y de este modo, dispone de la opción de elegir el modo de generar el aire.

Con frecuencia, se pasa por alto la importancia del aire comprimido, pero juega un papel vital en la mayor parte de los procesos de fabricación modernos y de nuestra civilización. Aunque quizás no lo sepamos, la mayoría de los productos que utilizamos hoy en día no podrían fabricarse sin el aire comprimido. El aire comprimido supone aproximadamente el 10% de la energía total utilizada en la industria de hoy en día.

1.1 Fundamentos físicos

Aire: mezcla de diferentes elementos químicos (78.08% N, 20.95% O, 0.97% otros).

Temperatura: indicación de la energía cinética de las moléculas. Al aumentar el movimiento molecular aumenta la temperatura, se utilizan las escalas Ranking, Fahrenheit y Centígrada.

Propiedades del aire comprimido

Abundante: está 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 tuberías de retorno.

Almacenable: no es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes.

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.

Limpio: el aire comprimido es limpio y en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.

Velocidad: es un medio de trabajo muy rápido por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas.

A prueba de sobrecargas: las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden realizar su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas.

Preparación: el aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad para así evitar un desgaste prematuro de los componentes.

Compresible: el aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes.

Fuerza: la fuerza de los dispositivos y actuadores neumáticos, está condicionada por la presión de trabajo, usualmente es de 700 kPa (7 bar).

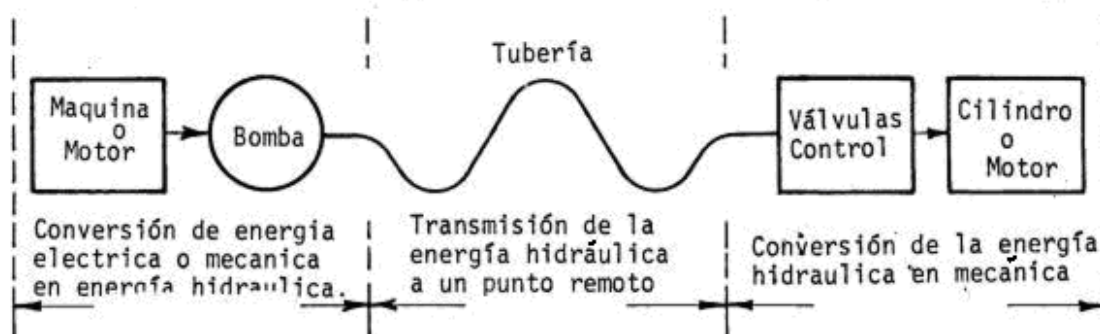
Escape: el escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes.

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.

Sistema de transmisión de energía Neumática:

Es un sistema en el cual se genera, transmite y controla la aplicación de potencia a través del aire comprimido y la circulación de aceite en un circuito. El sistema puede dividirse en tres grandes grupos que observamos en el diagrama de bloques.

Figura 1. Transmisión de energía neumática



Fuente: Conceptos básicos de neumática e hidráulica

Comenzando desde la izquierda del diagrama, la primera sección corresponde a la conversión de Energía Eléctrica y/o Mecánica en un sistema de energía Neumática. Un motor eléctrico, de explosión o de otra naturaleza está vinculado a una bomba o compresor, obteniendo en la salida cierto caudal a una determinada presión. En la parte central del diagrama, el fluido es conducido a través de tubería al lugar de utilización.

A la derecha en el diagrama, el aire comprimido o el aceite en movimiento produce una reconversión en energía mecánica mediante su acción sobre un cilindro o un motor neumático o hidráulico. Con las válvulas se controla la dirección del movimiento, la velocidad y el nivel de potencia a la salida del motor o cilindro.

1.2 Flujo

Caudal: cantidad de fluido que atraviesa una sección dada, por unidad de tiempo. En la nomenclatura de compresores se usa pies³/min. La unidad de caudal utilizada en la industria es el CFM, Pies Cúbicos por Minuto. El caudal es la cantidad de aire a presión atmosférica que un compresor es capaz de comprimir en una unidad de tiempo.

1.3 La presión y sus unidades

Presión: la presión ejercida por un fluido sobre una superficie, es el cociente entre la fuerza y la superficie que recibe su acción $P = \text{Fuerza} / \text{Área}$. Un claro ejemplo para visualizar este concepto es la utilización de las ollas a presión, en las cuales el vapor se expande produciendo fuerza sobre la superficie de la olla. La presión ejercida por un fluido es medida en unidades de presión. Las unidades comúnmente utilizadas son:

La libra por pulgada cuadrada = PSI

El kilogramo por centímetro cuadrado = Kg/cm²

El kilogramo fuerza por centímetro cuadrado = Kp/cm²

El bar = bar

Existiendo la siguiente relación aproximada:

Kg /cm² ~ Kp/cm² ~ bar

¿Qué ocurre cuando se comprime el aire?

Compresión del aire: La compresión de aire a temperatura constante se rige por (ley de Boyle-Mariotte). Si se comprime aire, éste se calienta. Si se reduce la presión de aire comprimido, éste se enfría. El aire comprimido es *limpio, seguro, simple y eficaz*. No se producen humos de escape u otros productos derivados peligrosos cuando se usa el aire comprimido como energía. Se trata de una energía no contaminante.

Cuando un compresor comprime mecánicamente aire a presión atmosférica, la transformación del aire a 1 bar (presión atmosférica) en aire con una presión mayor (hasta 414 bar) está determinada por las leyes de la termodinámica. Afirman que un incremento en la presión supone un aumento del calor y el aire en compresión crea un incremento proporcional del calor. La ley de Boyle explica que, si se divide a la mitad un volumen de gas (aire) durante la compresión, se duplica la presión. La ley de Charles establece que el volumen de un gas cambia en proporción directa a la temperatura. Estas leyes explican que la presión volumen y temperatura son proporcionales, se cambia una variable, y también cambian las otras dos.

Cuando se aplica esto a un compresor, el volumen del aire (o caudal) y la presión del aire se pueden controlar y aumentarse hasta un nivel adecuado al modo en que se está utilizando. Normalmente, el aire comprimido se utiliza en valores de presión de 1 a 414 bar (14 a 6004 PSI) con diferentes velocidades de flujo, desde 0,1m³ (3.5 CFM – pies cúbicos por minuto) y superiores.

Figura 2. $(P_1 V_1)/ T_1 = (P_2 V_2)/T_2$

Donde P=presión V=volumen y T=temperatura del gas, siendo 1 un estado inicial antes de la carga, y siendo 2 el estado final después de una carga.



Fuente: Principios basicos y tipo de compresores, www.compair.es

1.4 La humedad del aire

La humedad del aire: Es la cantidad de agua presente en el aire. Generalmente es medido en porcentaje. El aire que nos rodea siempre contiene una cantidad mayor o menor de humedad, de agua. Esta humedad depende de la temperatura de cada momento. Por ejemplo, aire saturado de vapor de agua al 100 % a una temperatura de +25 °C puede contener casi 23 g de agua por metro cúbico.

Humedad absoluta del aire

Entendemos por humedad absoluta la cantidad de vapor de agua contenida en el aire expresada en g/m^3 .

Humedad relativa (Hrel)

La humedad relativa indica el grado de saturación del aire, es decir, la relación entre el vapor de agua realmente contenido en el aire y el punto de saturación correspondiente (100% Hrel). El punto de saturación variará dependiendo de la temperatura: cuanto mayor sea la temperatura, mayor cantidad de humedad podrá admitir el aire.

Punto de rocío

El aire puede almacenar cierta cantidad de agua en estado gaseoso. La cantidad depende de la temperatura y de la presión del ambiente. Si se enfría el aire a una presión ambiente fija, a partir de una cierta temperatura se rebasa el grado de saturación y el agua comienza a condensarse. A esta temperatura se le da el nombre de punto de rocío.

Punto de rocío atmosférico

El punto de rocío atmosférico es la temperatura a la cual se alcanza el grado de saturación a presión atmosférica (Hrel100 %).

Punto de rocío de presión

Por punto de rocío de presión entendemos la temperatura a la que el aire comprimido alcanza su punto de saturación (100 % Hrel).

1.5 Campos de aplicación de la neumática

Con tantas aplicaciones, en diferentes entornos, que dependen del aire comprimido, los compresores no sólo tienen que comprimir el aire a una presión específica, con un flujo determinado, sino también tienen que proporcionar aire de buena calidad. Para muchas personas, un compresor es todo lo que se necesita para comprimir el aire, pero para obtener aire comprimido de calidad, en muchos casos se necesitan más equipos. Con frecuencia, se necesitan filtros y secadoras para eliminar el aceite y el agua antes de su entrada en la aplicación.

Podría decirse que la neumática puede estar presente en cualquier proceso industrial manual o semiautomático que requiera incrementar su producción, aumentando la calidad del producto y mejorar su calidad. La automatización de los diferentes procesos industriales, releva al hombre de ciertas actividades. Esto trae como consecuencia posibles pérdidas de puestos de trabajo en las empresas. La sociedad industrial tiene un reto importante en crear nuevos puestos de trabajo, con mayor especialización del personal.

El tejido industrial actual ha variado considerablemente con respecto al de hace pocos años y cada vez la velocidad de transformación es mayor. Adecuar la formación de los profesionales actuales y de aquellos que se están formando para serlo en el futuro, es una labor no sólo del mundo educacional, sino del mundo empresarial y social. La progresiva sustitución de la energía humana por las energías neumática, hidráulica o eléctrica responde sobre todo a un intento de minimizar los costes de producción y conseguir la automatización de los diferentes procesos industriales. De este modo, la neumática se ha convertido en un elemento imprescindible en la automatización de la producción de todos los sectores industriales:

- Industria del automóvil
- Producción de energía, siderurgia y minería
- Industria textil
- Refinerías e industrias petrolíferas
- Imprentas y artes gráficas
- Máquinas de embalaje
- Industria del calzado
- Construcción y obras públicas
- Industrias agroalimentarias y cárnicas
- Industria química
- Maquinaria para la industria maderera
- Robótica, alimentación, etc.

Mediante los circuitos neumáticos se pueden generar movimientos rectos como:

- Sujeción de herramientas
- Levantar y bajar objetos
- Abrir y cerrar puertas
- Arrastrar objetos
- Frenar objetos

En la actualidad las aplicaciones de la neumática son muy variadas, esta amplitud en los usos se debe principalmente al diseño y fabricación de elementos de mayor precisión y con materiales de mejor calidad, acompañada además de estudios mas acabados de las materias y principios que rigen la neumática. Todo lo anterior se ha visto reflejado en equipos que permiten

trabajos cada vez con mayor precisión y con mayores niveles de energía, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo de la industria en general. Dentro de las aplicaciones se pueden distinguir dos, móviles e industriales:

Aplicaciones móviles

El empleo de la energía proporcionada por el aire y aceite a presión, puede aplicarse para transportar, excavar, levantar, perforar, manipular materiales, controlar e impulsar vehículos móviles tales como:

- Tractores
- Grúas
- Retroexcavadoras
- Camiones recolectores de basura
- Cargadores frontales
- Frenos y suspensiones de camiones
- Vehículos para la construcción y mantención de carreteras

Aplicaciones industriales

En la industria, es de gran importancia contar con maquinaria especializada para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción, para estos efectos se utiliza con regularidad la energía proporcionada por fluidos comprimidos. Se tiene entre otros:

- Maquinaria para la industria plástica
- Máquinas herramientas
- Maquinaria para la elaboración de alimentos
- Equipamiento para robótica y manipulación automatizada
- Equipo para montaje industrial

- Maquinaria para la minería
- Maquinaria para la industria siderúrgica

Otras aplicaciones se pueden dar en sistemas propios de vehículos automotores, como automóviles, aplicaciones aeroespaciales y aplicaciones navales, por otro lado se pueden tener aplicaciones en el campo de la medicina y en general en todas aquellas áreas en que se requiere movimientos muy controlados y de alta precisión, así se tiene:

- Aplicación automotriz: suspensión, frenos, dirección, refrigeración, etc.
- Aplicación Aeronáutica: timones, alerones, trenes de aterrizaje, frenos, simuladores, equipos de mantenimiento aeronáutico, etc.
- Aplicación Naval: timón, mecanismos de transmisión, sistemas de mandos, sistemas especializados de embarcaciones o buques militares.
- Medicina: Instrumental quirúrgico, mesas de operaciones, camas de hospital, sillas e instrumental odontológico, etc.

La neumática tiene aplicaciones tan variadas, que pueden ser empleadas incluso en controles escénicos (teatro), cinematografía, parques de entretenimientos, represas, puentes levadizos, plataformas de perforación submarina, ascensores, mesas de levante de automóviles, etc.

Cuando una empresa del sector busca obtener mejores resultados, tanto en calidad como en tiempos de producción, las herramientas neumáticas se presentan como la alternativa ideal en el engranaje de la industria moderna del mueble, bien sea para clavar, engrapar, pintar, taladrar, etc. Además de beneficios en producción, las herramientas neumáticas presentan otros adicionales como un bajo consumo de energía y mantenimiento sencillo.

Equipos y herramientas neumáticas

Las herramientas neumáticas funcionan gracias a las presiones generadas en el aire, a través de un compresor. Este -motor del sistema- debe poseer las características y cualidades que más se amolden a las necesidades de la industria. Bien puede ser un elemento pequeño que sirva a una sola herramienta o uno que sirva a toda una línea de aire para producción.

1.6 Ventajas y desventajas de la neumática

Ventajas del aire

Abundante, económico, compresible, transporte, limpio, almacenable, temperatura, antideflagrante, velocidad, no requiere líneas de retorno.

Desventajas del aire

Fugas, humedad, ruido, compresible, inversión de fuerza.

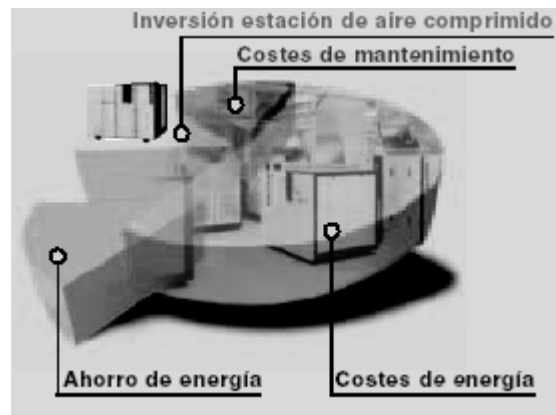
Los sistemas de transmisión de energía neumáticos son una garantía de seguridad, calidad y fiabilidad a la vez que reducen costos. La Seguridad es de vital importancia en la navegación aérea y espacial, en la producción y funcionamiento de vehículos, en la minería y en la fabricación de productos frágiles. En relación con la industria del plástico, la combinación de la oleohidráulica, la neumática y la electrónica hacen posible que la producción esté completamente automatizada, ofreciendo un nivel de calidad constante con un elevado grado de precisión. Los sistemas neumáticos juegan un papel clave en aquellos procesos en los que la higiene y la precisión son de suma importancia, como es el caso de las instalaciones de la industria farmacéutica y alimenticia, entre otras. La reducción en el costo es un factor vital a la hora de asegurar la competitividad de un país industrial.

2. CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO

2.1 Por qué tratar el aire comprimido

Al utilizar aire comprimido, se espera sobre todo economía y fiabilidad. Sin embargo, estas características se ven influenciadas por factores muy diversos: Los costos de energía que conllevará el funcionamiento del compresor durante toda su vida útil superarán los costos de adquisición. Por esta razón, el buen rendimiento energético es fundamental en la producción de aire comprimido. Al mismo tiempo, la fiabilidad de los compresores desempeña un papel primordial, fiabilidad significa también el mantenimiento de una calidad constante del aire comprimido, que mejore a su vez la eficacia de los aparatos de tratamiento posterior. Para evitar ruidos, recuerde que es mejor evitar grandes emisiones sonoras adquiriendo desde primera hora un compresor silencioso que adoptar con posterioridad medidas adicionales de insonorización.

Figura 3. Inversión de la estación de aire comprimido



Fuente: www.compair.es

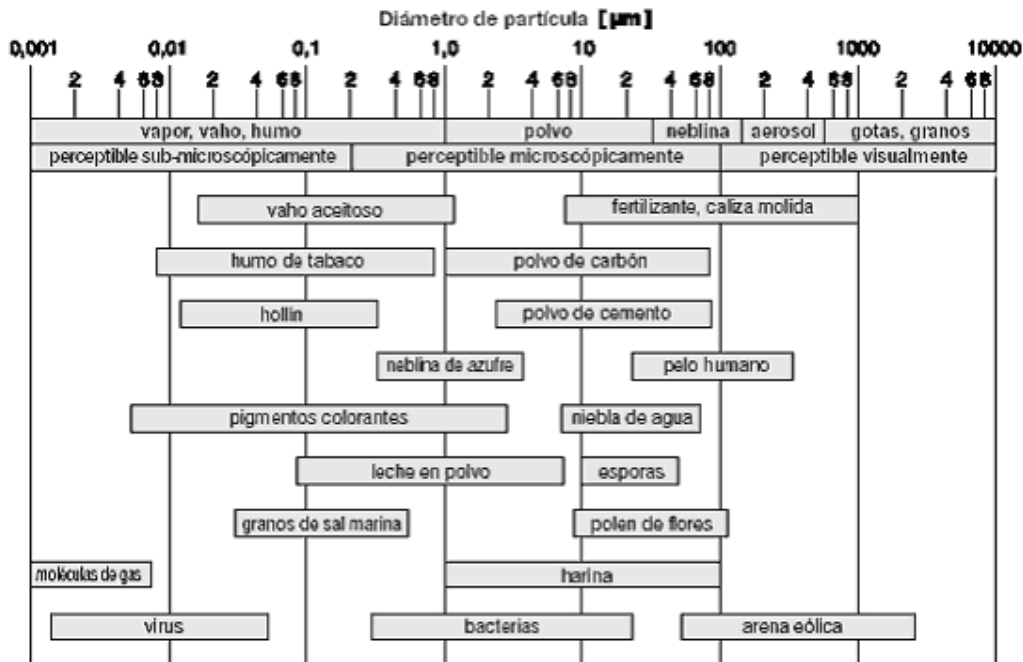
Impurezas en el aire ambiente

En el aire ambiente se encuentran – según el lugar – diferentes impurezas perceptibles a simple vista. Estas impurezas pueden perjudicar el funcionamiento fiable de los aparatos que utilizan el aire comprimido y reducir la calidad de los productos fabricados con aire comprimido. Además de nitrógeno y oxígeno, el aire ambiente contiene impurezas y humedad en forma de aerosoles o vapor de agua (humedad relativa del aire).

Comportamiento de las impurezas en el proceso de compresión:

En la compresión de aire se eleva la concentración de sustancias nocivas. El producto generado por la humedad y las impurezas aspiradas de la atmósfera se precipita en forma de condensado, de acuerdo a la concentración de los componentes puede ser aceitoso, grasoso o agresivo.

Tabla I. Impurezas del aire y su tamaño



Fuente: www.festo.com

La importancia de la calidad del aire

La suciedad, la humedad y el aceite están en todas partes. Pero no deberían estar en el caudal de aire comprimido. La variedad de las aplicaciones se extiende desde el aire de soplado no tratado, hasta el aire comprimido absolutamente seco, estéril y exento de aceite para las industrias farmacéutica y alimentaria. Este amplio espectro de utilización obliga a un tratamiento individualizado del aire comprimido, adaptado exactamente a cada aplicación específica.

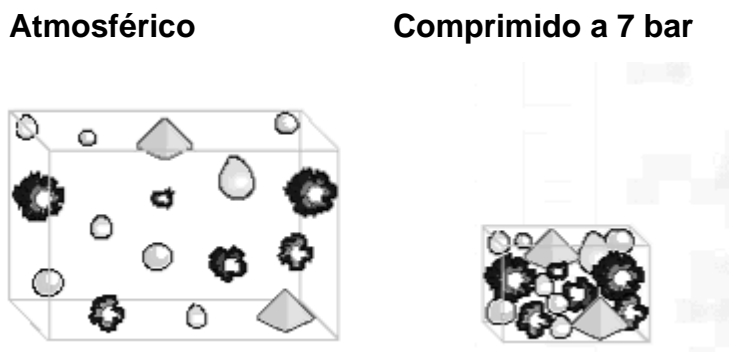
En 1m³ de aire aspirado por el compresor se pueden encontrar hasta 180 millones de partículas de suciedad. Aparte de estas partículas de suciedad, el aire aspirado también contiene, dependiendo de la humedad atmosférica, entre un 50% y un 80% de vapor de agua, así como aceite en forma de hidrocarburos no quemados procedentes de máquinas y gases de escape.

Además, mínimas cantidades de lubricante y partículas de abrasión del compresor pasan a la red de aire comprimido. El aire comprimido sin tratar contiene humedad, así como partículas de polvo y de aceite. Los contaminantes en el aire comprimido afectan adversamente todos los componentes del sistema de distribución de aire el vapor de agua y otros contaminantes en el aire ambiental entran al sistema por la admisión del compresor. Una vez que el aire atmosférico pasa a través del compresor operando a 7 bar, 100 psig, el aire se comprime a un octavo de su volumen previo, conteniendo la misma cantidad de contaminantes.

El incremento en la presión normalmente ocasionaría que la humedad se condense en el aire. De cualquier forma, durante el proceso de compresión, la temperatura del aire se incrementa debido al calor de fricción, aumentando su

habilidad de retener vapor de agua. Cuando el aire abandona el compresor y viaja a través del sistema, se enfría. Una vez que la temperatura disminuye por debajo de la temperatura del punto de rocío a presión, se comienzan a formar gotas de agua. Es necesario remover la humedad y los contaminantes del sistema de aire para bajar el punto de rocío y evitar los problemas de operación, los costos de mantenimiento y los gastos de reparación.

Figura 4. La acción de comprimir aire a 7 bar crea un incremento del 800% en la concentración de contaminantes



Fuente: Guía sobre la calidad del aire

2.1.1 Tratamiento del aire

Con el sistema de tratamiento de aire comprimido adecuado, se conserva la energía del sistema, se reducen los costos de operación, y se mejora la calidad de la producción. El costo de utilizar aire comprimido húmedo excede por mucho el costo de mantenerlo seco. Los contaminantes en el aire comprimido afectan a todos los componentes del sistema de distribución del aire comprimido, el aire comprimido húmedo y sucio cuesta dinero debido a:

- Roba energía útil al sistema.
- Disminuye la eficiencia y la potencia de las herramientas neumáticas.
- Incrementa los costos de mantenimiento y reparación.

- Se elimina el lubricante de las herramientas neumáticas.
- Daño de empaques por abrasión, por agua y aceites del compresor.
- Degradación de pequeñas estructuras.

Fugas

- Velocidades lentas/ tiempos de ciclo mayores.
- Menor tiempo de vida.
- Óxido y corrosión en herramientas, tuberías y equipos.
- Reducción de la confiabilidad.

Por qué tratar el aire comprimido

Todos los compresores, sin importar el tipo, funcionan como una aspiradora gigante y absorben impurezas que luego comprimen junto al aire y que llegarán a la red de aire comprimido si no se lleva a cabo el tratamiento correspondiente. De acuerdo con la ISO 8573-1, el aire comprimido sólo podrá calificarse como libre de aceite si su contenido residual (incluyendo el vapor de aceite) es inferior a 0,01 mg/m³. Estamos hablando de cuatro centésimas partes del contenido normal del aire de la atmósfera. Esta cantidad es tan ínfima, que apenas se puede medir.

La calidad del aire de aspiración, naturalmente dependerá de las condiciones ambientales. En zonas industriales, donde se utiliza aceite como medio de lubricación, de refrigeración y de procesos, el contenido de aceite mineral puede superar el 10%. También se pueden encontrar otros elementos contaminantes, como dióxido de azufre, hollín, metales y polvo. Debido a la magnitud de la contaminación no es posible que un compresor equipado tan sólo con un filtro de polvo de 3 micrones suministre aire comprimido libre de aceite. El contenido de partículas de contaminación en el aire es definido en:

Masa por m³ de aire [g/m³]

Tamaño de partículas [μm]

Tabla II Clases de calidad de aire según DIN ISO 8573

Clase	Polvo Residual		Agua Residual		Aceite Residual
	μm	mg/m ³	DTP [°C]	g/m ³	mg/m ³
1	0.1	0.1	-70	0.003	0.01
2	1	1	-40	0.12	0.1
3	5	5	-20	0.88	1
4	15	8	+3	6,0	5
5	40	10	+7	7,8	25
6	-	-	+10	9,4	-
7	-	-	n.d.	n.d.	-

Fuente: www.festo.com

Ventajas del tratamiento del aire comprimido:

- Alto rendimiento de los equipos neumáticos.
- Servicio exento de fallos
- Bajos costos de funcionamiento y mantenimiento.
- Calidad constante de los productos
- Procesos económicos de trabajo.
- Incremento de la competitividad
- Aumento de la rentabilidad.
- Económica instalación de la red de aire comprimido
- Tuberías exentas de condensado

En resumen, las ventajas de usar los sistemas de tratamiento:

- Prolonga la vida útil de la maquinaria que utiliza el aire comprimido como energía.
- Mejora la calidad de sus productos.

- Aumenta la rentabilidad de su empresa.
- Disminuye el riesgo de fallos de servicio.
- Reduce los gastos de reparación de sistemas neumáticos.
- Reduce la corrosión en las tuberías de transporte del aire.

Sin embargo, al tratamiento del aire se le suele dársele menor importancia. Este hecho es lamentable, ya que los consumidores de aire comprimido y la red de distribución provocarán menos costos de mantenimiento si el tratamiento del aire es correcto.

Figura 5. Equipos para el tratamiento de aire comprimido



Fuente: www.festo.com

2.1. 2 Distribución del aire comprimido

Planificación e instalación de una red de aire comprimido

Lo primero que se decide es si se desea una producción de aire comprimido central o descentralizada. Para empresas pequeñas y medianas suele ser recomendable una estación central, ya que en ellas no se dan los problemas que suelen darse en las grandes redes de aire comprimido: altos gastos de instalación, peligro de congelación de conducciones mal aisladas en

invierno, fuertes caídas de presión por las grandes distancias que cubren las tuberías.

- Dimensionado correcto de la red

Siempre es necesario realizar cálculos para dimensionar una red de aire comprimido. La base para dichos cálculos ha de ser una bajada de presión de 1 bar entre el compresor y los consumidores, incluida la diferencia de conmutación del compresor y del tratamiento estándar del aire. Debe contarse con las siguientes pérdidas:

Tabla III. Pérdidas en redes de aire

Red Central	0.03 bar
Red de distribución	0.03 bar
Secador	0.20 bar
Unidad y tubería de tratamiento	0.50 bar
Total	0.80 bar

Fuente: Elaboración propia

- Producción económica de aire comprimido

Teniendo en cuenta todos los gastos de energía, refrigerantes, mantenimiento y la depreciación del compresor, un metro cúbico de aire puede costar entre 0,5 y 2,5 céntimos de euro, dependiendo del modelo, la carga y el estado de mantenimiento del compresor. Por esta razón, muchas empresas dan gran importancia a una producción económica del aire comprimido. Y este es justamente el motivo por el cual los compresores de tornillo refrigerados por aceite tienen éxito: con estas máquinas puede ahorrarse hasta un 20% de los costes que generaba antes la producción de aire comprimido.

- Un buen asesoramiento es determinante para el ahorro

El sistema de aire comprimido tendrá que estar perfectamente adaptado al uso, a su lugar de instalación y a las condiciones ambientales. Debe estar formado por compresores, aparatos de tratamiento y conducciones de dimensiones correctas, contar con sistemas de control eficaces, una técnica de ventilación adecuada y un buen sistema de tratamiento de condensados y, a ser posible, un sistema de recuperación del calor.

Este sistema incluye el análisis de la demanda aire, la planificación y la realización del proyecto. Los puntos más importantes son la calidad del asesoramiento y la elección correcta de los elementos técnicos, ya que el mayor potencial de ahorro se encuentra precisamente en el consumo de energía y en el mantenimiento, y no en los costes de adquisición de la estación. Conviene comprobar la presión mínima de trabajo de los equipos conectados y las pérdidas de presión en la red.

Entre los factores que se deben tomar en cuenta para localizar pérdidas de presión, pueden ser:

- Tuberías o ramales de tuberías de aire comprimido que no se utilizan: Conviene localizar e identificar las tuberías de aire no utilizadas en la actualidad. Si no se utilizarán desconectar los circuitos. Las tuberías y ramales no utilizados y que no están aislados, se presurizan y vacían cada vez que presuriza/despresuriza el sistema de aire. Estas tuberías y ramales pueden ser una fuente potencial de fugas.

- Programa periódico de pruebas y reparación de fugas

Debería existir un sistema efectivo para detectar las fugas y repararlas en línea. La detección de fugas es más fácil cuando no hay demanda de aire y no hay ruidos en la fábrica. El oído y la comprobación de los empalmes, conectores,

medidores, mangueras, y juntas de cilindros permite detectar las fugas. La mayor proporción de pérdidas del aire se puede atribuir a las fugas.

Prueba de aceite

Use una hoja de papel blanca; accione una pistola de aire frente a la hoja a una distancia de 30 cm por aprox. 30s; la hoja deberá de presentar una leve coloración amarilla sin presencia de gotas

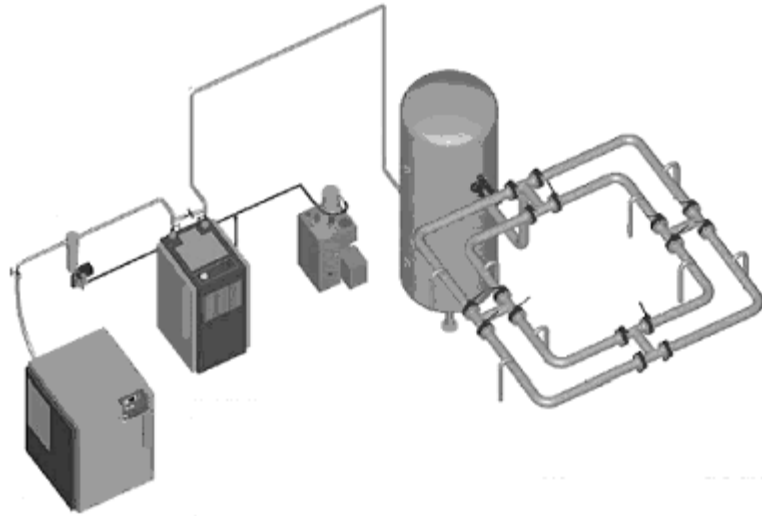
Planificación de las estaciones de aire comprimido

El calor generado por los compresores puede utilizarse para ahorrar energía. Con la ayuda de los sistemas adecuados, es posible recuperar en forma de calor hasta un 94% de la energía absorbida, lo cual reduce notablemente los costes de producción del aire comprimido. Pero además, en las instalaciones dotadas de un sistema para la recuperación del calor deberá haber un sistema de refrigeración de calidad, con el cual podremos ahorrar: los costes de refrigeración por aire pueden resultar hasta un 30% más bajos que los costes de refrigeración por agua. Por tanto, será preferible una refrigeración por aire siempre que exista la posibilidad de elegir.

- Instalación de tuberías suplementarias

Una buena solución para tuberías que hayan perdido buena parte de su sección por depósitos consiste en instalar tramos de tubería paralelos conectados a la primera. Si el estrechamiento de las tuberías es extremo, es conveniente instalar un anillo completo suplementario. Se dimensiona este segundo anillo correctamente, además del efecto principal deseado, se conseguirá una mejor distribución del aire comprimido. Las medidas de saneamiento solamente alcanzarán resultados óptimos si se eliminan también las fugas de la red de aire.

Figura 6. Saneamiento de una tubería de aire comprimido instalando un segundo anillo de distribución



Fuente: Tratamiento, seguridad del aire, www.norgren.com

1. El entorno de los compresores

1.1 Un entorno limpio y seco

Los compresores deberán instalarse de manera que sean suficientemente accesibles y que se garantice la refrigeración necesaria, la temperatura ambiente del lugar de instalación de compresores refrigerados por aire o aceite no debe superar los +40 °C. Además, en el espacio de aspiración de los compresores no deberán liberarse sustancias peligrosas. Este tipo de normativas deben entenderse como un mínimo exigible, ya que su objetivo es reducir al mínimo el riesgo de accidentes.

1.2 La sala de compresores

En la sala de compresores no deberán almacenarse enseres de otra índole, ni dejar que se acumulen polvo u otras impurezas. El suelo deberá ser resistente a la abrasión y, en caso ideal, deberá poder limpiarse con agua.

Si el aire de aspiración y de refrigeración proceden de un ambiente muy cargado de polvo, partículas de hollín o similares, será imprescindible una filtración preliminar intensiva.

1.3 Clima moderado

La temperatura ejerce también una gran influencia sobre la fiabilidad y el mantenimiento de los compresores: el aire de aspiración y de refrigeración no puede estar ni demasiado frío (menos de +3 °C) ni demasiado caliente (más de +40 °C). Este hecho deberá tenerse en cuenta en la planificación y en la construcción.

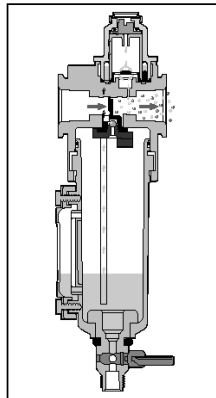
2.1. 3 Lubricación del aire comprimido

Lubricacion

El siguiente paso para el tratamiento del aire comprimido es introducir en el aire una cantidad adecuada de lubricante, normalmente aceite que permita al equipo de trabajo satisfacer sus requerimientos de forma eficiente sin una excesiva resistencia o desgaste. Una resistencia excesiva al movimiento provocará un consumo adicional de energía, y un desgaste excesivo conducirá a un acortamiento de la vida del equipo, originando un coste extra. Existen dos tipos básicos de lubricador standard, aerosol y bomba de inyección. El más utilizado es el aerosol, que fue el primer dispositivo de lubricación de líneas de aire comprimido con funcionamiento automático.

Los dispositivos neumáticos de un sistema pueden requerir diferentes cantidades de lubricante, por lo que deberán siempre seguirse las recomendaciones de los fabricantes del equipo. Como orientación general, para la mayoría de sistemas neumáticos será un buen punto de inicio considerar una densidad de salida de aceite de $60\text{mg}/\text{m}^3$. Tras las inspecciones y actuaciones de mantenimiento regulares, la cantidad óptima podrá fijarse aumentando o disminuyendo la cantidad suministrada.

Figura 7. Lubricador



Fuente: Tratamiento, seguridad del aire, www.norgren.com

Selección del lubricador

Todos los lubricadores son una fuente de caída de presión y por tanto de pérdida de energía, aunque pueden ser colocados prácticamente en cualquier lugar dentro del sistema, deberán seleccionarse y lubricarse tan cerca como sea posible de la aplicación. Se deben colocar los lubricadores donde se requieran niveles diferentes de lubricación, y no intentar nunca colocar un lubricador para suministrar un sistema completo de distribución, puesto que entonces algunas partes quedarán sobrelubricadas mientras otras quedarán lubricadas insuficientemente.

Comprobar que el lubricador elegido posee la suficiente capacidad de caudal sin una excesiva caída de presión en relación al tamaño de la tubería que se va a utilizar. Dado que los lubricadores requieren una mínima caída de presión para trabajar, caída que está normalmente relacionada con el caudal, debemos asegurar que se satisface esta mínima condición de caudal, de lo contrario no habrá salida de aceite. Es importante observar que las fugas de los sistemas de aire comprimido son una fuente de pérdidas de energía, y que tales fugas constituyen efectivamente un caudal constante través del sistema. Si se utiliza un lubricador con un punto de arranque muy bajo, incluso una pequeña fuga que consiga superar el punto de arranque originará un goteo y suministrará aceite al sistema. Esta es a menudo la causa de inundación por aceite durante períodos de paro.

En el caso de utilización continua, deberá seleccionarse un lubricador con suficiente capacidad de depósito. Para unidades de tamaño de tubería 1/2" y superiores, existen normalmente diferentes capacidades de depósito. En el caso que esto no sea posible por razones de espacio o de grado de utilización, deberán utilizarse dispositivos de llenado remotos o interruptores de nivel de líquido a los sistemas auxiliares. En el caso de trabajar con caudales muy elevados deberá utilizarse un lubricador fijo tipo venturi.

A diferencia de los tipos standard, éste no se ajusta automáticamente para proporcionar una densidad constante aire/aceite, por lo que las necesidades de caudal necesitan que éste sea esencialmente constante. Este tipo de dispositivo no producirá excesivas caídas de presión asociadas a los caudales elevados, por lo que será más eficiente energéticamente.

Para caudales excepcionalmente altos, pueden inyectarse pequeñas cantidades de lubricante por medio de pequeños lubricadores en conducciones

de grandes sistemas de distribución de 1 a 2” y superiores, donde un lubricador para superficie interior completa resultaría caro tanto en términos de coste como de caída de presión.

2.1.4 Filtración del aire comprimido

La filtración es una técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos y fluidos, gas o líquido, a través de un medio poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene la mayor parte del o de los componentes sólidos de la mezcla.

La clasificación de los procesos de filtración y los equipos es diverso y en general, las categorías de clasificación no se excluyen unas de otras. La variedad de dispositivos de filtración o filtros es tan extensa como las variedades de materiales porosos disponibles como medios filtrantes y las condiciones particulares de cada aplicación.

Clasificación

El patrón de clasificación de los procesos de filtración es diverso, se puede realizar en función de los siguientes criterios:

- Mecanismo de filtración
- Naturaleza de la mezcla
- Meta del proceso
- Ciclo operacional
- Fuerza impulsora

Teoría de la filtración

La filtración ha evolucionado como un arte práctico desde aplicaciones primitivas, como la tradicional filtración en lecho de arena empleado desde la

antigüedad para la extracción de agua potable. El principio teórico de la filtración se fundamenta en la cuantificación de la relación básica de velocidad un fluido o caudal:

$$velocidad = \frac{F}{R}$$

Relación Fuerza-Resistencia

Donde, la *fuerza impulsora* (F) que puede ser la fuerza de gravedad, el empuje de una bomba de presión o de succión, o la fuerza centrífuga, mientras que la *resistencia* (R) es la suma de la ofrecida por el medio filtrante y la torta de sólido formada sobre el mismo.

Medios filtrantes

El medio filtrante es el elemento fundamental para la práctica de la filtración y su elección es habitualmente la consideración más importante para garantizar el funcionamiento del proceso. En general, entre los principales criterios de selección del material de medio filtrante se pueden destacar:

- Compatibilidad y resistencia química con la mezcla
- Permeabilidad al fluido y resistencia a las presiones de filtración
- Capacidad en la retención de sólidos
- Adaptación al equipo de filtración y mantenimiento
- Relación vida útil y coste

La variedad de tipos de medios porosos utilizados como medios filtrantes es muy diversa en forma de telas y fibras tejidas, fieltros y fibras no tejidas, sólidos porosos o perforados, membranas poliméricas o sólidos particulados, a lo que

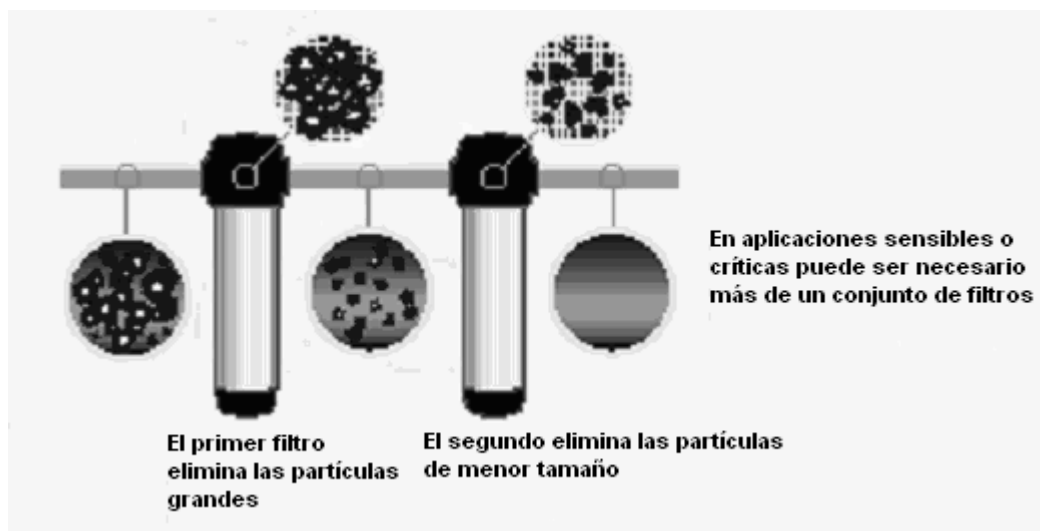
se suma la gran variedad de materiales: fibras naturales, fibras sintéticas, materiales metálicos, materiales cerámicos y polímeros.

Equipos para la filtración

Eliminación de la contaminación de partículas

Los contaminantes pueden destruir un sistema de aire comprimido. Las partículas distribuidas casi de forma invisible por todo el aire del entorno se convierten en una fuerza concentrada que provoca daños y destrucción a todas sus herramientas, equipos e instrumentos que utilizan aire comprimido.

Figura 8. Filtración de partículas



Fuente: Guia sobre la calidad del aire

Criterios de selección de equipos de filtración

La selección de un equipo de filtración en general requiere un estudio de las especificaciones y objetivos del proceso junto con una evaluación de la

capacidad y características del equipo de filtración en las que las consideraciones sobre el medio filtrante son importantes. Los factores a considerar relativos del proceso que suelen citarse son:

- Características fluido-mecánicas de la corriente de fluido a tratar.
- Capacidad de producción.
- Condiciones del proceso.
- Parámetros de funcionamiento.
- Materiales de construcción.

Los criterios del equipo de filtración a estudiar suelen ser:

- Tipo de ciclo: continuo o por lotes
- Fuerza de impulsión.
- Caudales admisibles.
- Calidad de la separación.
- Fiabilidad y mantenimiento.
- Materiales de construcción y dimensiones.

Costo:

En la estimación de costos, con frecuencia se consideran:

- Costo de adquisición del equipo.
- Costos de instalación y puesta en marcha incluyendo acondicionamiento del fluido o tratamientos previos requeridos.
- Costos de operación: mano de obra, electricidad, consumo de fluidos auxiliares.
- Costo de mantenimiento: mano de obra de sustitución de medios filtrantes consumibles, piezas de recambio, tiempos de parada.
- Vida del equipo.
- Costo del medio filtrante consumible.

Microfiltros: los microfiltros separan las impurezas más finas del aire comprimido. Los microfiltros separan las sustancias sólidas del aire comprimido con una eficacia del 99,99999% referido a 0,01 μm y un contenido de aceite residual de hasta 0,01 mg/m³.

Utilización de los microfiltros

- Como filtro central en la tubería de aire comprimido o como filtro final antes del aparato que utiliza el aire comprimido.
- Cuando se exige aire comprimido técnicamente exento de aceite.
- Antes del secador de aire comprimido y del microfiltro.
- Para aire comprimido con alto contenido de polvo.
- En líneas con un elevado contenido de aceite en el aire comprimido.

Figura 9. Microfiltro



Fuente: Guía sobre la calidad del aire

Eliminación del aceite

El aceite en el aire comprimido afecta a los productos y al entorno de trabajo. El aceite, los hidrocarburos no quemados y el refrigerante de compresores se concentran mucho durante el proceso de compresión. Estos

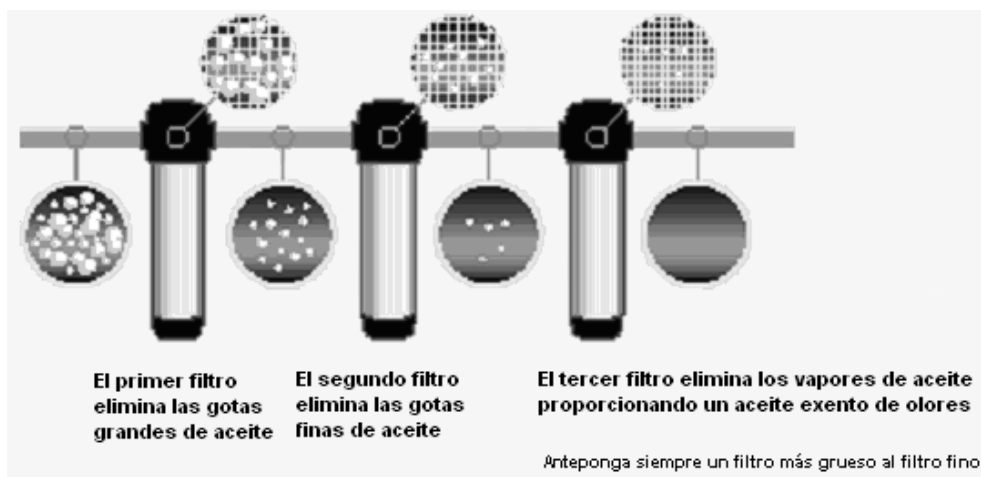
contaminantes entran en el caudal de aire como gotas arrastradas y a menos que sean eliminados pasan a través del sistema de aire comprimido al proceso de producción. El separador de aire/aceite incorporado en todos los compresores de aire de tornillo rotativo eliminará parte del aceite, pero esto no es suficiente para la mayoría de aplicaciones.

Un filtrado adecuado elimina el aceite no deseado del caudal de aire, eliminar el aceite del caudal de aire comprimido aporta verdaderas ventajas:

- Prolonga la vida útil de las herramientas neumáticas
- Alta calidad de los productos acabados
- Elimina olores no deseados
- Un entorno de trabajo más seguro

Un aire comprimido sin aceite sólo puede conseguirse instalando un compresor de aire exento de aceite. Aún así, seguirá siendo necesario filtrar las partículas y eliminar la humedad.

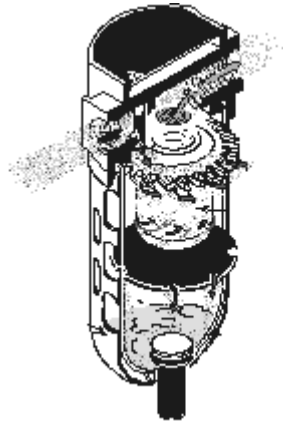
Figura 10. Filtración de Aceite



Fuente: Guía sobre la calidad del aire

Principio básico: remover partículas contaminantes sólidas arriba de $40\mu\text{m}$ o $5\mu\text{m}$. Separación de una gran parte de líquidos. Generalmente usados en aplicaciones industriales donde agua, aceite y partículas dañinas de suciedad deber ser removidas del sistema de aire comprimido. Deben también utilizarse como pre-filtro para filtros coalescentes.

Figura 11. Principio de funcionamiento-filtro de particulas



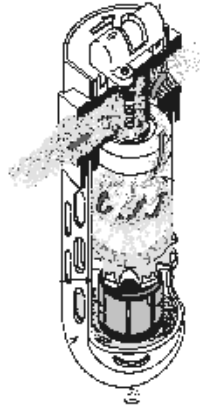
Fuente: Guía sobre la calidad del aire

Filtro coalescente

Principio básico

Dos elementos de filtrado: $1\mu\text{m}$ y $0,01\mu\text{m}$. Adecuados para filtración de aceite de $0,01\text{ mg/m}^3$. Específicamente diseñados para remover partículas sólidas, agua y aerosoles de aceite arriba de $0,01\mu\text{m}$.

Figura 12. Principio de funcionamiento-filtro coalescente



Fuente: Guía sobre la calidad del aire

Filtro de absorción

Filtros de carbón activo

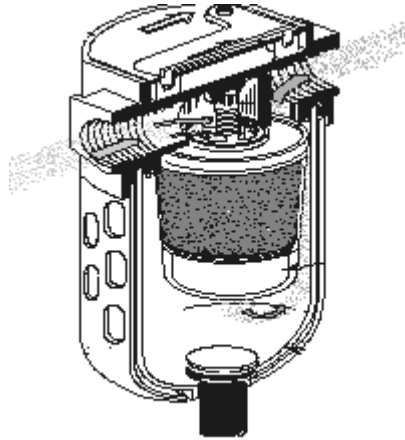
Los filtros de carbón activo retienen el vapor de aceite del aire comprimido. Los filtros de carbón activo deben estar precedidos por los microfiltros. El contenido residual de aceite es de 0,003 mg/m³.

- Usado para remover vapor y olores de aceite.
- Un filtro de carbón activo es normalmente usado en conjunto con un micro filtro.
- Aplicaciones típicas: industria alimenticia y del empaque, industria farmacéutica, industria electrónica y de semi-conductores.

Utilización de los filtros de carbón activo:

Después del secador de aire comprimido en combinación con microfiltro
Cuando se exige aire comprimido técnicamente exento de vapor de aceite.

Figura 13. Principio de funcionamiento – carbón activado



Fuente: Guía sobre la calidad del aire

Partículas sólidas

Al igual que en el agua, en cualquier sistema de aire comprimido existen partículas sólidas, independientemente del tipo de compresor. Estas partículas pueden generarse desde cuatro fuentes principales:

- Suciedad atmosférica aspirada en el puerto de entrada del compresor.
- Productos corrosivos originados por la acción del agua y de ácidos débiles, formados por la interacción de agua y gases tales como el dióxido de azufre, aspirados por el compresor.
- Productos de carbono formados por la acción del calor de compresión en el aceite lubricante o por el desgaste normal de los anillos de carbono del pistón utilizados en algunos tipos de compresores libres de aceite.
- Partículas originadas a partir de la fijación mecánica entre la canalización y los componentes introducidos en el sistema de distribución de aire.

El tamaño de las partículas de suciedad puede cubrir un rango muy amplio, desde varios cientos de micras hasta por debajo de una micra y el nivel de filtración depende del grado de limpieza necesario para cada proceso en particular. Generalmente, no es recomendable habilitar una filtración más fina de la estrictamente necesaria, dado que cuanto más fina sea la filtración, mayor será la cantidad de suciedad atrapada por el elemento de filtraje, con lo cual éste se bloqueará más rápidamente.

Las partículas pueden clasificarse según dos grandes grupos: Gruesas (40 micras o más) y las finas. La mayoría de los filtros de aire normales podrán eliminar satisfactoriamente partículas de hasta un tamaño mínimo de 40 micras. La filtración fina en la región de los 10 – 25 μm es la requerida normalmente para máquinas neumáticas de alta velocidad, o para instrumentación de control de procesos. La filtración de 10 μm e inferior es muy importante para micro-motores neumáticos y para cojinetes neumáticos.

Las aplicaciones pueden llegar a requerir un nivel de filtración aún mayor, como por ejemplo en los casos de pintura por pulverización, aire acondicionado y aplicaciones alimentarias, es muy importante la filtración a niveles inferiores a 1 μm . En estos casos no pueden utilizarse filtros de aire standard, haciéndose necesaria la utilización de los filtros de alta eficacia. Los filtros de aire standard deberán aún así utilizarse como pre-filtros junto con estos filtros de alta eficacia. Estos últimos eliminarán estas partículas extremadamente finas, y en el caso de ser expuestos directamente a las partículas más gruesas, quedarán saturados por las mismas de forma extremadamente rápida. Todos los elementos se irán saturando con el uso. El nivel de saturación aceptable dependerá de la aplicación y del conocimiento energético relativo al funcionamiento de la planta. Los filtros standard pueden limpiarse y ser reutilizados, pero en el entorno actual, con elevados costes de mano de obra frente al bajo nivel de precios de

las piezas de recambio, normalmente la mejor solución es la de sustituir los elementos.

Esto asegurará también una caída de presión mínima tras la reinstalación, puesto que la limpieza eliminará, como máximo, un 70% de las partículas acumuladas. Los elementos de filtraje de alta eficacia no pueden limpiarse y deberán ser sustituidos antes de que lleguen a quedar bloqueados por la suciedad. Bajo condiciones normales de utilización se procede al cambio de los elementos de filtraje de aplicación general antes de que la caída de presión originada sea mayor de 0,5 bar o bien durante el mantenimiento periódico anual.

Aceite

La fuente principal de contaminación por aceite en un sistema de aire comprimido se encuentra en el compresor. Un compresor lubricado por aceite con una capacidad de 50m³/s puede introducir en el sistema hasta 0,16 litros de aceite por semana. El aceite se utiliza para la lubricación del compresor, pero cuando aparece junto con el aire comprimido previo a la distribución, el aceite se encuentra en un estado totalmente inutilizable. Al haber sido sometido a elevadas temperaturas durante la compresión del aire, el aceite queda oxidado y ácido, con lo que puede ser considerado como un contaminante agresivo para el sistema, más que un lubricante propiamente, por lo que debe ser eliminado.

Los filtros de aire normales eliminarán el suficiente aceite líquido (junto con agua) como para dejar el aire del sistema en condiciones para alimentar a la mayoría de máquinas y cilindros neumáticos, pero en determinados procesos se requiere aire completamente libre de aceite. Una solución consiste en utilizar compresores libres de aceite. Estos compresores producirán, aún así, aire contaminado con suciedad y agua, y a menudo resultará más económico utilizar

compresores con lubricación por aceite junto con refrigeradores posteriores y filtros de aire standard, colocando únicamente filtros de eliminación de aceite de alta eficacia en los puntos del sistema en que se requiera aire libre de aceite. Ello asegura que la cantidad de aire que necesita tratamiento especial se mantenga al mínimo, permitiendo trabajar en la zona afectada con un filtro especial más pequeño, en lugar de tener que utilizar un filtro especial de mayor tamaño para la totalidad de la planta.

El aceite de un sistema de aire comprimido puede existir en tres formas: como emulsiones de aceite/agua, aerosoles (pequeñas partículas suspendidas en el aire) y vapores de aceite. Las emulsiones pueden eliminarse mediante la utilización de filtros de aire standard.

Selección de filtros

Una vez considerados todos los contaminantes, puede ya determinarse el grado de limpieza del aire de cada parte de una planta industrial o proceso. Únicamente mediante la utilización de los filtros correctos y su instalación adecuada, pueden mantenerse los costes de energía y mantenimiento al mínimo.

El volumen de aire implicado en cada etapa debe siempre ser considerado como subdimensionado, la utilización de filtros inadecuados es una de las causas principales de costes de energía. Cuando se elija un filtro para la limpieza de aire comprimido, asegurarse que:

- Se ha seleccionado el tipo correcto de filtro y el elemento filtrante para la eliminación de partículas.
- La eficiencia de la eliminación de líquido es alta y no es posible la reentrada.

- Exista una facilidad de mantenimiento y de recogida del líquido condensado.
- Mediante una buena visibilidad del condensado y/o del elemento se asegura que la función se ha conseguido o que existe una necesidad de mantenimiento. Este elemento puede ser un dispositivo de caída de presión, un indicador de nivel de líquido o un recipiente transparente.

Filtros/reguladores

Los filtros/reguladores tienen la finalidad de limpiar el aire que se dirige a la aplicación y controlar la presión en una sola unidad compacta. Para aplicaciones de tipo general, los filtros/reguladores tienen generalmente un coste inferior al de dos unidades por separado. Algunos filtros/reguladores son especiales para aplicaciones de instrumentación con propiedades de eliminación de partículas muy finas o incluso de eliminación de aceite, con características propias del regulador de presión, así como hay otros con propiedades de compatibilidad de materiales especiales.

2.2.5 Procedimientos de secado

El aire comprimido seco es más rentable. El aire comprimido siempre contiene humedad, partículas de aceite procedentes del compresor y partículas de polvo, estas impurezas pueden causar graves fallos. En las herramientas y los equipos de aire comprimido se forman puntos de corrosión o acumulaciones, esto limita el rendimiento y perjudica la calidad de los productos.

Cómo remover humedad y los contaminantes

Los postenfriadores disminuyen la temperatura del aire comprimido hasta un nivel seguro de usar y eliminan hasta el 70% del vapor de agua. Los

secadores de aire remueven el vapor de agua y reducen la temperatura del punto de rocío a presión del aire comprimido. Así se previene que se condense agua líquida en el sistema, aunque no se eliminan todos los contaminantes que entran al sistema. Los separadores y los filtros eliminan el agua líquida, así como los contaminantes sólidos y gaseosos que afectan adversamente al sistema de aire. Los drenes descargan el agua acumulada y los contaminantes líquidos de diversos puntos en sistema neumático.

Selección del tipo adecuado de secador para aire comprimido

Cuando se seleccione un secador de aire comprimido, considerar estos factores para determinar el sistema más adecuado para la aplicación. Los secadores para aire comprimido varían en relación a su punto de rocío, costo inicial y el mantenimiento requerido.

- Seleccionar una temperatura de punto de rocío por debajo de la temperatura ambiente mínima a la cual esté expuesto su sistema de aire comprimido. Determinar que secadores producen el punto de rocío requerido.
- Considerar los costos iniciales y de operación. Entre menor sea el punto de rocío, el secador y su operación serán más costosos.

Considerar las líneas de aire:

Localizadas enfrente de puertas abiertas o ventanas.

En áreas con aire acondicionado o sin calefacción.

Una vez se ha seleccionado el sistema apropiado, determinar las condiciones actuales en las que el secador estará operando:

- Capacidad de Flujo (scfm, Nm³/hr, Nm³/min, l/sec).

- Punto de rocío a presión (°C, °F).
- Presión de entrada del aire (psig, bar, kg/cm²).
- Temperatura de entrada del aire (°C, °F).
- Temperatura ambiente o del agua de enfriamiento (°C, °F).
- Caída de presión máxima permisible (psi, bar, kg/cm²).

Tipos de secadores

Secadores de membrana: los secadores de membrana se utilizan como “parte de la tubería” o bien se montan formando un conjunto, junto con compresores de pistón o de tornillo.

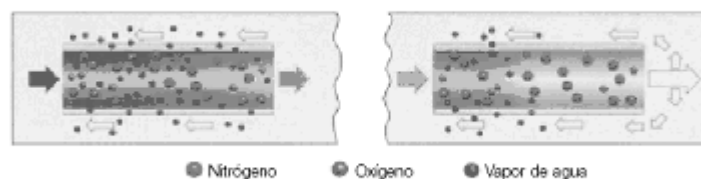
Ventajas

No se genera condensado durante el secado.

No es necesaria la eliminación de condensado.

Figura 14. Proceso de secado por medio de concentración dinámica

Las moléculas de agua se difunden a través de las membranas



Fuente: Guía de tratamiento de aire, www.boge.com

Secadores de absorción: antes del secador, el microfiltro elimina del aire comprimido las impurezas líquidas y sólidas de hasta 0,01 µm. En el secador de adsorción, el material secante retiene la humedad obteniéndose aire

comprimido limpio y seco. En este proceso se alcanzan puntos de rocío a presión de hasta -40°C . La regeneración se efectúa en un segundo depósito simultáneo a la adsorción de la humedad. En los secadores de absorción regenerados en frío, una corriente parcial del aire comprimido ya seco regenera el secante.

Separadores ciclónicos: los separadores ciclónicos eliminan líquidos, neblinas y sustancias sólidas del aire comprimido. Se utilizan en:

- Directamente después del compresor.
- Cuando no existe ningún depósito de aire comprimido.
- Cuando el depósito de aire comprimido se encuentra a considerable distancia.
- Antes de tramos verticales de tubería de aire comprimido.

Prefiltros los prefiltros separan las impurezas gruesas del aire comprimido, separan las sustancias sólidas del aire comprimido con una eficacia del 99,99 % aproximadamente $3\ \mu\text{m}$. Se utilizan en:

- Antes del secador de aire comprimido y del microfiltro.
- Para aire comprimido con alto contenido de polvo.
- En líneas con un elevado contenido de aceite en el aire comprimido.

Estado del aire comprimido

Precipitación de condensado del aire comprimido

La cantidad de condensado del aire comprimido depende de la humedad, temperatura y volumen del aire aspirado. El condensado se precipita en diferentes cantidades en diferentes puntos de un sistema de aire comprimido y en la red de tuberías de aire comprimido. Se precipita condensado cuando la temperatura del aire comprimido desciende por debajo del punto de rocío a presión. El punto de rocío a presión es la temperatura a la que se puede enfriarse el aire comprimido sin que se precipite condensado. El condensado de compresores lubricados por aceite consta de impurezas y humedad que se aspiran del ambiente y de partículas de aceite que debido a las elevadas temperaturas de compresión se presentan en forma de aerosoles y vapores. Sólo una separación, una evacuación y un correcto tratamiento del condensado garantizan un servicio seguro y considerado con el medio ambiente.

Tratamiento y eliminación del condensado

Si el condensado no se elimina perfectamente pueden presentarse desastrosos daños al medio ambiente, ya que un litro de condensado puede contaminar 1.000.000 litros de agua. En los compresores de funcionamiento exentos de aceite el aire comprimido en la cámara de compresión no entra en contacto con aceite. De esta forma, no se agrega aceite al condensado del aire. La posible presencia de partículas de aceite dependerá del lugar de ubicación del compresor. Normalmente este condensado es posible verterlo sin necesidad de tratamiento previo.

Tipos de condensado

El condensado de compresores lubricados con aceite puede presentarse en forma de emulsiones, mezclas y dispersadas.

Emulsiones

Las emulsiones son mezclas de aceite y agua que no se separa por el efecto de la gravedad. Las emulsiones estables sólo se pueden tratar en complejas y costosas instalaciones separadoras.

Mezclas dispersadas

Contrariamente a las emulsiones, estas mezclas pueden tratarse bajo el efecto de la gravedad con separadores de agua-aceite relativamente económicos.

Purgador automático de condensados

Los purgadores se adaptan a las necesidades específicas del condensado de aire comprimido. La ventaja de los purgadores consiste en que solamente se abren cuando realmente existe condensado, de esta forma no existe ninguna pérdida de aire. Los purgadores requieren un cierto mantenimiento, las fallas pueden presentarse a causa de condensado sucio, adherido o solidificado.

Prueba de condensado

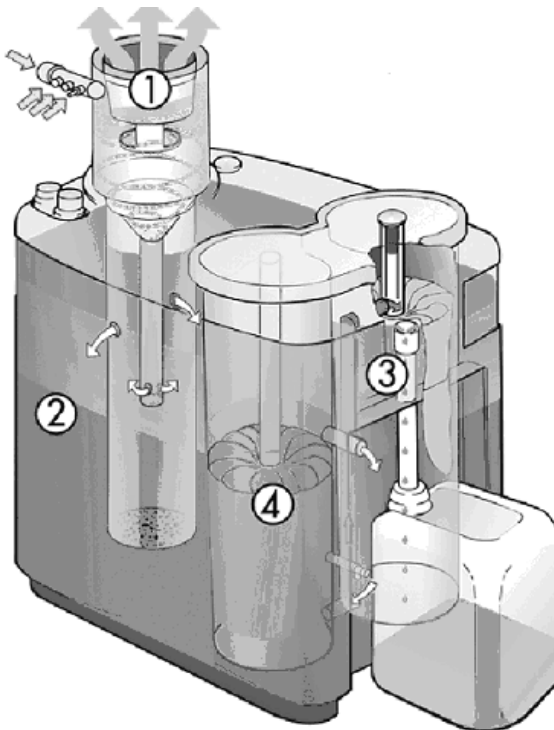
Existe una prueba sencilla para determinar el condensado, es una emulsión o una mezcla. Llenar condensado en un vaso limpio, después de un tiempo de reposo del líquido comprobar el estado de la mezcla. Si el aceite flota en la superficie y el agua es clara, la mezcla se trata con un separador agua-aceite. Si después del reposo el condensado forma una fase turbia de agua debajo de la capa de aceite, se puede determinar que se trata de una emulsión que se debe tratar solamente con una instalación separadora de emulsiones.

Posibilidades de tratamiento del condensado

El condensado generado en la línea de aire comprimido, cuando se trabaja con compresores lubricados por aceite, debe ser tratado antes de su evacuación. Para ello se ofrecen dos posibilidades:

Recogida del condensado y eliminación a través de empresas especializadas, lo que en la práctica está vinculado a elevados costos.

Figura 15. Tratamiento en planta, el recipiente colector de suciedad retiene impurezas sólidas. Separación por efecto de la gravedad aceite/agua.



Fuente: Guía de tratamiento de aire, www.boge.com

3. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

3.1 Aspectos a considerar en la distribución del aire comprimido

Al iniciar el proceso de diseño de una instalación de aire comprimido se deben investigar todas las aplicaciones y su ubicación en la planta tales como:

Presión.

Se debe estimar la presión a la cual se desea trabajar para establecer el funcionamiento del compresor y de la red. Generalmente una red industrial de aire comprimido tiene presiones de 6 y 7 bar. Se distinguen dos conceptos:

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

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

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

Caudal

Es la cantidad de aire que suministra el compresor. El caudal se expresa en m^3/min o m^3/h . El caudal de la red deberá ser diseñado con base en la demanda. Existen dos conceptos:

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

Pérdida de presión

Los componentes de una red de aire comprimido como codos, té, cambios de sección, unidades de mantenimiento y otras se oponen al flujo generando pérdidas de presión. Garantizar que las pérdidas estén en los límites permisibles es una labor esencial del diseño.

Tabla IV. Pérdida de presión de algunos dispositivos neumáticos

Refrigerador posterior de agua	0,09 bar
Refrigerador posterior de aire	0,09 bar
Secador frigorífico	0,20 bar
Secador adsorción	0,30 bar
Separadores cerámicos	0,10 bar
Red de tuberías	0,14 bar
Filtros en general	0,15 bar

Fuente: Elaboración propia

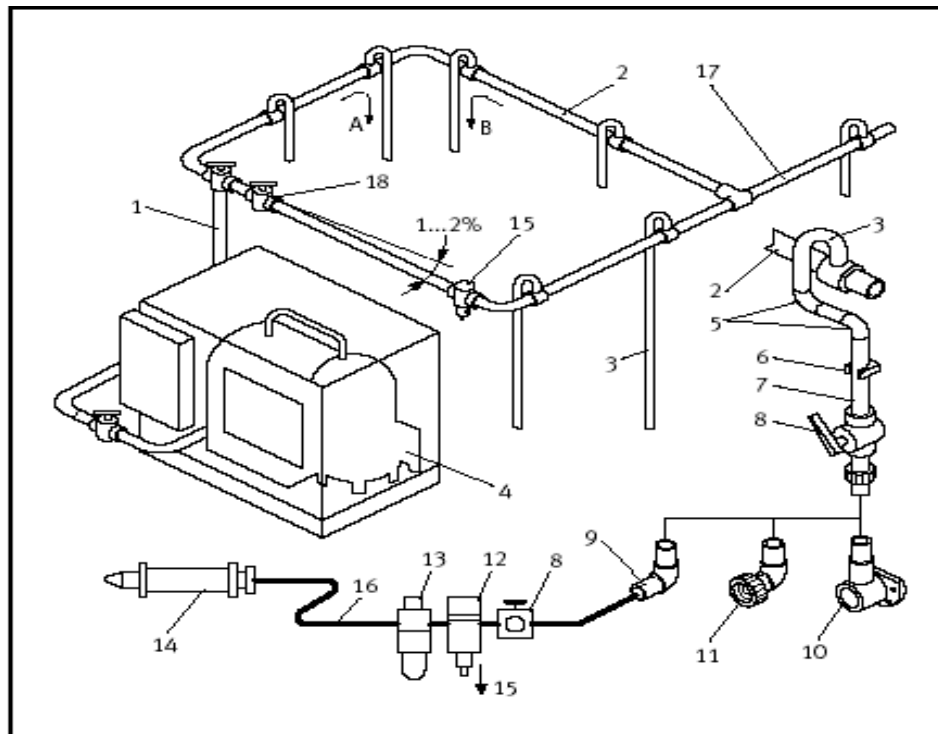
Velocidad de circulación

Esta velocidad debe controlarse puesto que su aumento produce mayores pérdidas de presión. Para ello es necesario disponer de un sistema eficiente de distribución del aire comprimido, el aire comprimido tiene que llegar hasta la unidad consumidora en la cantidad correcta, calidad necesaria y presión requerida. El sistema de distribución se configura normalmente de tal manera que en la entrada de aire de la unidad consumidora siempre se disponga de la presión mínima necesaria, sin importar que tan alejada este dicha unidad.

3.2 Elementos que conforman un sistema de aire comprimido

Existen varios aspectos a considerar al momento de la elección de los elementos que conformarán la red de aire comprimido, entre los aspectos más importantes a considerar son la elección del compresor y su uso. Un sistema de aire comprimido esta conformado por: Sistema compresor, refrigerador del compresor y motor, filtros de aire, filtros separadores de aceite, filtros para agua y partículas, Post-enfriador, tanque almacenador, sistema de condensado y secado de aire, redes, herramientas, máquinas, motores neumáticos o uso directo, controles, elementos de medición, válvulas de seguridad y unidades de mantenimiento. Los componentes incluidos en una red de aire comprimido suelen representarse mediante símbolos.

Figura 16. Componentes de una red de aire comprimido.

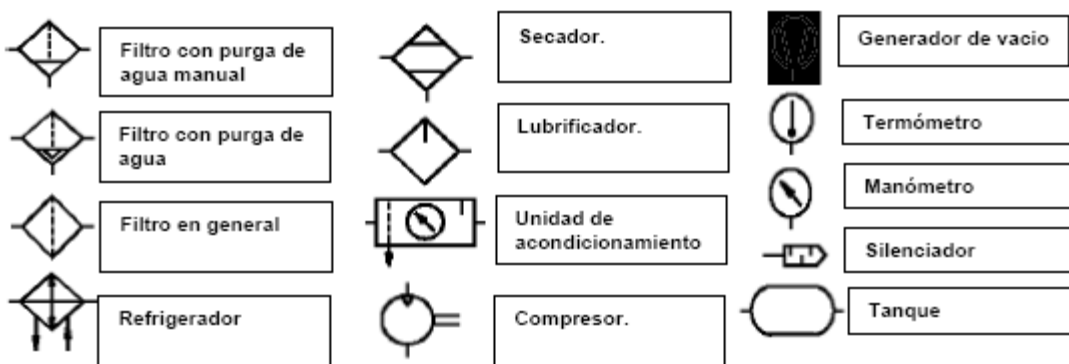


1. Tubería principal

2. Tubería de distribución

3. Tubería de unión
4. Compresor
5. Codo de 90°
6. Horquilla para montaje
7. Tubo
8. Válvula esférica
9. Tubo acodado
10. Disco de pared
11. Empalme con rosca interior
12. Filtro
13. Lubricador
14. Unidad consumidora
15. Condensado
16. Tubo flexible
17. Derivación
18. Llave de cierre

Figura 17. Símbolos de componentes de una red de aire comprimido



Fuente: Conceptos generales del aire comprimido

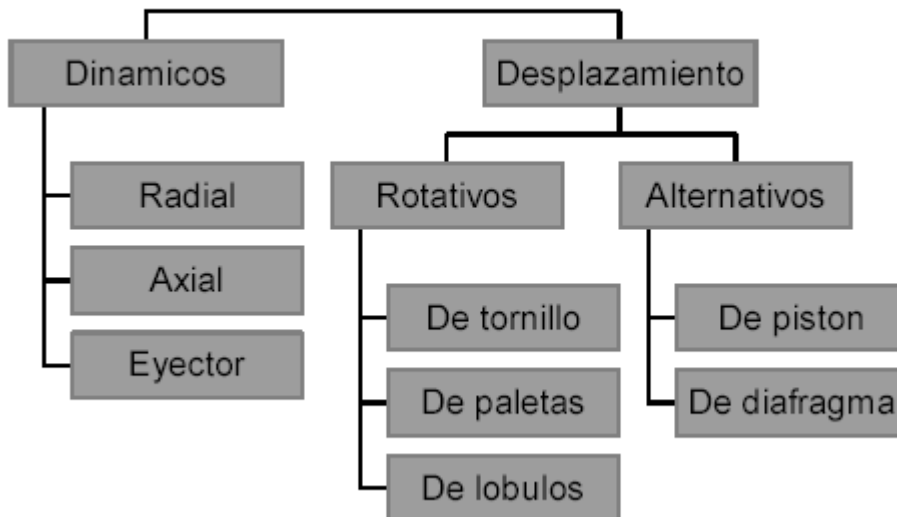
Compresor

Máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen del mismo durante su paso a través del compresor o cambiando la velocidad del aire por presión. Los compresores de acuerdo a su funcionamiento pueden clasificarse en dinámicos y de desplazamiento positivo.

Accionamiento

Los compresores se accionan, según las exigencias, por medio de un motor eléctrico o de combustión interna. En la industria, en la mayoría de los casos los compresores se arrastran por medio de un motor eléctrico. Aunque la aplicación anterior es la mas difundida y utilizada industrialmente, el elemento de accionamiento también puede ser un motor de combustión interna. Este tipo de energía es especialmente útil para trabajos en terreno en que no se cuenta con electricidad. Si se trata de un compresor móvil, éste en la mayoría de los casos se acciona por medio de un motor de combustión (gasolina, Diesel).

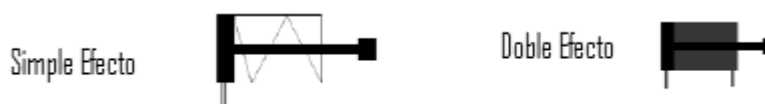
Figura 18. Clasificación de compresores según funcionamiento



Fuente: Conceptos generales del aire comprimido

Compresor de pistón: la compresión de aire la realiza uno o varios pistones que actúan dentro de una camisa o cilindro, los hay de simple o doble efecto.

Figura 19. Funcionamiento del compresor de Pistón



Fuente: Conceptos generales del aire comprimido

Compresor de diafragma: la compresión se efectúa mediante una membrana flexible, movida por un pistón.

Compresor de tornillo: dos rotores engranados entre si comprimen y desplazan el gas desde la entrada hacia la descarga.

Compresor de lóbulos: rotores giran en direcciones opuestas impulsando volúmenes continuos de aire. No producen compresión interna. La compresión tiene lugar en un tanque posterior debido a la entrega sucesiva de aire.

Compresor de paletas: la compresión se obtiene por reducción de volumen de las cámaras de aire formadas por dos paletas adyacentes que sellan contra la carcasa.

Compresor radial: el gas entra por el centro de una rueda giratoria, provista de aletas radiales que lanzan el gas por la periferia. El gas atraviesa un difusor para transformar la energía cinética en presión.

Compresor axial: el flujo sigue la dirección del eje. El gas pasa por hileras alternadas de paletas fijas y móviles que transfieren velocidad y después presión al gas.

Filtro de aire

Son sistemas ubicados a la entrada de aire del compresor, que atrapan partículas presentes en el aire, para evitar daños en tuberías y herramientas neumáticas.

Sistema de refrigeración del compresor

Intercambiador de calor que regula la temperatura interna del compresor, refrigerando el aceite caliente que es inyectado nuevamente al sistema a menor temperatura.

Tanque de almacenamiento

Recipiente a presión que almacena el aire comprimido, para luego ser distribuido a los diferentes consumidores. Posee válvulas de seguridad y sistemas de control.

Filtros separadores de aceite

Actúan cuando los sistemas compresores son lubricados, el aire se contamina con aceite que debe ser retirado, para ser recirculado al sistema.

Filtros de aceite

Retiran del aceite de lubricación partículas y suciedad, evitando desgaste del sistema compresor.

Filtro de partículas

El aire que proviene de los compresores puede contener cantidades considerables de partículas de suciedad, compuestos volátiles tóxicos y no-tóxicos junto con partículas de aceite que deben ser retiradas.

Post-enfriador

Intercambiador de calor que disminuye la temperatura del aire luego de ser comprimido, para condensar la humedad presente en el aire, pueden ser aire-aire o aire-agua

Separador de agua

Los separadores agua/aceite reducen el contenido de aceite en los condensados alcanzando hasta un 99,99% de agua pura para ser descargada en forma directa y legalmente aprobada al alcantarillado.

Sistema de condensado y secado de aire

El aire contiene vapores de agua que al comprimirse o perder temperatura se condensan. Estos contenidos de agua son extraídos por los sistemas de condensado y secado de aire.

Redes de distribución

Transportan el aire comprimido desde el compresor a los sistemas consumidores o a los tanques de almacenamiento. Estas redes pueden ser ramificadas o en ciclos cerrados. Estos sistemas de distribución deben garantizar poca caída de presión entre el compresor y los puntos de consumo, fugas mínimas y alto grado de separación de condensados en todo el sistema.

Tabla VI. Ventajas y desventajas de estos dos tipos de sistemas

Con ramificaciones		Ciclo cerrado	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Poco costosa	Baja presión en	Distribución mas	No flexible en
Flexible para futuras	los extremos	uniforme de aire	expansiones futuras
expansiones		Menos caídas de	Mas costoso
		presión	

Fuente: Conceptos generales del aire comprimido

Unidades F.R.L.

Sistemas ubicados antes de la entrada de aire a las herramientas o máquinas neumáticas. Estas unidades filtran, regulan la presión y lubrican, son indispensables para el correcto funcionamiento de los equipos.

Controles

Equipos que regulan las principales variables del sistema como presión, temperatura, caudal y humedad.

Elementos de medición

Sistemas que censan las variables más importantes en los sistemas de compresión de aire, estos pueden ser: termómetro, manómetro, indicador de caudal, contadores energéticos, etc.

3.3 Planificación y distribución de una estación de aire comprimido (diseño de una red de aire)

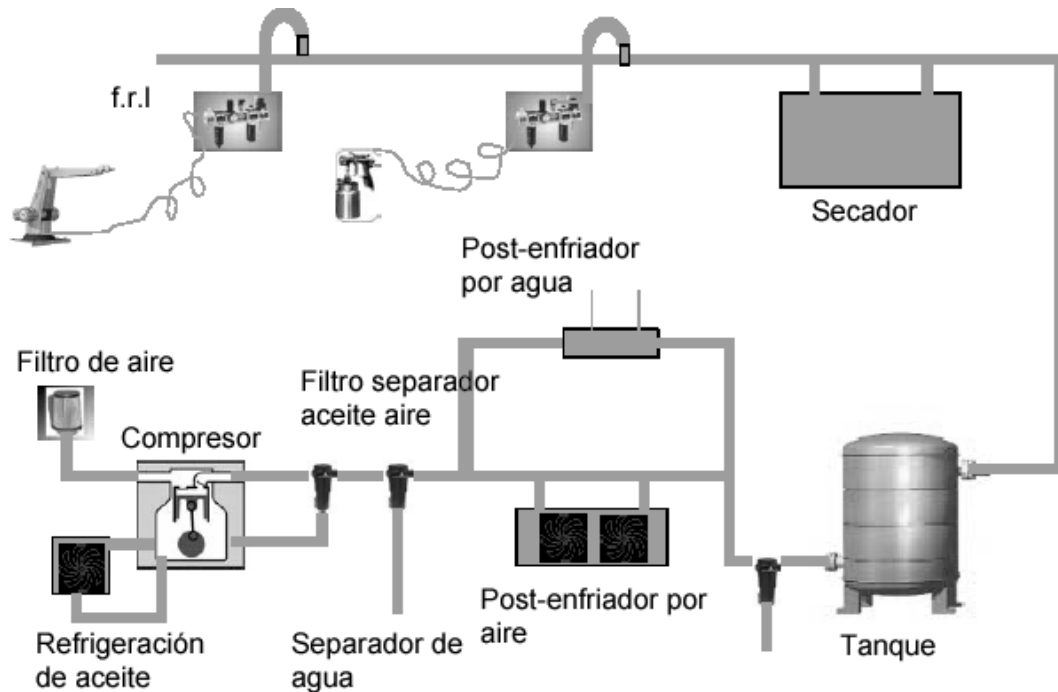
Una buena distribución del aire comprimido en las instalaciones neumáticas, puede lograr ahorrar muchos costos, mediante un adecuado diseño, prevención de fugas, mejor estanqueidad, mejor tratamiento del aire comprimido, etc. Las estaciones de aire comprimido modernas son, en la mayoría de los casos, sistemas complejos que sólo funcionarán de manera económica si este hecho se tiene en cuenta en la planificación.

Como resultado de la racionalización y automatización de los dispositivos de fabricación, las empresas precisan continuamente una mayor cantidad de aire. Cada máquina y mecanismo necesita una determinada cantidad de aire, siendo abastecido por un compresor, a través de una red de tuberías. Con independencia del tamaño, una instalación comprenderá los siguientes elementos:

- Compresor.
- Depósito acumulador del aire a presión - comprimido.
- Depósito de condensación, con llave de purgado.

- Depósito auxiliar (en caso de instalaciones de gran consumo)
- Unidad de Mantenimiento (filtro, manómetro, regulador y lubricador).

Figura 20. Esquema de una instalación de aire comprimido



Fuente: Conceptos generales del aire comprimido

Asesoramiento

Para responder a todas estas exigencias, el sistema de aire comprimido tendrá que estar perfectamente adaptado al uso, a su lugar de instalación y a las condiciones ambientales. Debe estar formado por compresores, aparatos de tratamiento y conducciones de dimensiones correctas, contar con sistemas de control eficaces, una técnica de ventilación adecuada y un buen sistema de tratamiento de condensados y de ser posible, un sistema de recuperación del calor.

Plano de distribución

Para la orientación general es necesario un plano de distribución donde se debe incluir la red general de distribución de aire comprimido, las conducciones de enlace, los puntos de alimentación de la estación de compresores. Además, deben indicarse datos sobre el dimensionado de las tuberías y los materiales, así como los puntos de mayor consumo y cualquier toma de aire que exigen condiciones especiales de presión o de calidad.

Campo de aplicación del aire comprimido

Dado que el aire comprimido es un medio muy versátil, serán imprescindibles datos sobre el campo en el que se va a utilizar. El usuario deberá prestar información de si el aire habrá de utilizarse como aire de control, o para recubrimiento de superficies, herramientas rotatorias, para limpieza, como aire de procesos, etc.

Información de los compresores instalados

Junto a los modelos y tipos de compresores, deberán indicarse sus datos técnicos, como son la presión de servicio, el caudal, la potencia que consumen, el tipo de refrigeración.

Tratamiento del aire comprimido

En el caso del tratamiento del aire es importante nombrar si este procedimiento tendrá lugar de forma centralizada o descentralizada y qué clases de calidad se precisan. Naturalmente, vuelven a ser importantes también los datos técnicos de los componentes. Un diagrama de flujo puede servir como guía general.

Control y vigilancia de la estación

La armonización de los compresores entre sí y su rendimiento conjunto son los que más influyen en la economía de la estación de compresores, por lo que no podrá faltar una descripción del sistema de control y vigilancia.

Mangueras, reguladores de presión, separadores de agua

Suelen ser las mangueras de conexión de los consumidores las que presentan más fugas. Por esta razón, conviene comprobar que se encuentran en buen estado y que no pierden aire. Si se dispone de reguladores de presión, deberá comprobarse su ajuste (presión de entrada y de salida) en condiciones de carga. Comprobar también el estado y limpieza de los separadores de condensados instalados antes de los reguladores.

Dispositivos de cierre

El estado de las conducciones que salen de la red principal influye también de modo notable en la eficacia del sistema. Los dispositivos de cierre constituyen en este caso un elemento de peso. De modo que habrá que controlar si se trata de llaves de bola con paso total, de válvulas de cierre, gritería como las de agua o válvulas angulares.

Sistema de tratamiento de aire comprimido

Los criterios de control más importantes en este caso son el punto de rocío conseguido y la presión diferencial que se produce en cada caso. Dependiendo del campo de aplicación, será pertinente proceder a otros controles de calidad.

Estación de compresores

La estación de compresores propiamente dicha puede presentar también algunas deficiencias. Deberán examinarse la colocación de las máquinas, el sistema de ventilación, la refrigeración y la instalación de las tuberías. Además, es conveniente comprobar la presión diferencial total de los compresores, el tamaño de los depósitos de presión y el punto de medida desde el cual se han de regular todos los compresores.

Determinación de los puntos de medición

Tras la visita de inspección al sistema de aire comprimido existente, el especialista puede determinar junto con el usuario los puntos de medición de la demanda de aire. Habrá que medir al menos la presión antes y después de los aparatos de tratamiento, así como a la salida de la red de aire comprimido.

Medición de la presión y de la demanda de aire

Para medir la presión y la demanda de aire se analizará el funcionamiento de la estación durante un mínimo de 10 días con ayuda de los registradores de datos más modernos. Estos registradores graban los datos más relevantes y los transmiten a un PC, que confeccionará un diagrama detallado de consumo. En él es posible reconocer las caídas, las oscilaciones de presión y consumo, marchas en vacío de los compresores, periodos de marcha en carga y las paradas, así como el reparto de la carga entre los compresores según sus potencias. Como complemento, durante el análisis se lleva a cabo también una medición de las fugas.

3.3.1 El entorno de los compresores

Los compresores transforman el 100% de la energía que absorben en calor. Por esta razón, la refrigeración eficaz de las estaciones de aire comprimido es imprescindible para garantizar su buen funcionamiento. El calor

generado por los compresores puede utilizarse para ahorrar energía. Con la ayuda de los sistemas adecuados, es posible recuperar en forma de calor hasta un 94% de la energía absorbida. Pero además, en las instalaciones dotadas de un sistema para la recuperación del calor deberá haber un sistema de refrigeración de calidad, con el cual podemos ahorrar, los costes de refrigeración por aire pueden resultar hasta un 30% más bajos que los costes de refrigeración por agua. Por tanto, será preferible una refrigeración por aire siempre que exista la posibilidad de elegir.

Combinación de compresores

En la mayoría de los casos, la mejor solución consiste en una combinación de compresores de potencias distintas que armonicen entre sí perfectamente. Por regla general se trata de compresores grandes que soportan la carga base y que están combinados con máquinas más pequeñas que llevan la carga. El sistema superior de control es el responsable de repartir equitativamente el consumo específico de potencia. Para tal fin, elegirá automáticamente la combinación ideal de compresores de carga base y carga punta en cada momento - controlando un grupo de hasta 16 compresores y dentro de un margen de presión de solamente 0,2 bar. La planificación y la modernización de una estación de compresores deben adaptarse al máximo a las condiciones de espacio.

Un entorno limpio y seco

Los compresores deberán instalarse de manera que sean suficientemente accesibles y que se garantice la refrigeración necesaria. La temperatura ambiente del lugar de instalación de compresores refrigerados por aire o aceite no debe superar los +40 °C. En el espacio de aspiración de los compresores no deberán liberarse sustancias peligrosas. Este tipo de

normativas deben entenderse como un mínimo exigible, ya que su objetivo es reducir al mínimo el riesgo de accidentes.

La sala de compresores

En la sala de compresores no deberán almacenarse enseres de otra índole, ni dejar que se acumulen polvo u otras impurezas. El suelo deberá ser resistente a la abrasión y, en caso ideal, deberá poder limpiarse con agua. Si el aire de aspiración y de refrigeración proceden de un ambiente muy cargado de polvo, partículas de hollín o similares, será imprescindible una filtración preliminar intensiva. Incluso en condiciones de servicio normales, el aire de aspiración y refrigeración deberán purificarse con filtros integrados en los compresores.

Clima moderado

La temperatura ejerce también una gran influencia sobre la fiabilidad y el mantenimiento de los compresores, el aire de aspiración y de refrigeración no puede estar ni demasiado frío (menos de +3 °C) ni demasiado caliente (más de +40 °C). Este hecho deberá tenerse en cuenta en la planificación y en la construcción. Durante el verano, puede suceder que la zona sur y ocasionalmente la zona oeste de las instalaciones sufran recalentamientos temporales del aire por la irradiación solar. En estos sectores pueden alcanzarse temperaturas de hasta +40 ó +45 °C, incluso en zonas de clima moderado. Por eso se recomienda no emplazar las aberturas para la aspiración del aire en lugares castigados por el sol. Las dimensiones de estas aberturas vendrán condicionadas por la potencia de los compresores instalados y por el tipo de ventilación.

3.3.2 Ventilación de la sala de compresores

Una ventilación adecuada de la sala de compresores siempre es necesaria, no sólo en el caso de los compresores refrigerados por aire, sino también si son refrigerados por agua. En ambos casos deberá derivarse el calor generado en el interior de los compresores y por los motores eléctricos de accionamiento. En total, este calor corresponde a un 10% de la potencia de accionamiento absorbida por el compresor.

Métodos de refrigeración

Refrigeración natural

Este tipo de refrigeración solamente es recomendable para compresores de potencias por debajo de 5,5 kW, ya que la irradiación solar o la incidencia del viento sobre la abertura de salida del aire pueden llevar a un mal funcionamiento de la refrigeración.

Refrigeración artificial

Este método, practicado con frecuencia, está basado en una corriente de refrigeración dirigida artificialmente. Deberá contarse con un control por termostato para evitar temperaturas inferiores a +3 °C en invierno. Las temperaturas demasiado bajas perjudican el funcionamiento de los compresores, la purga y el tratamiento de condensados. El control por termostato es necesario porque las salas de compresores con ventilación artificial se encuentran a una cierta presión negativa que dificulta la salida del aire caliente al exterior. Existen dos modalidades de refrigeración artificial:

Refrigeración por ventilador externo

Consiste en instalar un ventilador con regulación por termostato en la abertura de salida del aire, que aspirará hacia el exterior el aire calentado por

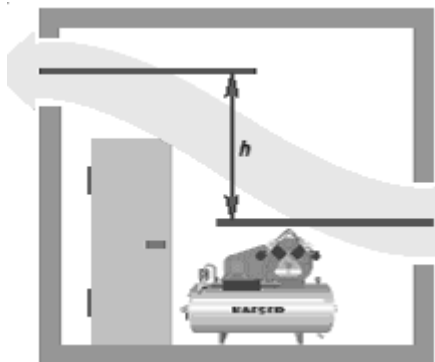
los compresores. El sistema de refrigeración debe estar diseñado de manera que el aumento de temperatura causado por el calor irradiado por los compresores no supere los 7 °K, ya que de lo contrario podría producirse un cortocircuito térmico y los compresores se pararían. No olvidar que un ventilador externo supone un gasto adicional de energía.

Refrigeración con canal de escape

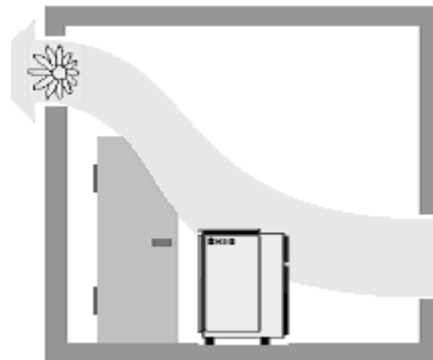
Los compresores de tornillo modernos, compactos y totalmente encapsulados, ofrecen la posibilidad de aplicar un sistema de refrigeración ideal con la ayuda de un canal de escape: El compresor aspira el aire de refrigeración por medio de una abertura y expulsa después el aire caliente a través de un canal que lo conduce directamente al exterior de la sala de compresores. Normalmente, los ventiladores instalados de serie en los compresores son suficientes para expulsar el aire, es decir, que al contrario de lo que sucede con un ventilador externo, en este caso no sería necesario un consumo adicional de energía.

Figura 21. Métodos de refrigeración

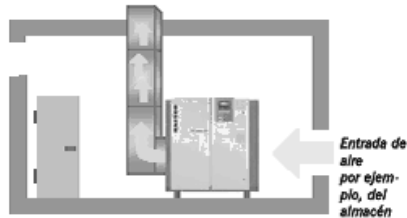
Estación de compresor con refrigeración natural.



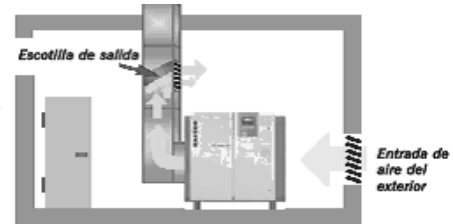
Refrigeración artificial con ventilador externo.



Refrigeración artificial con canal de salida



Escotilla regulada por termostato crea un equilibrio térmico



Fuente: Tratamiento de aire comprimido, www.keeaser.com

3.3.3 Cálculo en las dimensiones neumáticas

El diámetro de las tuberías debe elegirse de manera que si el consumo aumenta, la pérdida de presión entre el depósito y el consumidor no sobrepase 10 kPa (0,1 bar). Si la caída de presión excede de este valor, la rentabilidad del sistema estará amenazada y el rendimiento disminuirá considerablemente. En la planificación de instalaciones nuevas debe preverse una futura ampliación de la demanda de aire, por cuyo motivo deberán dimensionarse generosamente las tuberías. El montaje posterior de una red más importante supone costos dignos de mención.

Hipótesis de consumos

Para establecer una hipótesis de consumos realista hay que conocer con cierto detalle el uso habitual que se hace de todas las máquinas que alimenta la instalación. Suelen emplearse los siguientes coeficientes empíricos para el cálculo de los caudales de consumo:

Coefficiente de uso (CU): algunas máquinas no consumen aire comprimido todo el tiempo. El coeficiente de uso se define como la fracción del tiempo total de funcionamiento en la cual la máquina consume aire comprimido.

Coefficiente de simultaneidad (CS): normalmente todas las máquinas de una instalación neumática no funcionan a la vez. Para tener en cuenta este hecho se utiliza el llamado coeficiente de simultaneidad. Su valor es difícil de conocer y es muy variable de unas instalaciones a otras. Los manuales suelen proporcionar valores de este coeficiente en función del número de máquinas que alimenta la instalación:

Tabla VIII Coeficiente en función del número de máquinas que alimenta la instalación

Cantidad de unidades consumidoras	Factor de simultaneidad	Cantidad de unidades consumidoras	Factor de simultaneidad
1	1	9	0,73
2	0,94	10	0,71
3	0,89	11	0,69
4	0,86	12	0,68
5	0,83	13	0,67
6	0,80	14	0,66
7	0,77	15	0,65
8	0,75	100	0,20

Fuente: www.festo.com

Selección del compresor

Para seleccionar un compresor adecuado para la instalación se debe contemplar la hipótesis de consumos que se considere que va a ser la más habitual. El depósito de regulación que se dimensionará más tarde permitirá dar respuesta a los picos puntuales de consumo que se puedan producir. La regulación de la presión del depósito se va a realizar mediante la parada y puesta en marcha del compresor cuando se alcancen unas presiones de 7 y 6,5 bar respectivamente. Al momento de calcular el caudal que tiene que proporcionar el compresor se aplican tres coeficientes más:

Coeficiente de Mayoración para Futuras Ampliaciones (CMA): normalmente se suele prever que el consumo puede aumentar hasta 30% en el futuro al añadir nuevas máquinas a la instalación. En este caso el coeficiente de mayoración será igual a 1,3.

Coeficiente de Mayoración por Fugas (CMF): las fugas de aire son inherentes a toda instalación neumática. Se va a tratar que el montaje de la instalación lo realice personal calificado y con material de calidad por lo que se va a cifrar este coeficiente en 1,05.

Coeficiente de ciclo de Funcionamiento del Compresor (Ccc): es el cociente entre la duración total del ciclo de funcionamiento (tiempo entre arranques) y el tiempo en el que el compresor produce aire comprimido (compresor funcionando).

Selección de diámetros y tipos de tuberías

Todo movimiento de un fluido por una tubería produce una pérdida de presión debido a su rugosidad y diámetro asociado. La selección de los diámetros de las tuberías de una red de aire se determina según los principios de la mecánica de fluidos y para ello se utilizan ecuaciones y diagramas. El material más usado en las tuberías de aire es el acero. Debe evitarse utilizar tuberías soldadas puesto que aumentan la posibilidad de fugas, más bien se recomiendan las tuberías estiradas.

La identificación es una parte importante del mantenimiento. Según la norma UNE 1063 las tuberías que conducen aire comprimido deben ser pintadas de azul moderado UNE 48 103. En general la tubería de una red no necesita mantenimiento fuera de la corrección de fugas que se producen más en las conexiones que en la tubería en sí. En caso que la tubería presenta

obstrucción por material particulado debe limpiarse o reemplazarse. Los componentes principales de una red de aire comprimido son los siguientes:

Tubería principal

Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume la planta. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal. La velocidad máxima del aire en la tubería principal es de 8 m/s.

Tubería secundaria

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería. También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro. La velocidad del aire en ellas no debe superar 8 m/s.

Tubería de distribución

La tubería de distribución suele ser una tubería circular. Es la que se encarga de llevar el aire comprimido desde la tubería principal hasta los diversos puestos de trabajo.

Tubería de unión

Se trata de la última parte de la red de tubos fijamente instalados. La tubería de unión une la tubería de distribución con cada uno de los puestos de trabajo. Los tubos de unión con frecuencia son tubos flexibles.

Derivación

Se trata de un tubo que lleva desde la tubería de distribución hasta un determinado lugar del taller, este tubo no es circular y termina en un punto muerto.

Tubería de servicio

Son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento. Debe procurarse no sobrepasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros mayores de ½" en la tubería. Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas y por tanto la velocidad del aire en las tuberías de servicio puede llegar hasta 15 m/s.

Tendido de la red

El diámetro de las tuberías debe elegirse en conformidad con:

- El caudal
- La longitud de las tuberías
- La pérdida de presión (admisibles) la presión de servicio la cantidad de estrangulamientos en la red.

No solamente importa el dimensionado correcto de las tuberías, sino también el tendido de las mismas. Las tuberías requieren un mantenimiento y vigilancia regulares, por cuyo motivo no deben instalarse dentro de obras ni en emplazamientos demasiado estrechos. En estos casos, la detección de posibles fugas se hace difícil. Existen varias posibles configuraciones de una red de aire comprimido, en una red de aire el factor más esencial de todos es la distribución de agua en la red puesto que los datos de pérdidas, velocidad, presión y otros

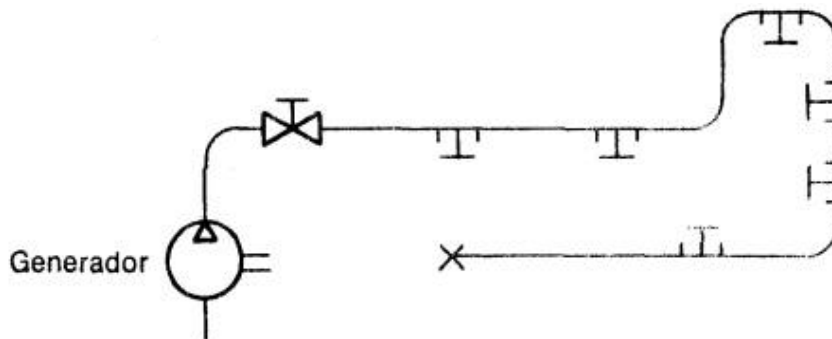
pueden ser calculados matemáticamente sin mayor dificultad. En cambio las zonas de acumulación de agua en una red han de ser detectadas.

Red abierta

Se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio. La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además, en la red pueden implementarse inclinaciones para la evacuación de condensados. La principal desventaja de este tipo de redes es su mantenimiento, ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire "aguas abajo" del punto de corte lo que implica una detención de la producción.

En el tendido de las tuberías debe cuidarse, sobre todo, que la tubería tenga un descenso en el sentido de la corriente, del 1 al 2%. En consideración a la presencia de condensado, las derivaciones para las tomas aire en el caso de que las tuberías estén tendidas horizontalmente, se dispondrán siempre en la parte superior del tubo. Así se evita que el agua condensada que posiblemente se encuentre en la tubería principal llegue a través de las tomas, para recoger y vaciar el agua condensada se disponen tuberías especiales en la parte inferior de la principal.

Figura 22. Red abierta

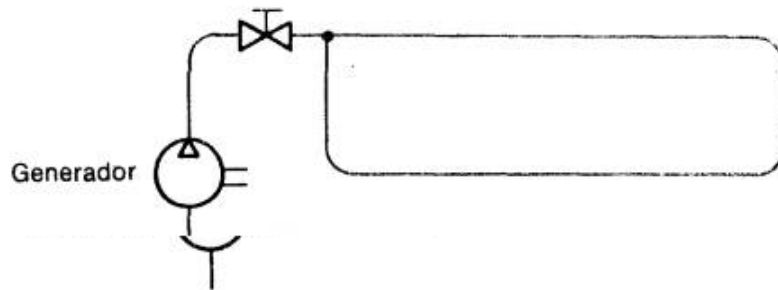


Fuente: Distribución y seguridad en redes de aire comprimido

Red cerrada

En esta configuración la línea principal constituye un anillo, la inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta. Sin embargo con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante puesto que ciertas partes de ella pueden ser aisladas sin afectar la producción. Una desventaja de este sistema es la falta de dirección constante del flujo. La dirección del flujo en algún punto de la red dependerá de las demandas puntuales y por tanto el flujo de aire cambiará de dirección dependiendo del consumo. El problema de estos cambios radica en que la mayoría de accesorios de una red son diseñados con una entrada y una salida. Por tanto un cambio en el sentido de flujo los inutilizaría.

Figura 23. Red cerrada

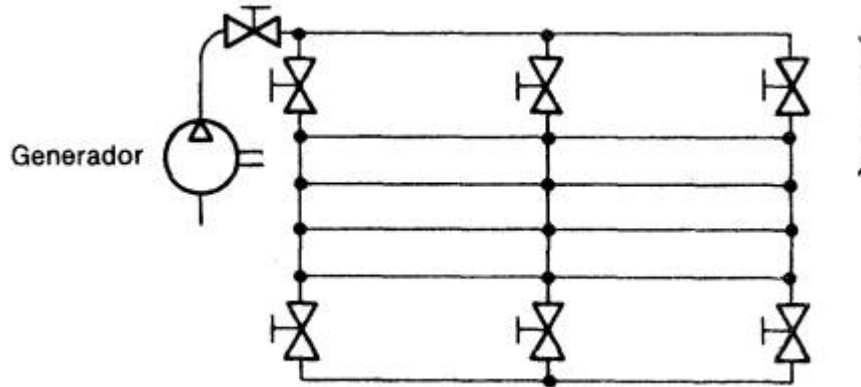


Fuente: Distribución y seguridad en redes de aire comprimido

Red interconectada

Esta configuración es igual a la cerrada pero con la implementación de bypass entre las líneas principales. Este sistema presenta un excelente desempeño frente al mantenimiento pero requiere la inversión inicial más alta. Además, la red interconectada presenta los mismos problemas que la cerrada.

Figura 24. Red cerrada con interconexiones

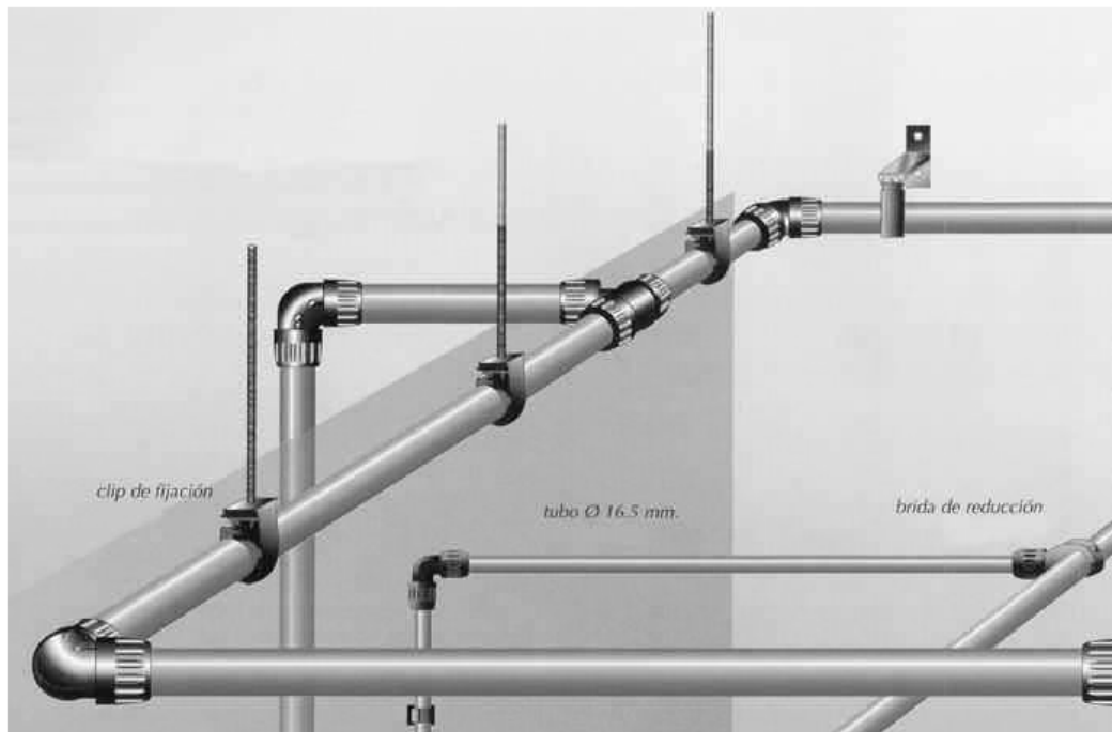
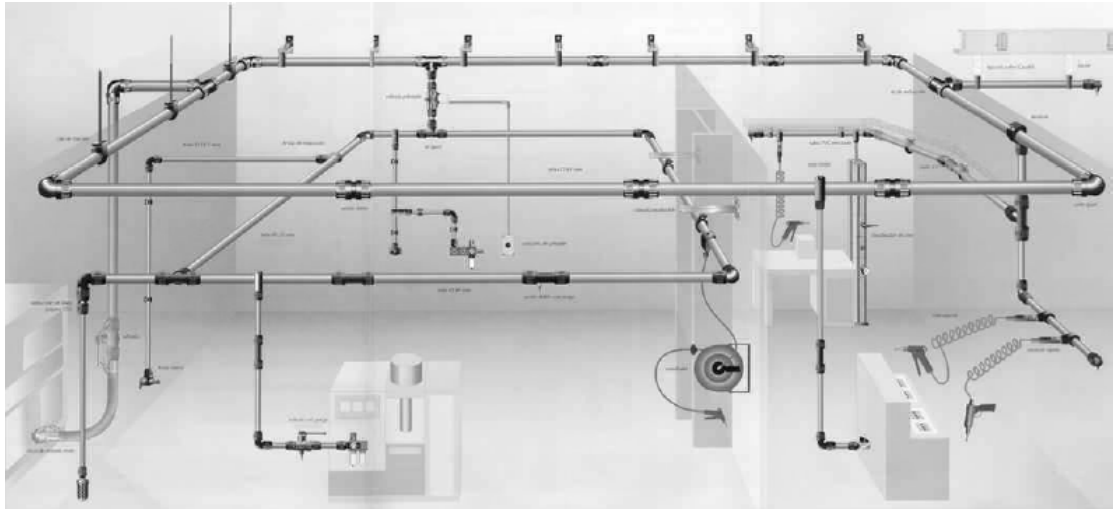


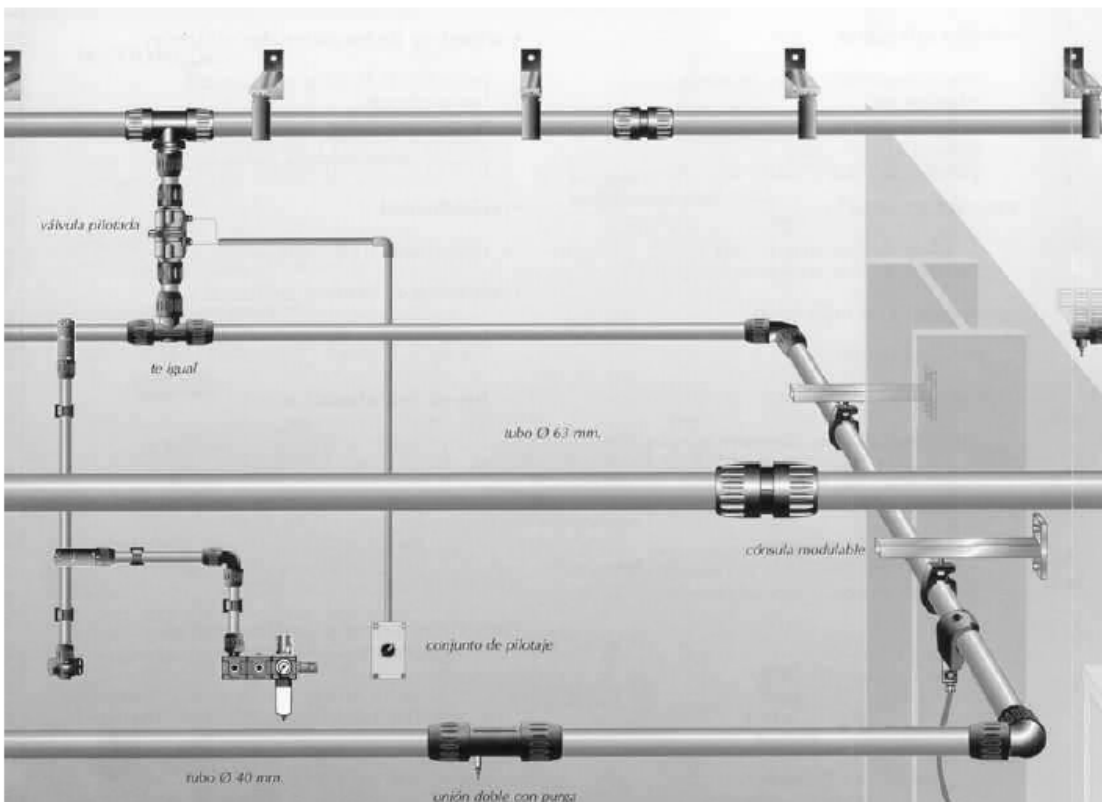
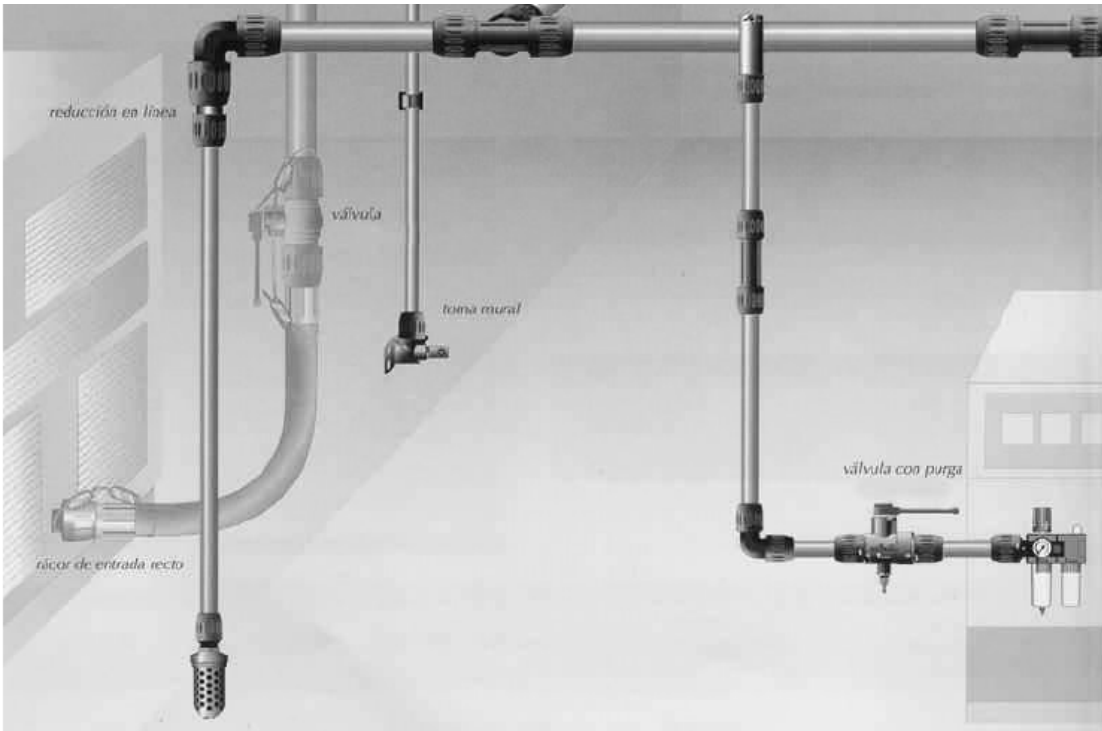
Fuente: Distribución y seguridad en redes de aire comprimido

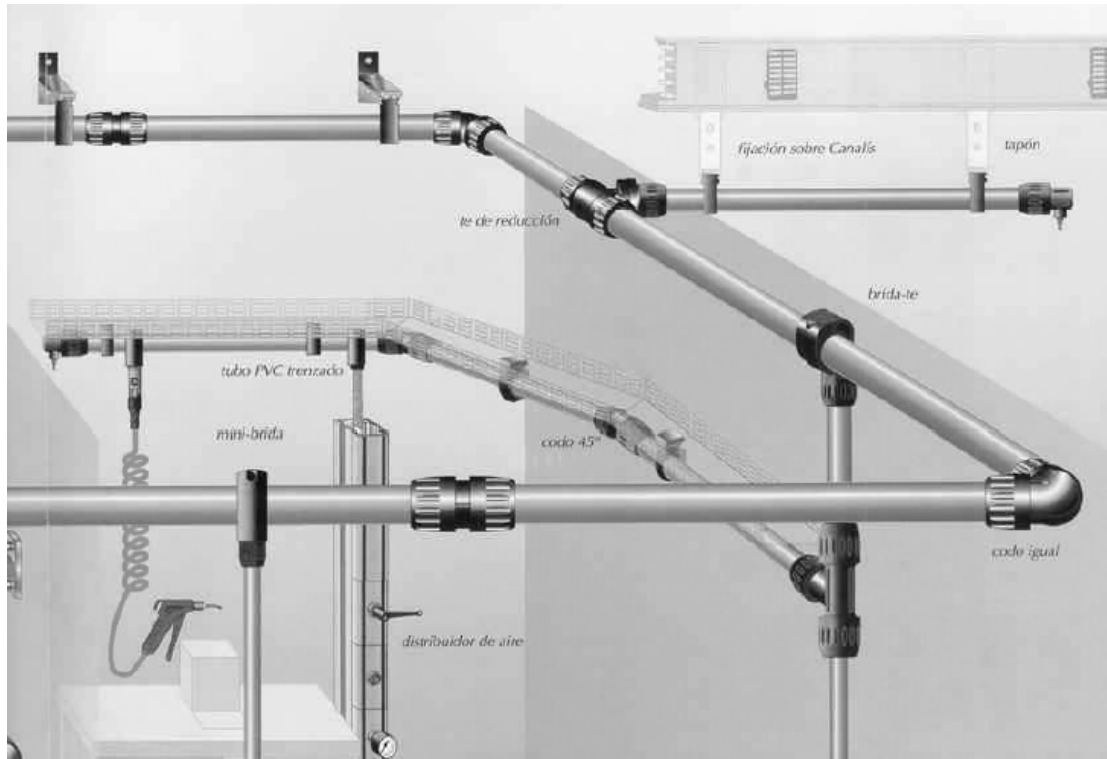
Válvulas y accesorios para conexiones

Las válvulas y las conexiones incluyen componentes que se conectan a las tuberías y que inciden en el caudal, estos componentes tienen que montarse en la parte superior debido al condensado (montaje en forma de cuello de cisne). Las derivaciones para la purga del condensado tienen que montarse en la parte inferior del tubo en la zona más baja de la red. Si la unidad de purga del condensado se monta directamente en el tubo, deberá evitarse que el caudal arrastre consigo el condensado.

Figura 25. Ejemplos de Instalaciones de redes de aire







Fuente: Elementos de una red de aire comprimido

Dimensionamiento de las tuberías de la instalación

Para elegir el diámetro de las tuberías se debe considerar la suposición de consumos de aire más desfavorable respecto a las pérdidas de carga que se producen en la instalación. Los diámetros de las tuberías de la instalación se dimensionan indicando la velocidad típica del aire en los diferentes tipos de conductos:

Paso 1: calcular el caudal de aire a una presión de 6,5 bar que circula por cada una de las tuberías de la instalación cuando todas las máquinas están consumiendo aire comprimido a la vez.

Paso 2: diámetro (preliminar) de la tubería principal.

Determinar los valores entre los que se tiene que encontrar el diámetro de la tubería principal para que en el tramo con mayor caudal se cumpla el criterio de velocidad descrito. Se debe elegir el diámetro de tubería más adecuado teniendo en cuenta que en el futuro es posible que se sumen a la instalación más máquinas que consuman aire comprimido.

Paso 3: diámetro (preliminar) de las tuberías de consumo.

Determinar los valores entre los que se tiene que encontrar el diámetro de las tuberías de consumo para que en la tubería con mayor caudal se cumpla el criterio de velocidad descrito, en las tuberías de consumo el caudal debe ser el de los consumos de cada máquina.

Material de tuberías

Para la elección de los materiales de las tuberías, tenemos diversas posibilidades:

- Cobre.
- Acero galvanizado.
- Aluminio
- Poliuretano o plástico.
- Acero inoxidable

Los tubos flexibles de goma solamente han de emplearse en aquellos casos en que se exija una flexibilidad en la tubería y no sea posible instalar tuberías de plástico por los esfuerzos mecánicos existentes. Son más caros y no son tan manipulables como las tuberías de plástico. Las tuberías de polietileno y poliamida se utilizan cada vez más en la actualidad para unir equipos de maquinaria. Con racores rápidos se pueden tender de forma rápida, sencilla y económica.

3.3.4 Presion adecuada en líneas de aire comprimido

En la medida de lo posible, debe procurarse que la red de aire comprimido no tenga fugas. El aire que se fuga inútilmente constituye un despilfarro de energía, en una red con una presión de 7 bar en el punto de toma de aire comprimido se considera aceptable una pérdida de presión de 0,6 bar. Por fuga se entiende la pérdida de aire comprimido en zonas no estancas. En esos puntos, el aire comprimido se escapa a gran velocidad a lo largo de un año, las pérdidas de aire pueden ser considerables. Si las fugas son grandes, el aire comprimido resulta ser un fluido bastante costoso. Además, las fugas que al principio son pequeñas, aumentan rápidamente.

Tabla IX. Perdidas aproximadas, debido a fugas

Diámetro del orificio de la fuga en mm	Pérdida de aire comprimido (6 bar) en l/s	Pérdida de energía en kW
1	1,3	0,3
3	11,1	3,1
5	31,0	8,3

Fuente: www.festo.com

Presión adecuada

Si una unidad consumidora recibe insuficiente aire puede deberse a las siguientes razones:

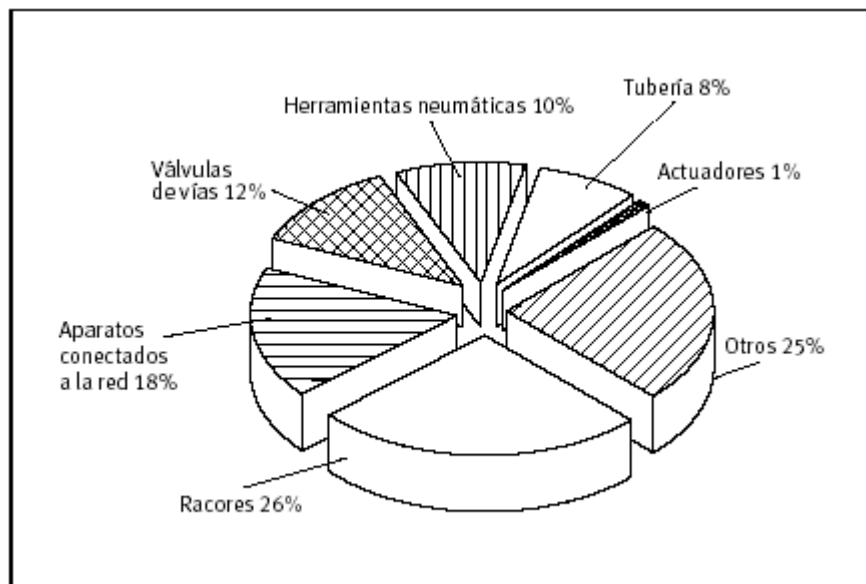
- Diseño deficiente de la red de distribución o compresor de rendimiento insuficiente.
- Tubos flexibles de las herramientas demasiado largos o demasiado pequeños.
- Mal estado de la red de aire comprimido, existencia de fugas.
- Falta de mantenimiento.

- Acoplamientos y boquillas demasiado pequeños.
- Demasiadas piezas acodadas (estas disminuyen la presión).

Localización de fugas y control

Dado que las fugas de aire no constituyen una contaminación del medio ambiente, suele no tomarse en serio la solución de este problema. Antes de eliminar las fugas hay que localizarlas primero. Uno de los métodos más difundidos para hacerlo, consiste en aplicar lejía jabonosa en los lugares sospechosos. Si se forman burbujas, es fácil encontrar el orificio que causa la fuga de aire. Pero también puede recurrirse a métodos de medición para localizar las fugas.

Figura 26. Distribución de las fugas en la red de aire comprimido



Fuente: www.festo.com

Localización mediante ultrasonido

El aire se escapa por las fugas a gran velocidad y produciendo un sonido inaudible para el ser humano. Sin embargo, con sensores si es posible detectar

ese sonido y transformar su frecuencia para que si lo perciba el ser humano. Utilizando auriculares es posible localizar la fuga detectando el sonido que ocasiona, en este método se aprovecha el sentido de orientación del hombre.

Además, también es posible digitalizar las señales, con este método es posible localizar muy rápidamente cualquier fuga en bridas, acoplamientos, válvulas o tubos.

La ineficiencia del aire comprimido no se limita al propio funcionamiento termodinámico de las máquinas, pues en muchas ocasiones las rutinas descuidadas agravan la situación. A continuación se relacionan algunas prácticas muy comunes en el manejo del aire, que son irracionales desde el punto de vista energético:

Selección de una presión excesiva para el trabajo realizado por el aire comprimido.

- Excesivo tiempo de funcionamiento en vacío de los compresores.
- Inadecuada capacidad de reserva de aire para puntas de consumo.
- Redes de aire inadecuadamente mantenidas con fugas muy elevadas.
- Utilización del aire comprimido para la limpieza personal o de suelos.

Control de presión

Con el fin de utilizar el aire comprimido de la forma más eficaz, es necesario reducir la presión hasta precisamente el valor requerido para esa aplicación particular. Todos los equipos neumáticos poseen una presión de trabajo óptima, su utilización a una presión mayor causa un desgaste excesivo. Si el aire comprimido se almacena a su valor de presión mayor y se utiliza

exactamente al valor mínimo requerido para la aplicación, el depósito de almacenamiento o el receptor sólo necesitan llenarse desde un nivel aproximadamente intermedio hasta su capacidad completa, lo cual es más eficiente.

Con el fin de alcanzar esta utilización óptima, el compresor trabaja normalmente entre dos niveles de presión, esto es, el receptor posee normalmente un presostato ajustado para cerrar el compresor al alcanzar el nivel de presión requerido, así como un nivel menor normalmente alrededor del 10 - 20% por debajo. Esta cifra puede optimizarse cuando se consideren el tamaño del receptor, la demanda de caudal del sistema y el nivel de salida del compresor. Como resultado a esta disposición, el compresor no está en marcha de forma continua: utiliza un exceso de energía que produce más calor, el cual a su vez genera agua. Esta debe ser eliminada para suministrar una presión para los requerimientos del sistema que resulta excesiva y origina un gran desgaste sin ningún incremento en el rendimiento.

Por lo tanto, una válvula reductora de presión puede generar ahorros de coste superiores a su precio en un tiempo muy breve. Las válvulas reductoras de presión o los reguladores poseen dos características principales que deben ser consideradas a la hora de determinar cuál de ellas escoger, como son su capacidad de mantener la presión de salida constante, independientemente de la presión de entrada e independientemente del caudal de salida. Unas características de regulación pobres se traducirán en una variación en la presión de salida, aunque, en el conjunto de las aplicaciones de aire comprimido, las presiones de entrada son bastante constantes, de forma que este hecho supone pocos problemas. La penalización por unas características de caudal pobres se traduce en una caída de presión que se refleja directamente en costes de energía. Cada regulador está sometido a un cierto

nivel de caída de presión, de forma que para un buen diseño del sistema ésta es la propiedad a analizar más importante.

Tipos de reguladores

La mayoría de los reguladores de aplicación general son del tipo de diafragma. Estos reguladores suelen ser más sensibles que los reguladores de tipo pistón, que tienen tendencia a poseer una mejor capacidad de caudal para un tamaño dado. En la mayoría de los sistemas de aire comprimido, el requerimiento principal es su respuesta, más que su compactidad para un determinado tamaño de tubería, con lo que aquí los reguladores de tipo diafragma son los más comunes.

Los reguladores pueden ser con escape o sin escape. La característica de escape permite que la presión del sistema se pueda ajustar de un mayor nivel a otro menor sin necesidad de actuar sobre el equipo aguas abajo. Generalmente este orificio de purga es muy pequeño en relación a las conexiones principales del regulador, por lo que no puede conseguirse un gran caudal de escape, lo que no será considerado como un dispositivo de descarga total y ni siquiera un dispositivo de seguridad.

Los reguladores pilotados son aquellos que no poseen medios mecánicos directos para el ajuste de la presión de salida. Esto elimina problemas de nivelación para conseguir altas presiones (16 bar y superiores) en unidades de tubería de gran tamaño. La presión de salida se controla mediante una señal de aire a presión que es producida normalmente por un regulador de precisión.

Los reguladores pilotados también proporcionan un mejor rendimiento si se elimina el resorte de control y normalmente poseen una mayor área de diafragma en comparación al área de válvula, lo que mejora también la precisión del control de presión en respuesta a pequeños cambios de presión. Los reguladores de precisión se utilizan normalmente para aplicaciones de instrumentación en las que son necesarias una repetibilidad exacta y una posibilidad de fijar la presión de salida durante un tiempo determinado.

Estos reguladores poseen normalmente un rango de caudal de salida bajo, pero presentan características superiores de caudal y regulación. Generalmente, la mayoría de los reguladores de precisión utilizan una disposición especial para conseguir un escape constante de aire de salida a la atmósfera.

4. MANTENIMIENTO EN REDES DE AIRE COMPRIMIDO

4.1 Ventajas del mantenimiento en una red de aire comprimido, preparación y tratamiento del aire

En la práctica, la calidad del aire comprimido desempeña un papel primordial, tanto en algunas aplicaciones de producción propiamente dicha como por ejemplo el sector de alimentos, como en la parte del mantenimiento y conservación de los equipos y accesorios de la red de aire comprimido.

Impurezas

Las impurezas en forma de partículas de suciedad u óxido, residuos de aceite lubricante y humedad dan origen muchas veces a averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de los elementos neumáticos. Para evitar las impurezas, se debe procurar un filtrado correcto del aire aspirado por el compresor, la utilización de compresores exentos de aceite es una buena alternativa. Limpiar los filtros reutilizables y sustituir los desechables tanto en la aspiración como en la impulsión (Pre y post filtros). Los filtros sucios incrementan el consumo energético y el consumo de aire.

Conservación de las unidades de mantenimiento

Es necesario efectuar en intervalos regulares los trabajos siguientes de conservación:

Filtro del aire comprimido

Debe revisarse periódicamente el nivel de agua condensada, que no debe sobrepasar nunca la altura marcada. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua

condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Algunas disponen de dispositivos de purga automática, por lo que debe comprobarse su correcto funcionamiento.

Regulador o válvula reguladora

Siempre que esté precedida por un correcto sistema de filtrado, no necesita más mantenimiento que comprobar la ausencia de fugas.

Lubricador

Verificar el nivel de aceite y, si es necesario, añadir hasta el nivel marcado. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con disolventes, dado que pueden dañarlos. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales de la viscosidad y componentes adecuados.

Tanques de almacenamiento

Permite absorber las pulsaciones inherentes al sistema de compresión recíproca, a la vez que suministra una superficie grande de intercambio de calor que permite disminuir parcialmente la alta temperatura del aire luego de la compresión. También absorber sobrepicos de consumo alto y de corta duración ocasionados por aplicaciones que requieren grandes cantidades de aire en lapsos cortos de tiempo; permitiendo de esta manera no tener un compresor sobredimensionado para satisfacer las demandas.

Mantenimiento

Requiere revisar que la válvula de seguridad se abra a una presión un 20% mayor que la presión máxima del sistema y que tenga una capacidad de evacuación mayor a la de los compresores. Si no existe debe instalarse una válvula de inspección, un sistema de evacuación de condensado automático, un

bypass para mantenimiento y un manómetro confiable. Las rutinas de mantenimiento se deben realizar con adecuada periodicidad, verificándose el estado de los elementos de seguridad realizándose inclusive ensayos no destructivos tales como ultrasonido y radiografías para verificar el óptimo estado de los mismos. El mantenimiento que se realiza al tanque se limita a una limpieza interior en muy escasas ocasiones, además de la verificación constante de las purgas.

Por qué tratar el aire comprimido

Los contaminantes en el aire comprimido afectan a todos los componentes del sistema de distribución del aire. El aire comprimido húmedo y sucio cuesta dinero porque:

- Roba energía útil al sistema:
Ocasiona líneas de aire corroídas y con fugas
Disminuye la eficiencia y la potencia de las herramientas neumáticas.
- Incrementar los costos de mantenimiento y reparación:
Se elimina el lubricante de las herramientas neumáticas
Las partículas sólidas desbastan las superficies de desgaste.
- Contribuir al rechazo de productos:
Se afecta el color/adherencia de la pintura
Se promueve el deterioro de los productos alimenticios

Una vez que el aire atmosférico pasa a través del compresor operando a 7 bar, 100 psig, el aire se comprime a un octavo de su volumen previo, conteniendo la misma cantidad de contaminantes, el incremento en la presión normalmente ocasionaría que la humedad se condense en el aire.

De cualquier forma, durante el proceso de compresión, la temperatura del aire se incrementa debido al calor de fricción, aumentando su habilidad de retener vapor de agua. Cuando el aire abandona el compresor y viaja a través del sistema, se enfría. Una vez que la temperatura disminuye por debajo de la temperatura del punto de rocío a presión, se comienzan a formar gotas de agua. Es necesario remover la humedad y los contaminantes del sistema de aire para bajar el punto de rocío y evitar los problemas de operación, los costos de mantenimiento y los gastos de reparación.

4.2 Fugas de aire comprimido

Ahorro de energía en sistemas de aire comprimido

La energía neumática es la segunda más usada después de la energía eléctrica y por ello es importante que esa energía en lo posible sea transmitida a su punto de uso con las menores pérdidas posibles en su recorrido por el sistema de aire comprimido. Hoy los estándares de calidad para procesos industriales y máquinas neumáticas no admiten un aire comprimido sucio, con rastros de aceite y con humedad. Ahora se exige que el aire comprimido en su punto de entrega sea un aire libre de aceite, seco y por su puesto limpio. A este tipo de aire, generalmente se le llama aire de instrumentación.

Un sistema de aire comprimido que logra entregar un aire de instrumentación está compuesto por los siguientes componentes: Compresor, postenfriadores, Tanque pulmón, Secador, filtros y la tubería que sirve de medio de transporte al aire comprimido hasta el punto de uso. Ahora bien, el aire comprimido que es descargado por el compresor, tiene una determinada energía medida a través de su presión, lo ideal sería que esa presión se mantuviera constante a través de todo el sistema hasta llegar a su punto de uso, pero en un sistema real, esa presión comienza a disminuir por la fricción

del aire con las paredes internas de la tubería por donde se traslada hasta el punto de uso y por el esfuerzo de ese aire comprimido en pasar por todos esos componentes que le ayudarán a ser un aire de mejor calidad. Las siguientes son las causas más comunes de pérdidas de energía que se presentan en un sistema de aire comprimido ya existente:

Fugas de aire

Es la pérdida de energía más común en un sistema de aire comprimido, lastimosamente el aire no tiene olor, no es visible y no incomoda cuando la(s) fuga(s) son pequeñas, caso contrario, por ejemplo con el gas propano, con el agua o el aceite a presión que son visibles y que tienen un costo de por sí, pero el aire, aunque no tiene costo alguno, una vez comprimido, ya lo tiene. En los sistemas de aire comprimido se tolera pérdidas de 5 a 15% del caudal de entrega del compresor.

Estas pérdidas deberán ser solo por fugas en los equipos y/o herramientas que usan este aire comprimido, mas no en el sistema, el porcentaje a considerar dependerá de la dimensión del sistema.

Tuberías mal dimensionadas

Una tubería de diámetro menor a lo requerido, origina una mayor pérdida de presión, debido a la mayor fricción causada por el aumento de la velocidad del aire que pasa a través de ella. Las velocidades máximas recomendadas para calcular los diámetros de estas tuberías en aire comprimido son 8 m/s para tuberías principales y 15 m/s para tuberías de servicio o ramales. No es económico montar tuberías de menor diámetro, sin tener en consideración las pérdidas de presión que estas puedan originar durante su operación y el equivalente en costo de energía por ello, para la mayoría de los sistemas, se debe considerar que la caída de presión solo en tuberías no debe

pasar de 9 psig desde el punto de descarga del equipo compresor hasta su punto de aplicación.

Alta presión de operación

Muchas veces no nos percatamos de cual es la presión real que requieren los procesos, equipos y/o herramientas neumáticas que usan el aire comprimido siendo esto el origen de pérdidas de energía innecesaria. Es importante que se conozca la presión de trabajo de cada equipo y/o herramienta que usa el aire comprimido con el fin de determinar la menor presión a la que pueden trabajar sin que las operaciones de estos sean afectadas.

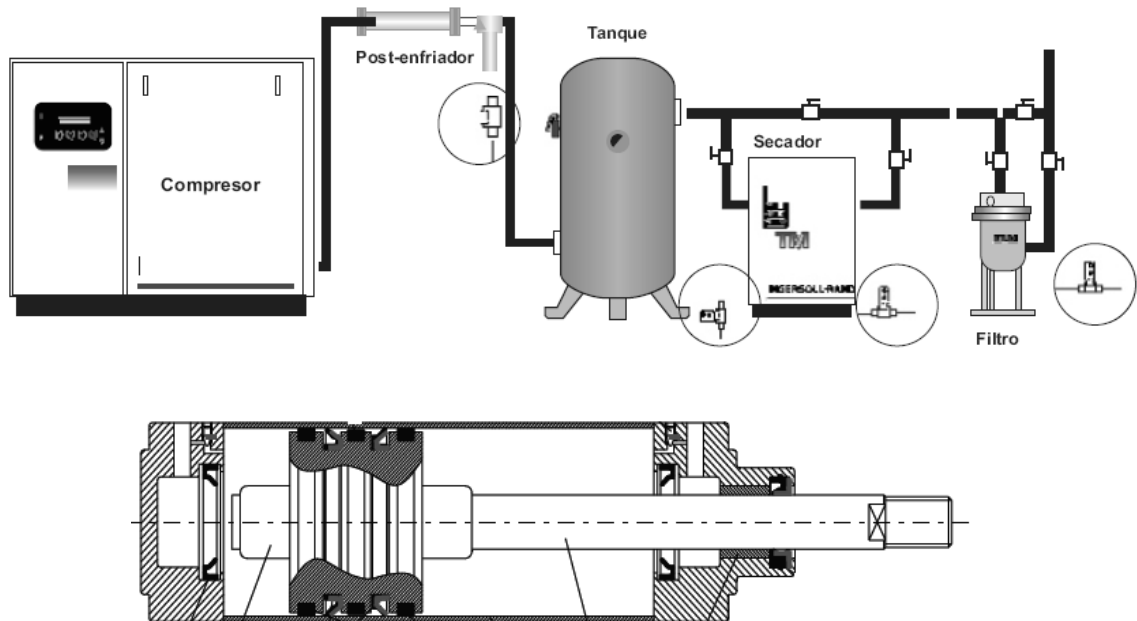
Mal uso del aire comprimido

Este concepto depende de la reglamentación de la planta en el uso del aire del sistema, pues se ha observado en muchos casos, que el aire comprimido no es usado en actividades para la cual fue instalado, causando un incremento de demanda clandestina y por ende un mayor gasto de energía en cubrir esa demanda. Unos ejemplos de este uso indebido del aire comprimido son:

- Soplado de la ropa de trabajo.
- Soplado del piso del área de trabajo

La corrección de estas causas no requiere grandes costos y aunque así lo fuera, el ahorro de energía asegura su retorno.

Figura 27. Fugas típicas en cilindros



Fuente: www.festo.com

4.2.1 Control de presión y humedad

Regulación del aire comprimido

1. Regulación en cascada

Este es el tipo de regulación convencional. Con este sistema se asigna a cada compresor un punto inferior y superior de conmutación. En caso de coordinarse varios compresores, se dibujará un sistema de control parecido a una escalera o una cascada. Si la demanda de aire es baja, se conectará solamente un compresor, y la presión oscilará entre la presión mínima ($p_{\text{mín}}$) y máxima ($p_{\text{máx}}$) de dicho compresor, disminuyendo la presión cuando la demanda de aire suba y se conecten varios compresores al mismo tiempo. El resultado no es el idóneo, ya que si el consumo de aire es bajo, la presión será la máxima, lo cual hace aumentar el consumo y las pérdidas por fugas; por el

contrario, si el consumo es alto, la presión del sistema bajará y se reducirán las reservas.

2. Regulación por gama de presión

El sistema de coordinación más moderno para varios compresores es, sin lugar a dudas, la regulación por gama de presión, sobre todo si se busca la eficacia energética. Con la ayuda de una gama de presión única se coordinan tantos compresores como sea necesario.

Para su funcionamiento, es imprescindible instalar un controlador mixto por microprocesador (MVS) o, mejor aún, un PC industrial con inteligencia de control. Dentro de la regulación por banda de presión puede hacerse otra clasificación más.

3. Regulación vectorial

La regulación vectorial registra la subida o bajada de presión entre los puntos mínimo y máximo preajustados y calcula sobre esa base el consumo de aire comprimido. Los compresores se regulan por tanto retrospectivamente sobre esta base de consumo. En sistemas con oscilaciones de consumo de aire es posible que se produzcan vibraciones de las conducciones de aire que harán necesario tomar medidas de amortiguación. El buen ajuste de los compresores entre sí es de capital importancia.

4. Regulación según carga punta

La regulación por gama de presión con reconocimiento de tendencia agrupa los compresores según sus potencias. Es capaz, por tanto, de repartir homogéneamente la carga entre ellos y de conectar en cada momento el compresor más adecuado. El buen reparto de la carga (*splitting*) es condición indispensable para este sistema. Entendemos por *splitting* la división de los

compresores, de potencias iguales o distintas, dependiendo de si funcionan en carga base o en carga punta. Esta es actualmente la manera más eficaz de regulación, pero exige la transmisión y gestión de grandes cantidades de datos. Sólo con un PC industrial inteligente, es posible hacer frente a esta tarea. Los PCs industriales pueden conectarse a otros sistemas de mando, llevan a cabo una regulación eficaz y, además, pueden realizar la tarea de un servidor de red con páginas HTML programadas. Con este sistema es posible registrar los datos de servicio de los compresores, la carga y el rendimiento de la estación completa, visualizar los datos de manera inteligible, valorarlos y reaccionar en base a los mismos.

Tratamiento de la humedad

Hay que dedicar especial atención a la humedad que contiene el aire comprimido. El agua (humedad) llega al interior de la red con el aire que aspira el compresor. La cantidad de humedad depende en primer lugar de la humedad relativa del aire, que a su vez depende de la temperatura del aire y de las condiciones climatológicas. El grado de saturación es la cantidad de agua que un m³ de aire puede absorber, como máximo, a la temperatura considerada. El mantenimiento incorrecto de este sistema implica un incremento del consumo de energía que puede ascender hasta un 30%. Si el aire comprimido contiene humedad, habrá de someterse a un secado.

Eliminación de la humedad

Cuando se mantiene una Humedad Relativa (RH) constante, el rendimiento de su sistema de aire será consistente y fiable. Los efectos de la contaminación por humedad son: Óxido, corrosión en las tuberías del sistema de aire, lubricación inadecuada de las herramientas neumáticas, daños en productos acabados y pérdidas de productividad.

Eliminación del aceite

El aceite en el aire comprimido afecta a los productos y al entorno de trabajo. El aceite, los hidrocarburos no quemados y el refrigerante de compresores se concentran mucho durante el proceso de compresión. El separador de aire/aceite incorporado en todos los compresores de aire de tornillo rotativo eliminará parte del aceite, pero esto no es suficiente para la mayoría de aplicaciones. La contaminación por aceite puede estropear lotes de producto, reducir la calidad del acabado de las piezas, provocar coloraciones no deseadas en el producto acabado y crear un entorno de trabajo desagradable o peligroso. Un filtrado adecuado elimina el aceite no deseado del caudal de aire, eliminar el aceite del caudal de aire comprimido aporta verdaderas ventajas:

- Prolonga la vida útil de las herramientas neumáticas
- Alta calidad de los productos acabados
- Elimina olores no deseados
- Un entorno de trabajo más seguro

El aire atmosférico siempre contiene humedad o vapor de agua. La cantidad de humedad que el aire puede retener está determinada por su temperatura, y en menor grado, por su presión. Cualquier disminución de su temperatura o incremento de su presión ocasionará que la humedad se condense en el aire.

Humedad relativa

Es la cantidad de humedad que está presente en el aire, comparada con la cantidad total de humedad que el aire puede retener a cierta temperatura. *Por ejemplo:* Un pie cúbico de aire a 27°C, 80°F puede retener cerca de 12 granos de humedad. Si retiene 12 granos, se puede decir que su Humedad Relativa es

del 100%; el aire está saturado. Si el mismo pie cúbico retiene únicamente 6 granos de humedad, su Humedad Relativa es del 50%.

Punto de saturación

Es el punto en el cual el aire retiene todo el vapor de agua que es capaz (100% de humedad relativa). Si agregamos más vapor de agua al aire saturado, el vapor de agua se condensará formando líquido. Recordar que una disminución en la temperatura o un incremento en la presión ocasionarán que la humedad se condense en el aire que esté saturado.

Punto de rocío

Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se condensa formando líquido. Punto de rocío a presión tiene un mayor significado debido a que indica, a una presión dada, la temperatura a la que se formarán condensados en las tuberías del aire comprimido.

La humedad del aire

El aire del ambiente siempre contiene una cantidad mayor o menor de humedad, de agua. Esta humedad depende de la temperatura de cada momento. Por ejemplo, aire saturado de vapor de agua al 100 % a una temperatura de +25 °C puede contener casi 23 g de agua por metro cúbico.

Secado de aire

Uno de los métodos más utilizados para el tratamiento de aire comprimido es el secado por medio del enfriamiento del aire. Por este procedimiento, se enfría el aire hasta la temperatura de punto de rocío y por ello tanto el vapor de agua como de aceite se condensan, realizando posteriormente la evacuación a través de los purgadores. En muchos casos, el punto de rocío a

presión debe estar sólo un poco por debajo de la temperatura ambiente para evitar la generación de condensado en las tuberías.

Ventajas de usar secadores:

- Calidad elevada y constante del aire comprimido
- Permanente reducción de costes al no necesitar la generación a mayor presión.
- Reducción de costes innecesarios de energía
- Funcionamiento atendiendo la protección del medio ambiente
- Cantidad mínima de refrigerante

Selección del tipo adecuado de secador para aire comprimido

Cuando se seleccione un secador de aire comprimido, se debe considerar estos factores y determinar el sistema costo-efecto más adecuado para la aplicación. Los secadores para aire comprimido varían en relación a su punto de rocío, costo inicial, y el mantenimiento requerido. Seleccionar una temperatura de punto de rocío por debajo de la temperatura ambiente mínima a la cual esté expuesto el sistema de aire comprimido, considerar las líneas de aire:

- Localizadas en frente de puertas abiertas o ventanas
- En áreas con aire acondicionado o sin calefacción
- Enterradas o entre edificios

Una vez se haya seleccionado el sistema apropiado, determinar las condiciones actuales en las que el secador estará operando:

- Capacidad de flujo (scfm, Nm³/hr, Nm³/min, l/sec)
- Punto de rocío a presión (°C, °F)
- Presión de entrada del aire (psig, bar, kg/cm²)
- Temperatura de entrada del aire (°C, °F)

Secador frigorífico o de adsorción

Las nuevas regulaciones referidas a agentes refrigerantes no pueden cambiar el hecho de que los secadores de adsorción no sean una alternativa real a los secadores frigoríficos, ni desde el punto de vista económico ni desde el ecológico. Los secadores frigoríficos solamente consumen un 3 % de la energía que necesita el compresor para producir el aire comprimido, mientras los secadores de adsorción consumen un 10-25% o incluso más. Por eso, será preferible optar por un secador frigorífico siempre que sea posible. Por lo tanto, sólo es recomendable el uso de secadores de adsorción si se requiere aire comprimido extraordinariamente seco, con puntos de rocío de hasta -20 , -40 ó -70 °C.

Adsorbente de carbón activado

Los adsorbentes de carbón activo se utilizan de forma funcional conectados a continuación de los secadores de aire comprimido y otros filtros, para reducir el contenido de aceite residual en el aire comprimido hasta $0,003$ mg/m³. Después de filtrar las impurezas líquidas y sólidas hasta $0,01$ µm, el aire comprimido aún puede contener vapores de aceite. Los vapores de aceite provienen del compresor de aire o pueden ser aspirados del exterior. La cantidad dependerá del tipo de aceite y de la temperatura de compresión. Los adsorbentes de carbón activo se utilizan donde se exijan las máximas exigencias al aire comprimido de forma controlable en largos períodos de funcionamiento. El aire comprimido fluye de arriba hacia abajo, a través del lecho del adsorbente lleno con carbón activo especial. La optimización del tiempo de contacto, la velocidad del aire, la profundidad del lecho, así como la calidad del carbón activo aseguran una elevada calidad del aire comprimido.

Separadores ciclónicos / Filtros de aire comprimido

Los separadores ciclónicos eliminan líquidos, neblinas y substancias sólidas del aire comprimido. Utilización rentable de los separadores ciclónicos directamente después del compresor. Cuando no existe ningún depósito de aire comprimido o cuando el depósito de aire comprimido se encuentra a considerable distancia. Antes de tramos verticales de tubería de aire comprimido.

Secadores de membrana

El aire comprimido siempre contiene humedad, trazas de aceite procedentes del compresor y partículas de polvo. Estas impurezas pueden causar graves fallos. En las herramientas y los equipos de aire comprimido se forman puntos de corrosión o acumulaciones. Esto limita el rendimiento y menoscaba la calidad de los productos. Se hacen necesarios trabajos de mantenimiento y se generan costosos tiempos de parada. Los secadores de membrana se utilizan como “parte de la tubería” o bien se montan formando un conjunto junto con compresores de pistón o de tornillo.

- No se genera condensado durante el secado
- No es necesaria la eliminación de condensado
- Fácil instalación sin necesidad adicional de espacio
- Aire comprimido técnicamente exento de aceite
- Ahorro de energía eléctrica
- Importante aporte para la protección de la capa de ozono y del clima.

Selección de filtros

Una vez considerados todos los contaminantes, puede ya determinarse el grado de limpieza del aire de cada parte de una planta industrial o proceso. Únicamente mediante la utilización de los filtros correctos en su emplazamiento

adecuado, pueden mantenerse los costes de energía y mantenimiento al mínimo. El volumen de aire implicado en cada etapa debe siempre ser considerado como subdimensionado, la utilización de filtros inadecuados es una de las causas principales de costes de energía. Las recomendaciones acerca del secado del aire son particularmente difíciles, dado que dependen de la temperatura de la canalización principal del aire comprimido, de su ubicación respecto a la aplicación/máquina, así como del nivel de reducción de presión y del caudal de aire. Cuando se elija un filtro para la limpieza de aire comprimido, asegurarse que:

- La eficiencia de la eliminación de líquido es alta y no es posible la reentrada.
- Exista una facilidad de mantenimiento y de recogida del líquido condensado.
- Mediante una buena visibilidad del condensado y/o del elemento se asegura que la función se ha conseguido o que existe una necesidad de mantenimiento.

Control de presión

Con el fin de utilizar el aire comprimido de la forma más eficaz, es necesario reducir la presión hasta precisamente el valor requerido para esa aplicación particular. Todos los equipos neumáticos poseen una presión de trabajo óptima. Su utilización a una presión mayor causa un desgaste excesivo, sin un incremento significativo en cuanto a rendimiento, al tiempo que se desperdicia el aire comprimido en sí mismo y el coste necesario para su generación. Si el aire comprimido se almacena a su valor de presión mayor y se utiliza exactamente al valor mínimo requerido para la aplicación, el depósito de almacenamiento o el receptor sólo necesitan llenarse desde un nivel aproximadamente intermedio hasta su capacidad completa, lo cual es más

eficiente. Con el fin de alcanzar esta utilización óptima, el compresor trabaja normalmente entre dos niveles de presión, esto es, el receptor posee normalmente un presostato ajustado para cerrar el compresor al alcanzar el nivel de presión requerido (usualmente el máximo alcanzable para conseguir la eficacia en la filtración), así como un nivel menor normalmente alrededor del 10 - 20% por debajo. Esta cifra puede optimizarse cuando se consideren el tamaño del receptor, la demanda de caudal del sistema y el nivel de salida del compresor.

Como resultado a esta disposición, el compresor no está en marcha de forma continua: utiliza un exceso de energía que produce más calor, el cual a su vez genera agua. Esta debe ser eliminada para suministrar una presión para los requerimientos del sistema que resulta excesiva y origina un gran desgaste sin ningún incremento en el rendimiento. Por lo tanto, una válvula reductora de presión puede generar ahorros de coste superiores a su precio en un tiempo muy breve. También es obligatoria en aplicaciones tales como pistolas de aire comprimido y boquillas refrigerantes en las que la utilización de aire comprimido a elevadas presiones es potencialmente peligrosa.

Las válvulas reductoras de presión o los reguladores poseen dos características principales que deben ser consideradas a la hora de determinar cuál de ellas escoger, como son su capacidad de mantener la presión de salida constante, independientemente de la presión de entrada e independientemente del caudal de salida (característica de caudal). La selección y puesta en práctica correctas de las partes importantes del sistema de aire conseguirán en el mismo el menor coste con una eficiencia de energía óptima.

Unas características de regulación pobres se traducirán en una variación en la presión de salida, aunque, en el conjunto de las aplicaciones de aire

comprimido, las presiones de entrada son bastante constantes, de forma que este hecho supone pocos problemas.

La penalización por unas características de caudal pobres se traduce en una caída de presión que se refleja directamente en costes de energía. Cada regulador está sometido a un cierto nivel de caída de presión, de forma que para un buen diseño del sistema ésta es la propiedad a analizar más importante. Puede conseguirse un importante ahorro en costes empleando una válvula reductora conjuntamente con cilindros de doble efecto con los que a menudo puede utilizarse una presión reducida en la carrera de retorno, pudiendo llegar a alcanzarse ahorros de hasta el 30% en costes. Esto puede ser muy importante en el caso de instalaciones con muchos cilindros. Un punto en común de todos los reguladores de presión es de que con el fin de poder trabajar constante y repetidamente dentro de sus límites de diseño requerirán un suministro de presión al menos 1 bar por encima de la presión de salida requerida. También podrán trabajar con un diferencial inferior, pero esto puede perjudicar su rendimiento.

Filtro de aire comprimido con regulador de presión: El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada. En los procesos de automatización neumática se tiende cada vez a miniaturizar los elementos (problemas de espacio), fabricarlos con materiales y procedimientos con los que se pretende el empleo cada vez menor de los lubricadores. Consecuencia de esto es que cada vez tenga mas importancia el conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido, para lo cual se crea la necesidad de realizar un filtraje que garantice su utilización. El filtro tiene por misión:

- Detener las partículas sólidas
- Eliminar el agua condensada en el aire

Separador centrífugo

Siempre se instala después del postenfriador, el objetivo del separador es retirar el agua que se ha condensado del proceso de enfriamiento del aire. Básicamente consiste en un recipiente cilíndrico que va colocado verticalmente, en su interior tiene un balde que defleca la corriente de aire, haciendo que este sufra un proceso de centrifugación, por lo cual las gotas de agua que son mas pesadas que el aire se adhieren a las paredes del recipiente, para luego caer al fondo de este por efecto de la gravedad, dicha agua será finalmente retirada mediante una trampa de drenaje automático.

Válvulas de drenaje automático

Las válvulas de drenaje automático deben ir en sitios donde exista la necesidad de desalojar condensados, por ejemplo filtros, separadores centrífugos, piernas de drenaje, tanque etc. La función de estas consiste en abrirse cada cierto tiempo para comunicar el sitio donde existe el condensado con el exterior, permitiendo que este sea desalojado.

Válvulas de drenaje automático mecánico

Funcionan por principios mecánicos y no requieren ningún tipo de energía exterior. Tiene la desventaja que el tiempo de ciclado es relativamente aleatorio no habiendo ningún control sobre el tiempo que la válvula permanezca abierta y permitiendo que se deposite una capa sobre la válvula haciendo que esta pierda sensibilidad hasta que se bloquea.

Válvulas de drenaje automático de flotador

Consiste en un flotador de forma esférica instalado en la base de la misma. Que por la acción de la acumulación de condensado es desplazado hacia arriba, hasta llegar a un punto tal que ocasiona la apertura de una válvula mecánica permitiendo la salida del condensado; al salir cierta cantidad de

condensado, el flotador se desplaza hacia abajo cerrando la válvula mecánica. Este ciclo se produce continuamente.

Válvulas de drenaje automático electrónica

Este tipo de válvulas opera mediante un solenoide, la cual es controlada por un temporizador que determina exactamente los intervalos de apertura y la duración de los mismos.

Mantenimiento

El mantenimiento produce un bien real, es la capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado pero ahora cobran mayor relevancia.

El mantenimiento fue "un problema" que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata. Sin embargo, sabemos que la curva de mejoras incrementales después de un largo período es difícilmente sensible, a esto se une la filosofía de calidad total, y todas las tendencias que trajo consigo que evidencian sino que requiere la integración del compromiso y esfuerzo de todas sus unidades. Esta realidad ha volcado la atención sobre un área relegada: el mantenimiento. La participación del mantenimiento en el éxito o fracaso de una empresa incide en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto servicio.
- Capacidad operacional (ejemplo, el cumplimiento de plazos de entrega).
- Seguridad e higiene industrial.
- Calidad de vida de los colaboradores de la empresa.
- Imagen y seguridad ambiental de la compañía.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria, herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.
- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paro de máquinas.
- Evitar accidentes e incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

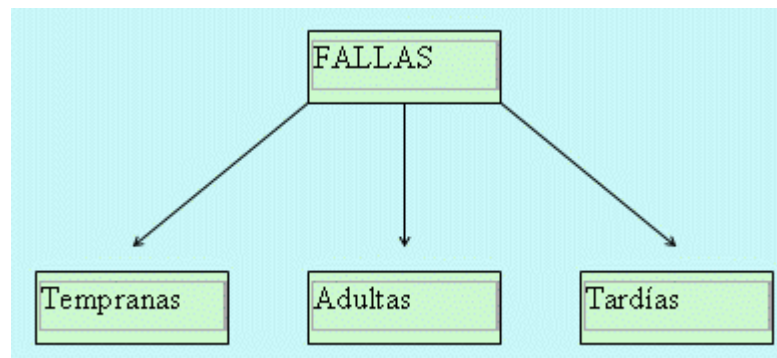
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas. Se dice que algo falla cuando deja de brindar el servicio o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

Criterios de la gestión del mantenimiento

Clasificación de las fallas

Figura 28. Clasificación de fallas



Fuente: Elaboración propia

Fallas tempranas: ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

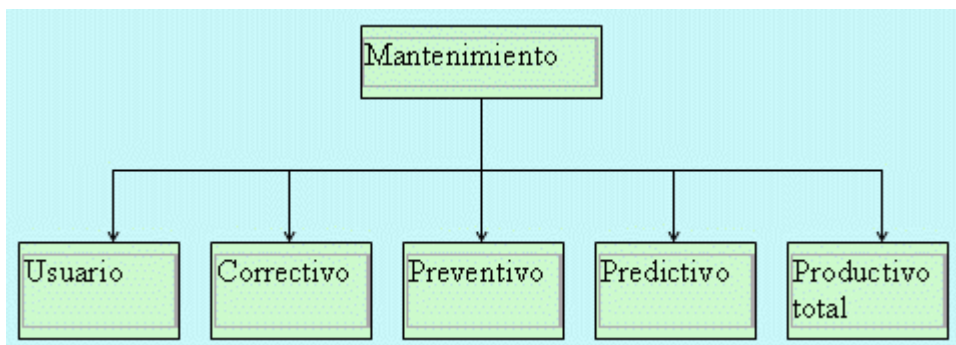
Fallas adultas: son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más

lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).

Fallas tardías: representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.)

Tipos de mantenimiento

Figura 29. Tipos de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Mantenimiento para usuario: en este tipo de mantenimiento se responsabiliza del primer nivel de mantenimiento a los propios operarios de máquinas. Es trabajo del departamento de mantenimiento delimitar hasta donde se debe formar y orientar al personal, para que las intervenciones efectuadas por ellos sean eficaces.

Mantenimiento correctivo: es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Dentro de este tipo de mantenimiento se puede contemplar dos tipos de enfoques:

Mantenimiento de arreglo: este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provoco la falla.

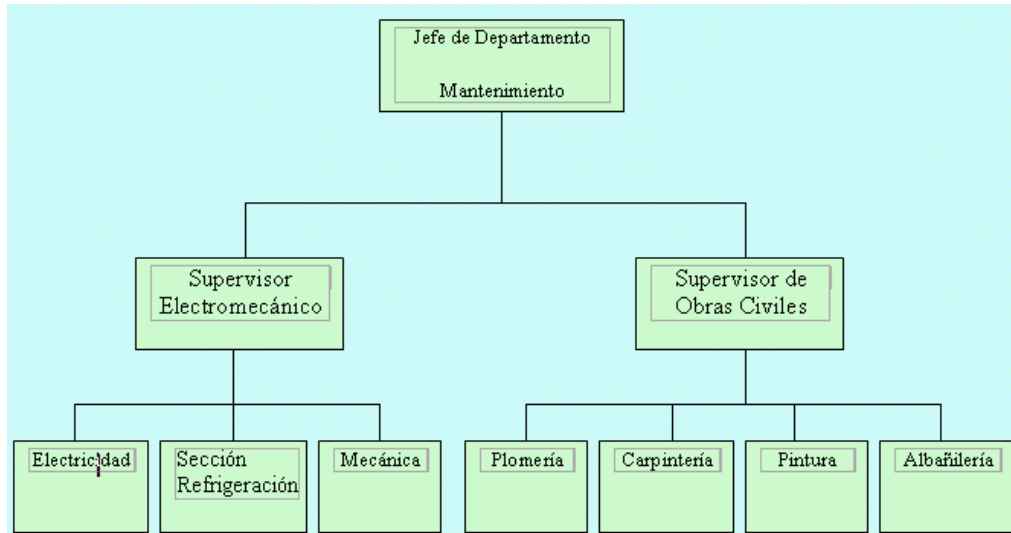
Mantenimiento de reparación: este se encarga de la reparación propiamente pero eliminando las causas que han producido la falla. Suelen tener un almacén de recambio, sin control, de algunas cosas hay demasiado y de otras quizás de más influencia no hay piezas, por lo tanto es caro y con un alto riesgo de falla. Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar, rebajar costos.

Mantenimiento preventivo: este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

Mantenimiento predictivo: este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

Mantenimiento productivo total (T.P.M.): TPM (Total Productive Maintenance). Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".

Figura 30. Organigrama del departamento de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Actividades del mantenimiento preventivo

Mantenimiento de equipos de aire comprimido

La elección de las mangueras flexibles es la adecuada a la presión y temperatura del aire comprimido, así como, en su caso, ser compatibles con el aceite de lubricación utilizado. Cuando se utilicen mangueras flexibles en medios con riesgo de atmósferas explosivas o con riesgo de incendio, se debe emplear mangueras antielectricidad estática.

El grado de resistencia física de las mangueras flexibles debe ser el adecuado al uso que se destina se utilizarán mangueras de gran resistencia en el caso de conducciones semipermanentes, como puede ser el caso de canteras, construcción, etc., mientras que las mangueras de tipo medio y ligero, se utilizan en maquinaria neumática fija. En el caso de pequeñas herramientas portátiles, deben ser ligeras y de gran flexibilidad. Las mangueras flexibles se les debe dar un trato adecuado evitando toda erosión, atrapamiento o

disposición de materiales encima de ellas: Una vez utilizadas se deben de recoger y guardar adecuadamente. Antes de comenzar el trabajo se deben examinar detenidamente las mangueras flexibles, desechando aquellas cuyo estado no garantice una absoluta seguridad, y no deben de emplearse cintas aisladoras para taponar escapes.

El acoplamiento de mangueras se efectúa mediante elementos de acción rápida, que deben estar diseñados de tal forma que cuando se desconecta el acoplamiento, automáticamente se interrumpa la salida de aire comprimido y se despresurice lentamente la parte desconectada.

En el caso que el diámetro de la manguera sea superior a 10 milímetros, su longitud superior a 10 metros, o esté sometida a una presión superior a los 7 bares, el acoplamiento debe permitir la despresurización de la parte a desconectar, antes que la desconexión propiamente dicha pueda realizarse. Para prevenir que los coletazos de las mangueras dañen al personal, en caso de desengancharse, romperse, etc., se puede disponer de "Fusibles de Aire Comprimido", los cuales cortan el suministro de aire al detectar una fuga o la ruptura de la manguera. Los racores de unión a las redes de aire comprimido, no son intercambiables con racores empleados para otros gases. Las tomas a la red de aire comprimido se disponen horizontalmente o hacia abajo: La conexión hacia arriba es causa de que se acumule suciedad y se recurra al soplado antes de efectuar la conexión, lo que puede ocasionar desprendimiento de partículas a gran velocidad. Cuando se empleen herramientas o equipos que viertan el aire una vez utilizado, directamente a la atmósfera, debe disponerse de filtros adecuados, que garanticen la calidad del aire expulsado.

Cuando se empleen herramientas que trabajen a una presión inferior a la de la línea de aire comprimido a la que están conectadas, se deben disponer

reguladores de presión en las mismas, con su correspondiente manómetro. En el caso de que la sobrepresión en la herramienta pudiera resultar peligrosa, se dispone de un dispositivo de fijación de regulador, cuya llave esté en posesión de persona responsable. Evitar en todo lo posible, el empleo de pistolas de soplado, y en el caso que sean imprescindibles, se deben utilizar las que incluyan boquillas de seguridad para reducir la velocidad de salida del aire comprimido, o bien emplear las que distribuyan el aire en forma de cortina.

Operación y mantenimiento de accesorios

El propósito de los accesorios es mejorar la calidad del aire comprimido entregado por el compresor para adaptar este a las condiciones específicas de cada operación, algunos accesorios también se utilizan para la regulación de caudal y presión, lubricación de los equipos a instalar en la red o simplemente para cambios de direcciones en la red y paso o no de fluido dependiendo de la aplicación.

Tener aire comprimido de buena calidad es importante para asegurar una larga vida útil de los equipos neumáticos y unos óptimos resultados en los procesos que requieren dicho servicio. Las características más importantes a tener en cuenta son:

- La cantidad de aceite que contiene el aire
- La cantidad de agua presente en el mismo
- El punto de rocío
- Cantidad de partículas extrañas contenidas en el aire

Recomendaciones de seguridad para el uso del aire comprimido

La utilización del aire comprimido en la industria está ampliamente extendida y en actuaciones muy diversas, como accionamiento de máquinas herramientas, actuadores de válvulas, maquinaria, desmoldeadores de piezas,

etc. Dado que su accionamiento es debido a un fluido a presión, su empleo da lugar a la aparición de unos riesgos específicos, que se van a ver magnificados si se hace un mal uso del mismo. Reglas elementales de seguridad:

1. Antes de la acometida

- La purga de las conducciones de aire.
- La verificación del estado de los tubos flexibles y de los manguitos de empalme.
- Examinar los tubos flexibles: que no existan bucles, codos o dobleces que obstaculicen el paso del aire.
- No conectar nunca una máquina neumática a una fuente de suministro de oxígeno, existe peligro de explosión.

2. Durante el trabajo

- Las mangueras de aire comprimido se deben situar de forma que no se tropiece con ellas, un sistema para impedir todo esto es el de colocar las mangueras en soportes elevados.
- No usar la manguera de aire comprimido para limpiar el polvo de la ropa, se pueden producir lesiones graves en los ojos, oídos y boca.
- Al usar herramientas neumáticas siempre debe cerrarse la llave del aire de las mismas antes de abrir la de la manguera. Verificar las fugas de aire que pueden producirse por las juntas, acoplamientos defectuosos o roturas de mangueras o tubos.
- Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire cuando se cambie la herramienta, hay que cortar la fuente de alimentación.

- No debe apoyarse todo el peso del cuerpo sobre la herramienta neumática, ya que puede deslizarse y caer uno sobre la superficie que se esté trabajando. Se debe adoptar una postura segura.
- Siempre que se trabaje con herramientas neumáticas se deben usar gafas, guantes, calzado de seguridad y protección para los oídos.
- Aún cuando no trabaje la máquina neumática no deja de tener peligro si está conectada a la manguera de aire, es lo mismo que una pistola cargada. Cualquier movimiento accidental del gatillo puede ser causa de lesiones.
- Debe ser rigurosamente prohibido el método de expulsar la herramienta con la presión del equipo neumático portátil, en lugar de quitarla con la mano.

3. Después de utilizarla

- Cerrar la válvula de alimentación del circuito del aire.
- Abrir la llave de admisión de aire de la máquina, de forma que se purgue el circuito.
- Desconectar la máquina.

5. SEGURIDAD EN LOS SISTEMAS NEUMÁTICOS, USUARIOS Y ENTORNO

5.1 Seguridad en instalaciones neumáticas

Es imprescindible establecer un sistema para detectar fugas, de modo que éstas puedan ser reparadas inmediatamente, y tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Imponer un programa periódico de prueba de fugas.
- Considerar la posibilidad de zonificar el sistema de aire comprimido mediante la instalación de válvulas de zona, de modo que sólo se presuricen las zonas que lo requieran. Del mismo modo, estudiar si todas las zonas requieren la misma presión. Si no es así, instalar válvulas de reducción de presión para suministrar baja presión a las partes que no necesiten la presión general del sistema. Reducirá el consumo y la posibilidad de fugas.
- Analizar si es rentable instalar un compresor local para equipos que necesiten presiones más altas y operen períodos más largos que el resto del sistema.
- Comprobar periódicamente las trampas de agua, ya que las defectuosas suponen una pérdida continua de grandes cantidades de aire comprimido.

- Adecuar el nivel de calidad del aire en función del trabajo desarrollado ya que, a mayor calidad, mayor consumo energético. Si necesita más de un tipo de aire en la planta, analizar la conveniencia de disponer de sistemas de tratamiento y distribución separados.
- Comprobar que los compresores se paren cuando no haya demanda de aire y que no se arranquen antes de tener necesidad de aire.
- Limpiar periódicamente los filtros del aire de entrada, o cambiarlos cuando sea necesario.
- Comprobar la eficiencia y prestaciones de los secadores y controles de aire.
- Analizar la posibilidad de instalar un sistema para recuperar el calor que genera el compresor con el fin de utilizarlo como complemento local de calefacción o para calentar agua. Tener en cuenta que aproximadamente el 90% de la energía que utiliza el compresor se convierte en calor.
- Comprobar que los niveles de tratamiento del aire no son excesivos y adaptarlos de acuerdo con las necesidades de cada equipo.
- Tener en cuenta que los ventiladores de aire resultan mucho más económicos que los compresores para labores de baja presión.

5.1.1 Normas y recomendaciones de seguridad y salud laboral

Desde el punto de vista de la seguridad, en cualquier instalación deben considerarse también los aspectos relacionados con el diseño y las

instalaciones de los mismos como son: instalaciones de gas, agua, aire comprimido, de vacío, electricidad, ventilación, etc.

Aspectos generales de seguridad

a) Iluminación de seguridad y señalización

La iluminación de seguridad y señalización son aspectos importantes en caso de emergencia. Un reglamento de lugares de trabajo, debe contemplar: “en caso de avería de la iluminación, las vías y salidas de evacuación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad”, “los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y seguridad”.

Alumbrado de emergencia: debe ser una instalación fija, provista de su propia fuente de energía, poniéndose en funcionamiento cuando ocurra un fallo en la alimentación de la instalación del alumbrado normal. La autonomía será de una hora como mínimo. Proporcionará iluminación en los puntos donde están situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios y en los cuadros de distribución del alumbrado y también en los recorridos de evacuación.

Señalización: es preceptivo señalar los recorridos de evacuación, salidas de emergencia, equipos de protección contra incendios, equipos de alarma y equipos de primeros auxilios.

b) Instalaciones de protección contra incendios

Las plantas de aire comprimido deben disponer de protección contra incendios, en especial, extintores. Los tipos de extintores estarán en función de la clase de fuego que pueda presentarse en la planta. El emplazamiento de los extintores deberá permitir que éstos sean fácilmente visibles y accesibles y a ser posible, cerca de las salidas. Es obligatorio en locales o zonas de riesgo alto en los que el riesgo dominante se deba a la presencia de materias combustibles sólidas. En cuanto a los sistemas de detectores y alarma, una detección inmediata de un conato de incendio es fundamental para combatirlo de una manera eficaz y rápida.

c) Instalaciones

Instalaciones de gases: en algunas plantas se suelen utilizar gases a presión suministrados a través de una instalación fija o directamente de la botella (bombona). En ambos casos hay que tener en cuenta determinadas precauciones y disponer de un protocolo de utilización.

Gases combustibles: se consideran los gases licuados del petróleo (GLP) y el gas natural. El peligro fundamental de estos gases, además de ser combustible, se debe a que son más pesados que el aire, por lo que tienden a permanecer en los niveles inferiores durante mucho tiempo. Prácticamente son inodoros. Por el contrario, el gas natural, es más ligero que el aire, por lo que en caso de fuga, este asciende a niveles superiores.

Gases industriales: estos gases se envasan en cilindros que permiten una utilización racional del gas que contienen. La identificación de los gases se hace mediante colores. Como medidas de seguridad se tendrán en cuenta las siguientes:

- Los cilindros deberán estar en posición vertical sobre suelos planos, con el nombre de los gases indicado en el cilindro.
- Los cilindros no se almacenarán cerca de sustancias inflamables, tales como aceite, gasolina, etc. No se almacenarán cerca de zonas de tránsito o lugares en los que existan objetos pesados en movimiento, que puedan caer o chocar contra ellos.
- Los cilindros llenos y vacíos deben almacenarse en grupos separados.
- Los cilindros con gases incompatibles deben almacenarse en zonas separadas por un obstáculo físico.
- No deben estar expuestos a humedad o a temperaturas o muy altas o muy bajas.

d) Instalaciones de aire comprimido

Una aplicación segura protege la integridad y disponibilidad de los recursos de procesamiento controlados por el propietario o administrador del sistema. Además de proporcionar instrucciones sencillas y concretas para ayudarle a proteger el sistema frente al aprovechamiento de las vulnerabilidades de seguridad de automatización. La utilización de aire comprimido puede dar lugar a la aparición de riesgos como:

- Las mangueras de conexión pueden estar sometidas durante su utilización a flexiones, golpes, erosiones, etc. lo que puede producir la rotura de las mismas con el consiguiente movimiento repentino de serpiente o látigo.
- Los escapes de aire comprimido pueden producir heridas en los ojos, atravesar la piel, puede penetrar por la boca, nariz, oídos, produciendo lesiones.

- El uso de presiones inadecuadas puede dar lugar a la ruptura de herramientas o útiles con el consiguiente riesgo de proyecciones de elementos.
- El empleo de aire comprimido para la limpieza de máquinas, bancos de trabajo puede ser causa de riesgos higiénicos, como son la dispersión de polvos, partículas así como la formación de nieblas de aceite si el aire proviene de engrasadores.

Medidas preventivas:

La elección de las mangueras flexibles será la adecuada a la presión y temperatura del aire comprimido así como también será adecuado el grado de resistencia de las mismas al uso que se destina. Se evitará la erosión, atrapamiento de las mangueras flexibles. Antes de comenzar el trabajo se examinarán detenidamente desechándose aquellas que no garanticen una absoluta seguridad. Jamás se emplearán cintas aisladoras para taponar escapes.

El acoplamiento de mangueras se efectuará mediante elementos de acción rápida. Cuando se desconecte el acoplamiento, automáticamente se interrumpirá la salida de aire comprimido y se despresurizará lentamente la parte desconectada. Para prevenir que los coletazos de las mangueras dañen al personal en caso de desengancharse o romperse dispondrán de “fusibles de aire comprimido” los cuales cortan el suministro de aire al detectar una fuga o ruptura de la manguera. Los racores de unión a las redes de aire comprimido, no serán intercambiables con racores empleados para otros gases.

e) Ventilación

Para lograr un entorno de trabajo saludable es importante tener en cuenta los sistemas de control de contaminantes. El objetivo del control de contaminantes es evitar la presencia de agentes tóxicos y nocivos en el ambiente de trabajo, controlando la correcta evacuación y expulsión de éstos agentes.

Extracción localizada: se pueden definir como dispositivos mecánicos cuya finalidad es captar los contaminantes liberados en un foco antes de que se dispersen en el ambiente de trabajo. Las aplicaciones más frecuentes lo constituyen:

Vitrinas: es un encerramiento al cual se le aplica un sistema de extracción localizada. Consta de una zona de trabajo, un sistema extractor, conductos y abertura por la que penetra en el recinto el aire necesario para arrastrar los contaminantes.

Campanas: es un sistema de extracción localizada al foco contaminante. Es importante que la situación de las campanas esté muy cerca del foco de generación del contaminante.

f) Conductores de aire comprimido

Para la seguridad de los conductos se debe controlar regularmente el estado de las tuberías, se sustituirán las que están defectuosas.

Las toma de aire mural les deben disponerse de modo que queden por debajo de la cabeza del operador.

Por otro lado, deben adoptarse medidas especiales de prevención en el momento de instalar una red de distribución de aire comprimido, que pongan al personal al abrigo de cualquier accidente. En numerosos casos es conveniente dotar al personal de protección auditiva individual, ya que el escape del aire de

la máquina es una fuente de ruido. El uso inadecuado de las máquinas y herramientas de accionamiento neumático es también origen de accidentes.

Deben señalizarse, mediante un código de colores, todas las tuberías, puesto que puede confundirse una tubería o manguera de aire comprimido con las de otros gases, pudiendo llegar a provocar dicha confusión un grave peligro. Es fundamental un buen servicio de mantenimiento de las instalaciones y equipos de aire comprimido, ya que cualquier fallo puede provocar obstrucción de mangueras y válvulas; mal funcionamiento de las herramientas, con sus peligros; variación de velocidad en los motores; parada de los compresores, etc.

g) Elementos de seguridad

Con objeto de prevenir los riesgos anteriormente indicados, la seguridad de las primeras fases de actuación en el diseño de los mismos, por lo cual se deberá dotar de los siguientes elementos:

Válvulas de seguridad: manómetros, cuando se empleen compresores de mediana y gran potencia, con lubricación forzada, se instalarán manómetros para indicación de la presión de aceite.

Protección térmica: para minimizar los riesgos de sobrecalentamiento, los grandes compresores dispondrán de termostatos a la salida de la válvula de descarga de la última etapa del compresor, los cuales pondrán fuera de servicio el compresor, de forma automática, cuando se exceda la temperatura considerada como peligrosa. Si el compresor es del tipo multietapas, se instalará un termostato a la salida de cada una de ellas.

En compresores medianos y grandes refrigerados por aire, deben instalarse termostatos con el fin de controlar el posible sobrecalentamiento del

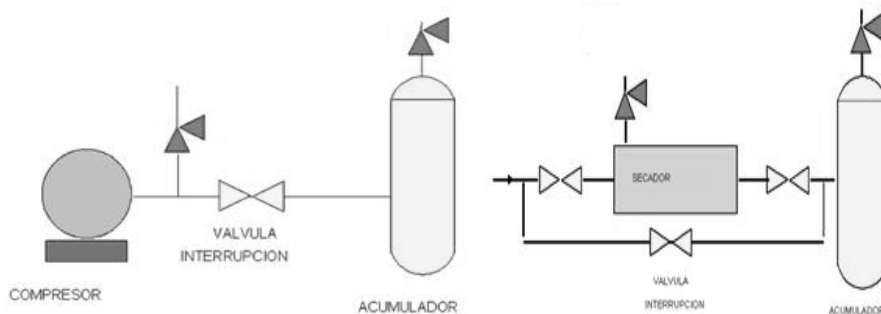
compresor debido a un fallo en el ventilador de refrigeración o a la suciedad depositada en la superficie de refrigeración. En compresores rotativos refrigerados por aceite, debe colocarse un termostato de parada que detenga el motor de accionamiento cuando la temperatura del aire exceda de un cierto límite.

Protección del elemento enfriador: si la refrigeración se efectúa por agua, se dispondrá un termostato a la salida del agua del refrigerador cuya actuación, si el agua alcanza la temperatura máxima recomendada por el fabricante, será la puesta fuera de servicio del compresor.

Protección del sistema de lubricación: cuando la presión del aceite de lubricación descienda por debajo de un valor mínimo recomendado por el fabricante se deberá disponer un sistema de seguridad, en medianos y grandes compresores, de tal forma que su actuación sea la puesta fuera de servicio del compresor, y simultáneamente el disparo de una alarma acústica y/o óptica. En el caso de que la alimentación de aceite se efectúe por gravedad, se dispondrá de un detector de bajo nivel de aceite.

Protección contra explosión: el sobrecalentamiento y/o ignición de depósitos carbonosos puede dar lugar a riesgo de explosión, por lo que se dispondrá, en compresores de tamaño mediano y grande, un tapón fusible, con una temperatura de fusión acorde con las características del compresor. Su localización se efectuará en la generatriz inferior de la tubería de conexión del compresor con el acumulador de aire comprimido.

Figura 31. Válvula de seguridad



Fuente: Distribución y seguridad en redes de aire comprimido

5.2 Instalaciones aire comprimido

La peligrosidad del aire comprimido viene determinada por los siguientes aspectos:

Compresores

Riesgos

Independientemente del tamaño del compresor, estos presentan una serie de riesgos comunes que vienen determinados por la posible sobrepresión alcanzada, con riesgo de explosión, que puede venir determinada por alguna de las siguientes causas:

- Bloqueo, total o parcial, del aire que sale del compresor.
- Fallo de los controles automáticos, combinado con bajo consumo de aire.
- Mal funcionamiento del compresor, sobrevelocidad.
- Sobrecalentamiento, que puede dar lugar a la ignición de los depósitos carbonosos con el consiguiente peligro de explosión. Aunque no es frecuente, pueden iniciarse fuegos y explosiones por combustión de aceites y vapores procedentes de los utilizados para la lubricación del compresor.

Enfriador

Riesgos

Teniendo en cuenta que los enfriadores son realmente aparatos a presión, los riesgos que presentan son los inherentes a ellos y que se indicarán detalladamente al tratar los acumuladores de aire. Enfriadores de aire, este tipo puede presentar los siguientes riesgos específicos:

- Sobrecalentamiento debido a mala circulación de aire, cuando son del tipo de radiador y ventilador, debido a la existencia de obstáculos, materiales, etc, que impiden una circulación adecuada, e incluso por mala ubicación de los mismos.
- Sobrecalentamiento por presencia de suciedad en las superficies de intercambio térmico.

Separador de condensado

El separador de condensados puede ser parte integrante del enfriador o bien ser una unidad independiente, en cualquier caso constituye un aparato a presión.

Riesgos

Los riesgos presentados por los separadores son los comunes a cualquier depósito a presión y que se tratarán al hablar del acumulador, se mencionará la corrosión debido a la presencia de agua. Independientemente de ellos presentan unos específicos, como puede ser la presencia de aceite de lubricación y la posibilidad de formarse nieblas del mismo.

Elementos de seguridad, medidas preventivas

Un sistema de drenaje adecuado al volumen de condensado, generalmente de tipo automático. Estará protegido contra las heladas. Se mantendrá en condiciones óptimas de limpieza.

Secadores de aire

Riesgos

Los sistemas de secado de aire emplean cámaras presurizadas e intercambiadores de calor, por lo que los riesgos que presentan son los de cualquier aparato a presión.

Elementos de seguridad

Si el secador puede aislarse de la red, sus cámaras estarán construidas para soportar la máxima presión que pueda soportar el compresor, o bien irá dotado de una válvula reductora de presión y una válvula de seguridad para evitar que se exceda la presión de seguridad en las cámaras del secador. Cuando no existan medios para aislar el secador, se colocará una válvula de seguridad.

Los desecadores que empleen la regeneración del desecante por calentadores inmersos en la masa del material, estarán equipados con un protector térmico capaz de detectar temperaturas que sean capaces de ocasionar la explosión de nieblas de aceite.

Acumulador de aire comprimido

Riesgos

El principal riesgo que presentan estos aparatos, al estar sometidos a presión interna, es el de explosión, que puede venir determinada por alguna de las siguientes causas:

- Defectos de diseño del aparato, en la fase de construcción y montaje, en las cuales se tendrán muy en cuenta el proceso de soldadura de virolas, fondos, refuerzos, tubuladuras, etc., y los efectos que el calor aportado por ella puede tener sobre las características de los materiales.
- Sobrepresión en el aparato por fallo de los sistemas de seguridad, por presencia de fuego exterior.
- Erosiones o golpes externos, fisuras debidas a las vibraciones transmitidas por compresores instalados sobre los propios acumuladores o por una fundación del compresor inadecuada.

Elementos de seguridad

Estos aparatos cuyo diseño y construcción deberán seguir todos los pasos establecidos en el Código de diseño elegido referentes a materiales, espesores de los mismos, procesos de soldadura, tratamientos térmicos, ensayos no destructivos, etc., deberán contar con un certificado de calidad que asegure que los anteriores pasos han sido seguidos cuando se trate de un aparato de construcción único, y del correspondiente registro de tipo si se trata de un aparato construido en serie. Independientemente de ello, deberán contar con los siguientes elementos de seguridad, cuyas prescripciones son obligatorias en la mayor parte de los casos a tenor de la legislación vigente.

- Válvula de seguridad cuya capacidad y presión de descarga será adecuada al caudal máximo de aire comprimido capaz de suministrar el compresor en las condiciones más desfavorables.
- Indicador de presión interna del aparato.

- Sistema de drenaje manual o automático
- La disposición de un filtro inmediatamente antes de la válvula ayuda eficazmente a eliminar la presencia de residuos en las mismas.

Líneas de conducción

Riesgos

Un mal diseño del sistema y el tamaño inadecuado puede ocasionar no disponer en los puntos de aplicación de un aire comprimido con las características que se requieren en el uso a que se destina y que ocasionará un mal funcionamiento de los aparatos de utilización. La repetitividad en el mal funcionamiento puede ocasionar a su vez, la adopción de prácticas inseguras por los operarios para solucionar el problema, además de constituir un riesgo para el personal dedicado al mantenimiento.

Una importancia particular presentan los riesgos debidos al mal alineamiento, mala sujeción y dilataciones de las tuberías, que se traducen en esfuerzos localizados y/o cíclicos en las uniones a los recipientes. Estos esfuerzos pueden ocasionar fatiga en los materiales constituyentes con la consiguiente disminución de sus características mecánicas y por tanto el consiguiente riesgo de explosión.

La falta o ruptura del aislamiento en conducciones, válvulas, etc., puede ser causa de sobrepresiones debidas a la acción climática. Los componentes no metálicos, empleados en filtros, trampas de vapor, separadores, engrasadores, etc., pueden perder sus características de resistencia debido a la acción de contaminantes presentes en el aire comprimido, con el consiguiente riesgo de ruptura.

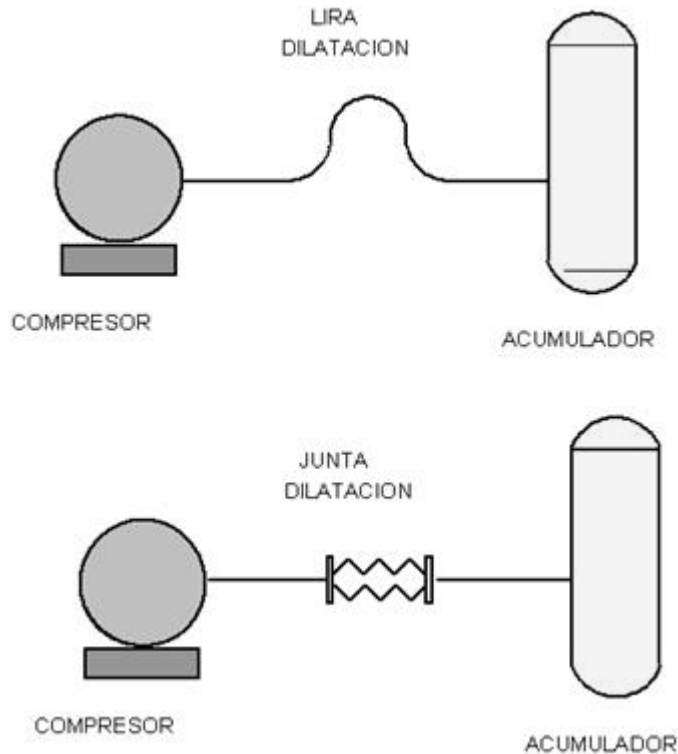
Elementos de seguridad y medidas preventivas

Las líneas de conducción serán diseñadas adecuadamente y de una forma genérica se asegurará que la pérdida de carga entre el acumulador de aire comprimido y la toma más lejana, no sobrepasa el 5% de la presión requerida, con un máximo de 0,3 bar. El diámetro de la conducción principal no será nunca inferior al diámetro de la tubería de salida del compresor.

Las líneas de conducción se montarán con una ligera inclinación en la dirección de flujo, y se dispondrán válvulas de drenaje en sus puntos más bajos de modo que su descarga sea segura. En los tramos en los que las tuberías transcurran verticalmente, el drenaje se situará en el punto mas bajo. Así mismo, los tramos de tubería que puedan contener agua en su interior y que estén expuestas al frío, se aislarán convenientemente. Las tuberías se sujetarán adecuadamente a intervalos regulares, de tal forma que el desmontaje de parte de ella no afecte a la estabilidad del resto.

Para prevenir las dilataciones, particularmente en el tramo comprendido entre compresor y acumulador de aire comprimido, y en las partes que puedan estar expuestas a la acción solar, se pondrán elementos tales como liras de dilatación, juntas de dilatación, tuberías flexibles, etc.

Figura 32. Líneas de conducción



Fuente: Distribución y seguridad en redes de aire comprimido

5.2.1 Información de los trabajadores

La información, al igual que en toda actividad, es uno de los pilares donde se debe asentar una buena prevención. Particularmente se debe insistir en: Los riesgos que presenta una mala utilización del aire comprimido, o su uso en cometidos para los que no está previsto, por ejemplo, limpieza de pelo, ropas, bancos de trabajo, etc., prácticas lamentablemente muy extendidas.

Insistir reiteradamente, sobre todo para trabajadores jóvenes, el riesgo que representa utilizar el aire comprimido para realizar bromas, aproximando las descargas del mismo a orificios del cuerpo humano. Indicar que no se debe acoplar a la máquina ningún accesorio que no esté recomendado por el

fabricante, debido al riesgo de que pueda salir despedido Sensibilizar que ante cualquier eventualidad que se presente, se deberá poner en conocimiento de la persona responsable, no recurriendo en ningún momento a realizar una reparación por uno mismo.

Exigir la utilización de prendas de protección personal cuando sea necesario. Disponer en los lugares de trabajo de normas adecuadas para su realización. Acciones a realizar antes de iniciar los trabajos con una herramienta neumática Comprobar si la presión de la línea, o del compresor, es compatible con los elementos o herramienta que se va a utilizar.

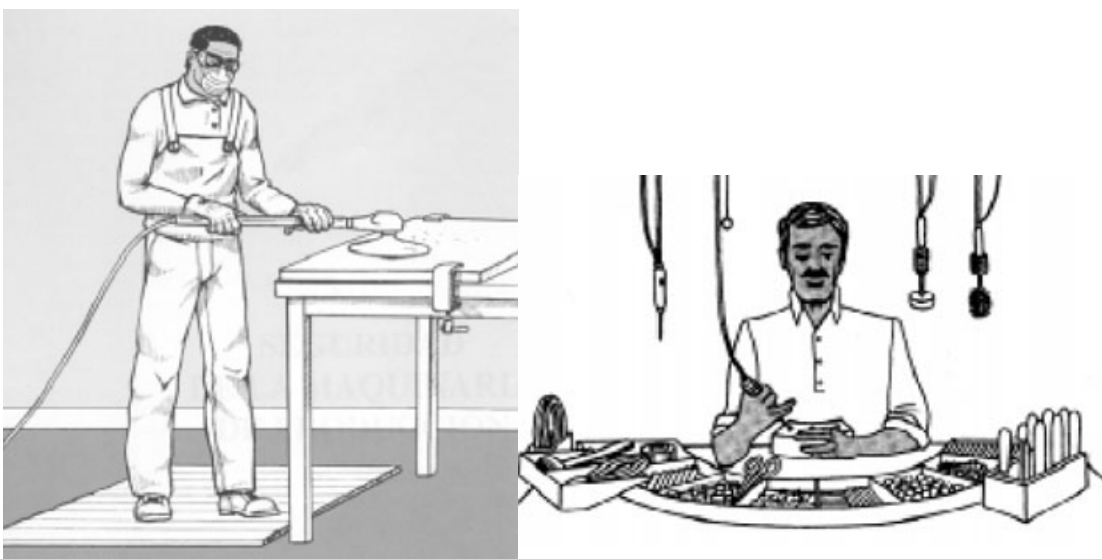
Si se dispone de un regulador de presión, se comprobará que está en el valor óptimo, desde el punto de vista de la seguridad y eficacia del equipo. Se comprobará el buen estado de la herramienta, de la manguera de conexión y sus conexiones, además de verificar que la longitud de la manguera es suficiente y adecuada. Cuando se conecte a una red general, comprobar que dicha red es efectivamente de aire comprimido y no de otro gas. En caso de duda no efectuar la conexión sin antes comprobarlo. Comprobar el buen funcionamiento de grifos y válvulas. Tener en cuenta que la alimentación de aire comprimido deberá poder ser cortada rápidamente en caso de emergencia.

Si se han de emplear mangueras que deban descansar en el suelo, se deberá eliminar la posibilidad que sean pisadas por cualquier equipo móvil, por ejemplo carretillas, así como también que no sean motivo de riesgo de caída para las personas. Disponer de la ropa de trabajo adecuada, y de las protecciones personales que sean adecuadas al trabajo a realizar. Si se emplean guantes, comprobar que no dificultan o interfieren en las operaciones de mando de las herramientas. Precauciones a adoptar durante los trabajos con una herramienta neumática Si la manguera de la herramienta no permite

aproximarse al objeto sobre el que hay que actuar, no tirar de la manguera, aproximar el objeto si es posible o acoplar otra manguera. Probar el conjunto antes de su utilización.

Antes de efectuar un cambio de accesorio, se cortará la alimentación de aire comprimido. Comprobar que la manguera de alimentación de aire comprimido, se encuentre alejada de la zona de trabajo, y por lo tanto no puede ser afectada por el útil. La herramienta se ajustará a la altura de trabajo de cada trabajador, de modo que la herramienta se maneje por debajo del nivel de los codos, enfrente del cuerpo y con un apoyo adecuado en los pies. Cuando se empleen herramientas en operaciones repetidas y en el mismo puesto de trabajo, se utilizarán herramientas suspendidas, cerca del puesto de operación. Se utilizará un mecanismo de sujeción sujeto a una estructura por encima del trabajador, y dispondrá de un mecanismo de resorte para que pueda volver a su posición original.

Figura 33. Seguridad durante el trabajo con aire comprimido



Fuente: Riesgos en la utilización de equipo y herramientas neumaticas

- Se asegurará que el trabajador puede alcanzar la herramienta con comodidad y que no interfieren con los brazos y movimientos del trabajador cuando se utilicen.
- Las herramientas suspendidas deberán ser del tamaño y peso apropiados.
- Precauciones a adoptar una vez finalizados los trabajos
- Cortar la alimentación de aire comprimido y purgar la conducción antes de desenganchar el útil.
- Guardar la herramienta y sus accesorios en el lugar o caja apropiados.
- Guardar la manguera en sitio adecuado, al abrigo de toda abrasión, golpes, etc.

5.3 Normas de aplicación de colores en redes de aire

5.3.1 Normas para la aplicación de colores

La aplicación de colores tiene como objetivo:

- Identificar y advertir condiciones de riesgos físicos.
- Identificar y advertir peligros.
- Identificar equipos y materiales.
- Demarcar superficies de trabajo y áreas de tránsito.
- Identificar y localizar equipos de emergencia

Los colores de seguridad no eliminan por sí mismo los riesgos y no pueden sustituir las medidas de prevención de accidentes. Un color mal aplicado puede crear una condición de riesgo al trabajador. El color se utiliza para advertir a las personas, por lo tanto, su aplicación debe hacerse cumpliendo estrictamente con lo indicado en esta norma.

La importancia que aporta a la Higiene y Seguridad la correcta utilización del color en la industria puede resumirse en los siguientes aspectos:

- Factor de prevención de accidentes.
- Ayuda en el desempeño Seguro de las tareas habituales
- Orden y limpieza.
- Requisitos legales.

5.3.2 Colores de seguridad industrial

Color: corresponde a cierta característica de la luz, distinta a los de espacio y tiempo, que son: el flujo luminoso o capacidad de provocar la sensación de brillo, la longitud de onda dominante que produce el matiz y la pureza, que corresponde a la saturación.

Color de seguridad: propiedad específica al cual se le atribuyó un significado o mensaje de seguridad.

Color de contraste: color neutral, blanco o negro, usado como contraste en combinación con los colores de seguridad.

Colorimetría: medida de intensidad de la coloración de las superficies difusas, los líquidos y los cristales coloreados.

Materiales de alto peligro inherente: fluidos potencialmente peligrosos para la vida humana o la propiedad.

Materiales de bajo peligro inherente: fluido que no son de naturaleza peligrosa para la vida o la propiedad. Están cercanos a temperaturas y

presiones ambientales por lo que las personas que trabajan en sistemas de tuberías que conducen estos materiales corren poco riesgo aun cuando el sistema no haya sido vaciado.

Materiales y equipos de protección contra incendios: fluidos para la protección contra el fuego y combate de incendios. Se incluyen: agua, anhídrido carbónico, espuma química, etc.

Riesgo primario: es el riesgo asociado a un cilindro de gas comprimido, y se refiere al estallido de recipiente, por aumento de la presión interior. Los colores de seguridad deberán ser establecidos e incorporados durante la etapa de diseño en el proyecto de plantas e instalaciones y, también, cada vez que exista una ausencia o falta de soluciones en este aspecto. Los colores asignados a seguridad son los siguientes:

Significado y aplicación de los colores de seguridad

- **Color rojo:** es un color que señala peligro, detención inmediata y obligada.

Significado	Ejemplo de aplicación
a) Peligro	-Receptáculos de sustancias inflamables. -Barricadas -Luces rojas en barreras (obstrucciones temporales)
b) Equipos y aparatos contra incendio	- Extintores - Rociados automáticos - Caja de alarma

c) Detención	<ul style="list-style-type: none"> -Señales en el tránsito de vehículos (Pare). -Barras de parada de emergencia en Máquinas -Señales en cruces peligrosos -Botones de detección en interruptores eléctricos.
--------------	--

- **Color anaranjado**

Significado	Ejemplo de aplicación
<p>Se usa como color básico para designar PARTES PELIGROSAS DE MÁQUINAS o equipos mecánicos que puedan cortar, aplastar, causar shock eléctrico o lesionar en cualquier forma; y para hacer resaltar tales riesgos cuando las puertas de los resguardos estén abiertas o hubieran sido retiradas las defensas de engranajes, correas u otro equipo en movimiento.</p> <p>También, este color es usado en equipos de construcción y de transportes empleados en zonas nevadas y en desiertos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Interior de resguardo de engranajes, poleas, cadenas, etc. - Elementos que cuelgan estáticos o se desplazan (vigas, barras, etc.) - Aristas de partes expuestas de poleas, engranajes, rodillos, dispositivos de corte, piezas cortantes o punzantes, etc. - Equipos de construcción en zonas nevadas y desérticas. - Interior de tapas de cajas de fusibles, interruptores, válvulas de seguridad, líquidos inflamables, corrosivos, etc.

- **Color amarillo:** es el color de más alta visibilidad

Significado	Ejemplo de aplicación
<p>Se usa como color básico para indicar ATENCIÓN y peligros físicos tales como: caídas, golpes contra tropezones.</p> <p>Pueden usarse las siguientes alternativas, de acuerdo con la situación particular: amarillo solo, amarillo con franjas negras, amarillo con cuadros negros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo y maquinaria (bulldozer, tractores, palas mecánicas, retroexcavadoras, etc.) - Equipo de transporte de materiales (grúas, montacargas, camiones). - Talleres, plantas e instalaciones (barandas, pasamanos, objetos salientes, transportadores móviles, etc.). - Almacenamiento de explosivos.

- **Alternativas de uso del color amarillo**

Figura 34. Se utilizan para indicar el riesgo de caídas, atropellamiento, cortadura, golpes o choque contra objetos y obstáculos



Amarillo con franjas negras de 10 cms en ángulo de 45°



Amarillo con cuadros negros

Fuente: Riesgos en la utilización de equipo y herramientas neumáticas

- **Color verde**

Significado	Ejemplo de aplicación
Se usa como color básico para indicar SEGURIDAD y la ubicación del equipo de primeros auxilios.	<ul style="list-style-type: none"> - Tableros y vitrinas de seguridad - Refugios de seguridad - Botiquines de primeros auxilios - Lugares donde se guardan las máscaras de emergencia y equipos de rescate en general. - Duchas y lavaojos de emergencia

Este color se utiliza también como demarcación de pisos y pavimentos en áreas de almacenamiento.

- **Color azul:** este color se utiliza para advertir el uso obligatorio de equipo de protección personal

Significado	Ejemplo de aplicación
Se usa como color básico para designar ADVERTENCIA y para llamar la atención contra el arranque, uso o el movimiento de equipo en reparación o en el cual se está trabajando.	<ul style="list-style-type: none"> - Tarjetas candados, puerta de salas de fuerza motriz. - Elementos eléctricos como interruptores, termostatos, transformadores, etc. - Calderas - Válvulas - Andamios, ascensores

- **Color púrpura:**

Significado	Ejemplo de aplicación
<p>Se usa como color básico para indicar riesgos producidos por radiaciones ionizantes. Deberá usarse el color amarillo en combinación con el púrpura para las etiquetas, membretes, señales e indicadores en el piso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Recintos de almacenamientos de materiales radioactivos. - Receptáculo de desperdicios contaminados. - Luces de señales que indican que las máquinas productoras de radiación están operando.

- **Color blanco y negro con blanco:** el color blanco destaca preferentemente la condición de limpieza.

Significado	Ejemplo de aplicación
<p>El blanco se usa como color para indicar vía libre o una sola dirección; se le aplica asimismo en bidones, recipientes de basura o partes del suelo que deben ser mantenidas en buen estado de limpieza. Con franjas negras diagonales sirve como control de circulación en accesos, pasillos, vías de</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tránsito (término de pasillos, localización y borde de pasillos, límite de bordes de escaleras, etc.). - Orden y limpieza (ubicación de tarros de desperdicios, de bebederos, áreas de pisos libres).

tránsito, etc.	
----------------	--

El color blanco se utiliza para limitar áreas interiores de tránsito o circulación de personas y de equipos, mediante franjas de 5 a 12 cms.

Colores para Identificación de Cañerías:

- Rojo: agua para uso exclusivo para incendio
- Anaranjado: vapor de agua
- Amarillo: combustibles líquidos y gaseosos
- Azul: aire comprimido
- Negro: cañería de electricidad
- Castaño: líneas de vacío
- Verde ilusión: agua fría
- Verde con franjas: agua caliente
- Gris: productos terminados inofensivos
- Gris y naranja: productos terminados peligrosos
- Colores para tubos de gases comprimidos
- Negro con cuello blanco acetileno
- Amarillo con cuello azul aire comprimido
- Gris Anhídrido carbónico
- Naranja argón
- Aluminio (rosca izquierda) Gases inflamables (butano)
- Amarillo cloro
- Rojo (rosca izquierda) hidrógeno
- Verde nitrógeno
- Azul oxígeno

5.3.3 Colores para tubos de aire

Métodos de identificación: las tuberías y sus sistemas se identifican mediante:

Color: el color de fondo debe usarse para identificar las propiedades características del contenido. Sobre él se colocan las leyendas y/o marcas adicionales. El color de fondo de identificación de las tuberías, de sus sistemas y la clasificación de los materiales que identifica, se indican en la tabla siguiente:

Clasificación de materiales y designación de colores

Tabla X. Clasificación de materiales y asignación de colores

CLASIFICACIÓN	COLOR DE FONDO	COLOR DE LETRAS
MATERIALES DE ALTO PELIGRO INHERENTE		
Líquidos o gases	Amarillo	Negro
Radioactivos	Púrpura	Amarillo
MATERIALES DE BAJO PELIGRO INHERENTE		
Líquidos	Verde	Blanco
Gases	Azul	Blanco
MATERIALES DE PROTECCION Y COMBATE DE INCENDIO		
Agua, espuma, Co ₂ , etc.	Rojo	Blanco

Fuente: Elaboración propia

Leyendas: para permitir una mejor identificación del contenido de la tubería, la leyenda debe estar escrita mediante letras, palabra o el nombre del producto, en forma completa o abreviada, pero fácil de comprender (Agua caliente, Acido, Aire, etc.).

La leyenda y/o símbolo debe identificar exactamente el contenido, la temperatura, la presión y otras características importantes de las tuberías, especialmente en los materiales de alto peligro inherente. La leyenda debe ser breve, informativa, puntual y simple para lograr mayor efectividad y debe colocarse cerca de las válvulas y adyacentes a los cambios de dirección, derivaciones y donde las tuberías atraviesen paredes o suelos y a intervalos frecuentes en tramos rectos (suficientes para identificarlos claramente). Se deben usar mayúsculas de tipo corriente, del tamaño indicado en la tabla siguiente:

Tabla XI. Tamaño de letras de identificación de tuberías, (Dimensiones en mm)

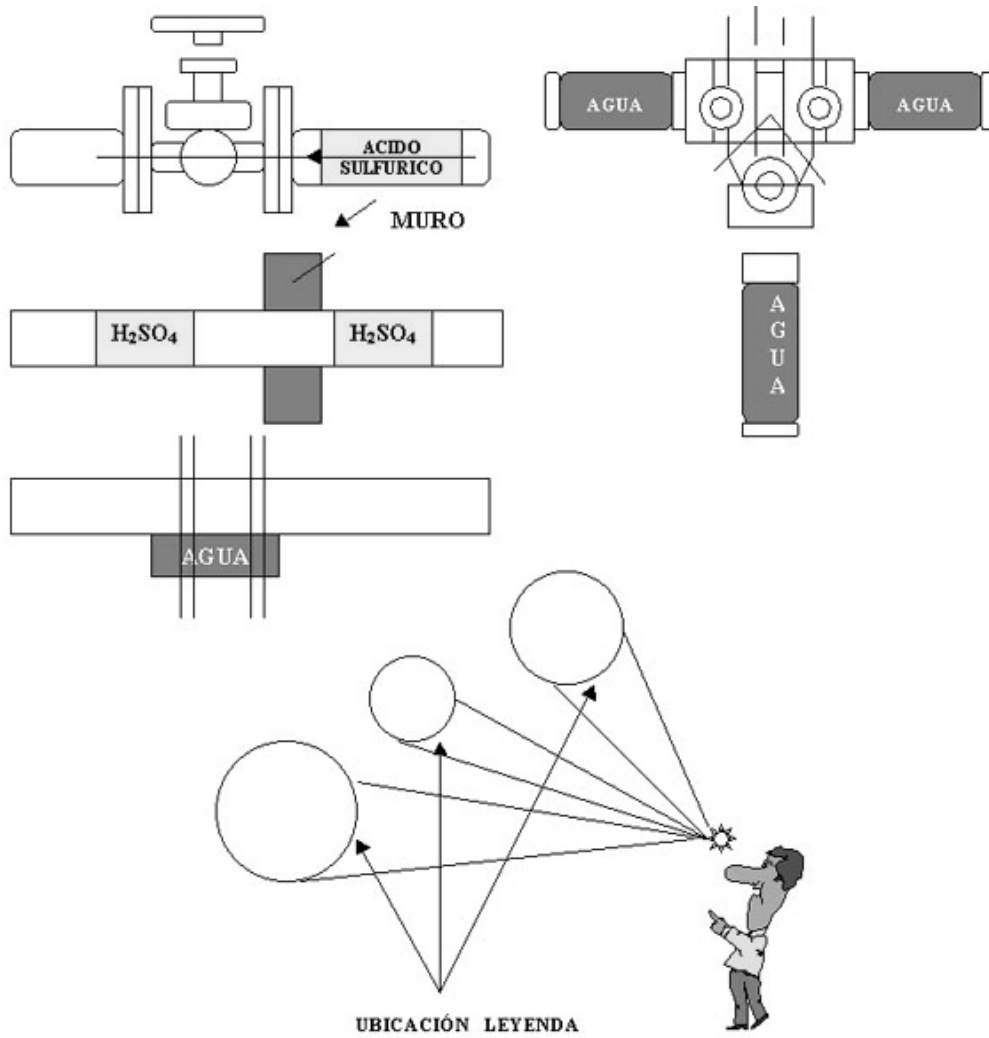
DIÁMETRO EXTERIOR DE LA TUBERÍA	LARGO MÍNIMO DEL COLOR DE FONDO	TAMAÑO DE LAS LETRAS
Hasta 32	200	15
De 33 a 50	200	20
De 51 a 150	300	30
De 151 a 250	600	60
Sobre 250	800	90

Fuente: Elaboración propia

Marcas adicionales: se deben utilizar flechas para indicar la dirección del flujo, la identificación puede facilitarse mediante el uso de otras marcas o cintas. En general se pueden colocar tantas marcas adicionales como sea necesario en cada caso particular, siempre que esto no provoque confusión. La identificación puede facilitarse mediante el uso de otras marcas o cintas. En general se pueden colocar tantas marcas adicionales como sea necesario en cada caso particular, siempre que esto no provoque confusión.

Visibilidad: debe prestarse atención a la visibilidad respecto de las leyendas y marcas en las tuberías. Cuando las tuberías están localizadas sobre la línea de visión normal. La lectura debe ubicarse bajo la tubería. Se debe obtener el máximo contraste entre el color de fondo y la leyenda.

Figura 35. Visibilidad de leyendas de Seguridad



Identificación de los cilindros de gases comprimidos para uso industrial: dado la importancia de identificar claramente el contenido de los distintos cilindros de gases o mezcla de gases comprimidos, para uso industrial se deben identificar:

Principales gases para uso industrial

Nombre del Gas	Color
Acetileno disuelto	Amarillo
Aire	Negro con blanco
Argón	Verde
Dióxido de Carbono	Gris
Etileno	Violeta
Helio	Café
Hidrógeno	Rojo
Nitrógeno	Negro
Óxido Nitroso	Azul
Oxígeno	Blanco

Colores para identificar la clase de riesgo: los colores que deben usarse para identificar una clase de riesgo para un gas comprimido son:

Clases de riesgo	color a usar
Inflamable	Rojo
Veneno	Violeta
Oxidante	Amarillo
Corrosivo	Anaranjado

CONCLUSIONES

1. La red de tubería de aire comprimido debe ser instalada según las necesidades que surgen al distribuir aire a las máquinas y equipo que se ha instalado, en redes de aire se producen muchas pérdidas por fugas.
2. Producir el aire comprimido requiere una inversión alta, por lo que se requiere tener el mayor cuidado posible con el uso y evitar desperdiciarlo.
3. Se propone un tipo de mantenimiento preventivo diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual que conlleva un mejoramiento en el servicio del equipo neumático. Generalmente existen deficiencias en el mantenimiento que se realiza, ya que es de tipo correctivo y nos involucra la generación y distribución de aire comprimido, que son los compresores y todo lo concerniente a la red de tuberías, accesorios y elementos neumáticos de la maquinaria.
4. La seguridad industrial es elemental en el uso de aire comprimido, por eso es necesario que los trabajadores cuenten con todo el equipo de seguridad industrial. En toda empresa debe existir medidas de seguridad que conlleven a tener un ambiente seguro de trabajo.
5. Los elementos necesarios para poder instalar una red de aire comprimido se pueden resumir en cuatro grupos: la unidad de compresión de aire, elementos de conducción, elementos de aire y el confort y seguridad del trabajador.

RECOMENDACIONES

1. Implementar cursos de capacitación para el personal de mantenimiento, sobre el manejo y cuidado de la maquinaria y equipo neumático ya que esto conlleva evitar accidentes.
2. Realizar un estudio completo cuando sea necesario hacer ampliaciones de la red de aire comprimido, así mismo llevar un estricto control de los programas de mantenimiento de los compresores, que permita aprovechar al máximo su caudal de aire generado.
3. Cumplir con el programa de mantenimiento, éste involucra las purgas diarias en el depósito de aire, y las unidades de mantenimiento que se encuentran ubicadas en la instalación de tuberías de aire comprimido.
4. Implementar la capacitación del personal operativo y/o de supervisión en el tema de sistemas de aire comprimido, para que éstos tengan el suficiente conocimiento del correcto uso del aire, del mantenimiento y de las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta cuando se trabaja con aire comprimido.
5. Se debe controlar constantemente el nivel de ruido y otras condiciones de trabajo en la planta, iluminación, ventilación, etc., para asegurar el confort en el trabajo de las personas. Y de esta forma incrementar el rendimiento de los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. "Automatización Neumática" – SMC Latina.
2. Carnicer, E. "Aire Comprimido Teoría y Cálculo de las Instalaciones". Ed. Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1977. pág. 220.
3. D. Keith Denton. "Seguridad Industrial". Mc Graw-Hill. 1984. México.
4. DEL RAZO, Hernández Adolfo. "Sistemas Neumáticos e Hidráulicos: Apuntes de Teoría" Editorial: U.P.I.I.C.S.A, México D.F., 2001
5. DEPPERT W. / K. Stoll. "Aplicaciones de Neumática" Ed. Marcombo. España, Barcelona. P.p. 54-56, 87, 104 – 105, 124 – 129
6. DEPPERT W. / K. Stoll. "Dispositivos Neumáticos" Ed. Marcombo Boixareu. España, Barcelona. Pag. 8.
7. Gordon J. Van Wylen – Richard E. Sonntag. "Fundamentos de Termodinámica" Editorial: Limusa, México, D. F. P:39-41, 125-126, 200-201, 342-343, 345-346
8. GUILLÉN SALVADOR, Antonio. "Introducción a la Neumática" Editorial: Marcombo, Boixerau editores, Barcelona-México 1988, p: 31 –40.
9. Grimaldi-Simonds. "La Seguridad Industrial, su Administración". Alfaomoga México 1985.
10. Horacio C., Quiroz E. Redes de Aire Comprimido – "Compendio de información para asignatura de Mantenimiento I". Universidad Eafit, 2003.