



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

ÁREA DE MECÁNICA DE FLUIDOS

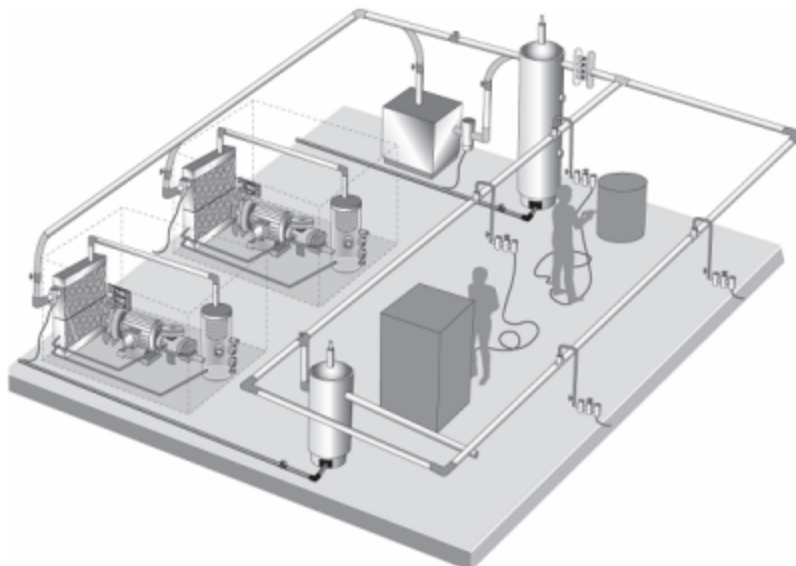
<http://web.uniovi.es/Areas/Mecanica.Fluidos/>

E.P.S. Ingeniería de Gijón
Ingenieros Industriales.

Curso 2005-2006

SEMINARIOS DE INSTALACIONES DE FLUIDOS

INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO



Área de Mecánica de Fluidos

Abril 2006

SEMINARIOS DE INSTALACIONES DE FLUIDOS

INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

1. Sistemas de aire comprimido.
2. Elementos básicos de una instalación de aire comprimido.
3. Dimensionamiento de un sistema de aire comprimido.
4. Diseño del sistema de distribución
5. Caso de estudio: Red de aire comprimido para nave industrial.

1. SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es un elemento muy habitual en todo tipo de instalación industrial. Normalmente se emplea para obtener trabajo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático. En otras ocasiones, se emplea para atomizar o aplicar sprays de barnices o pinturas, que de otra forma son difíciles de bombear.

En este seminario se analizará una instalación de aire comprimido para una nave industrial, detallando sus elementos básicos y dimensionándolos en función de los consumos y características requeridas.

2. ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

La figura 1 introduce el esquema básico de una instalación de aire comprimido para una nave industrial. Los elementos principales que la componen son el **compresor** (que incluye normalmente un depósito de almacenamiento de aire comprimido), el **enfriador** (*aftercooler*), un **deshumidificador** (*moisture separator*), las **líneas de suministro**, y los puntos de consumo con su **regulador y filtro**.

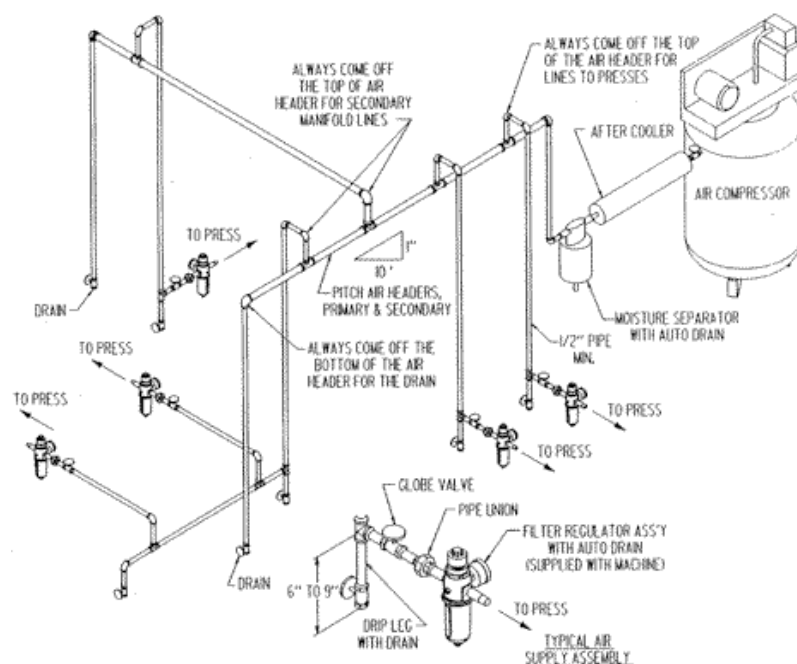


Figura 1

2.1. Compresor

El compresor aspira aire de la atmósfera y lo comprime en un volumen más pequeño, almacenándolo después normalmente en un depósito (*air receiver*). Básicamente, hay cinco tipos de compresores de aire que se emplean en la industria, que se agrupan a su vez dentro de dos grandes familias: compresores de desplazamiento positivo (CDP) y compresores rotodinámicos o turbocompresores (TC).

2.1.1.- Compresor alternativo (*Reciprocating compressor, [CDP]*).

La compresión del aire se consigue a partir de un cilindro en movimiento. La máquina puede incorporar un único cilindro (*single-acting cilinder*) o puede comprimir el aire empleando dos cilindros (*double-acting cilinder*). Los cilindros pueden estar colocados horizontalmente (situación tipo boxer), verticalmente o bien en ángulo (ver figura 2). Además, los cilindros pueden ser estancos y estar lubricados con aceite si no importa que la descarga de aire tenga algunas partículas de aceite en suspensión. En caso contrario, es posible tener compresores libres de aceite pero a costes mayores.

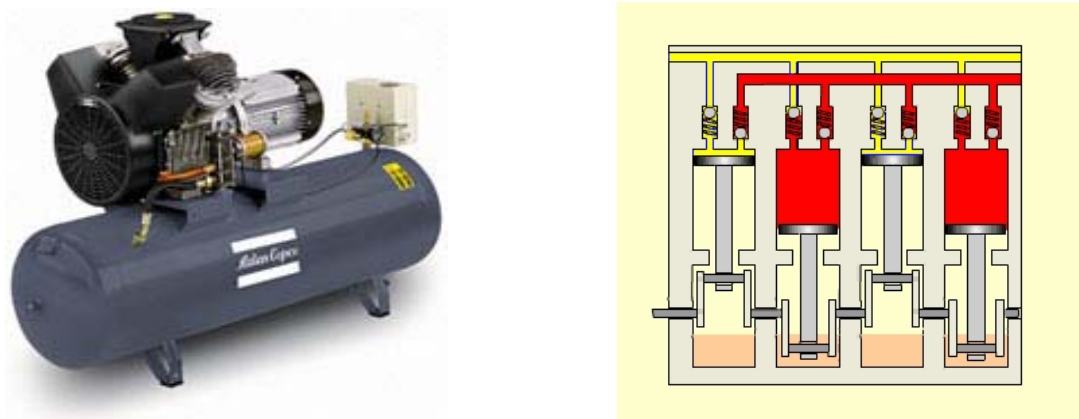


Figura 2.

2.1.2.- Compresor de paletas deslizantes (*Sliding Vane compressor, [CDP]*).

Utiliza unas paletas colocadas excéntricamente dentro del rotor de la máquina. Al ir girando, el espacio existente entre las paletas se va reduciendo, con lo que el aire atrapado en esas cavidades se comprime (Figura 3). Se emplean básicamente cuando se necesitan muy bajas exigencias de caudal.

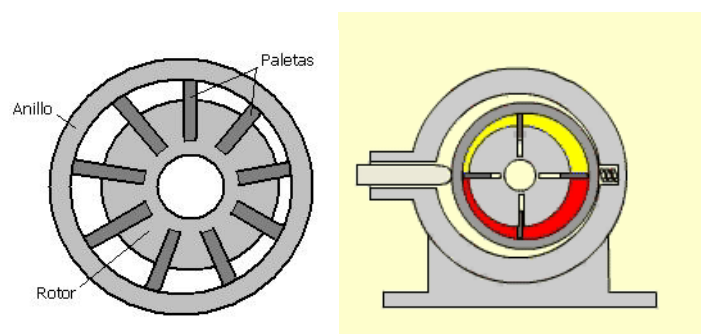


Figura 3.

2.1.3.- Compresor de anillo líquido (*Liquid Ring compressor, [CDP]*).

Son compresores de desplazamiento positivo que emplean un rotor de álabes fijos dentro de una envolvente elíptica, que está parcialmente llena de líquido. Al girar el rotor, los álabes ponen el líquido en movimiento, penetran dentro de la película de líquido y comprimen el aire que queda atrapado. Son compresores libres de aceite, apropiados para el manejo de sustancias inflamables, explosivos o bio-sanitarias. Se emplean en laboratorios y hospitales.



Figura 4.

2.1.4.- Compresor de lóbulos (*Lobe compressor, [CDP]*).

Funcionan de manera similar a una bomba de engranajes. Al girar, el aire atrapado entre los lóbulos del rodete y la carcasa de la máquina es impulsado hacia la salida. Estas máquinas aportan poca compresión, que está asociada básicamente al movimiento de los lóbulos.

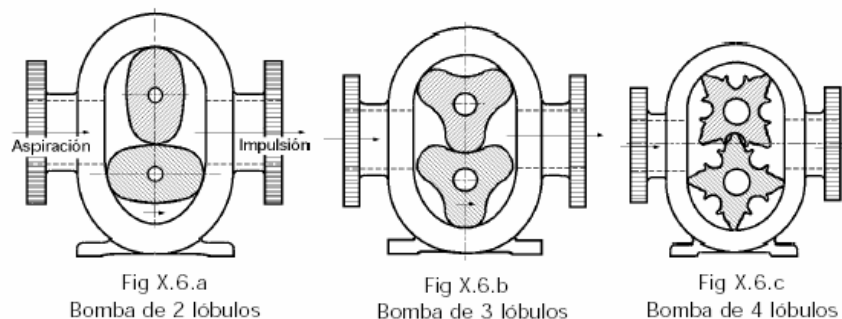


Figura 5.

2.1.5.- Compresor de husillo (*Rotary Screw compressor, [CDP]*).

Utilizan un par de tornillos sin fin que al girar van comprimiendo el aire que queda atrapado entre ellos. Consiguen alcanzar grandes presiones gracias a lo reducido de los huecos existentes entre los tornillos.

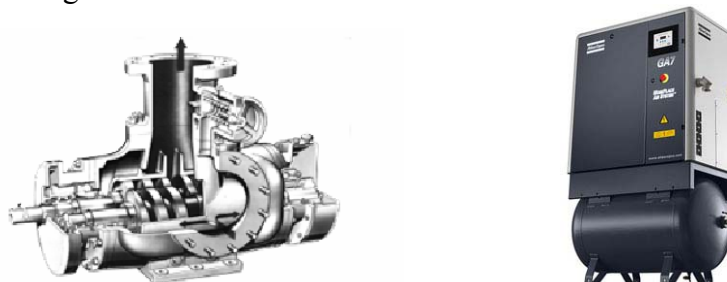


Figura 6.

2.1.6.- Compresores centrífugos (*Centrifugal compressor, [TC]*).

Son de tipo rotodinámico. La velocidad del aire aumenta al paso por el rodete, mientras que a la descarga, una sección difusiva (la voluta) decelera el aire y aumenta la presión de descarga. Normalmente se emplean cuando se necesitan importantes caudales de aire a presiones relativamente moderadas. Mayores presiones se pueden obtener si se colocan varios compresores en línea con intercoolers entre las diversas etapas.

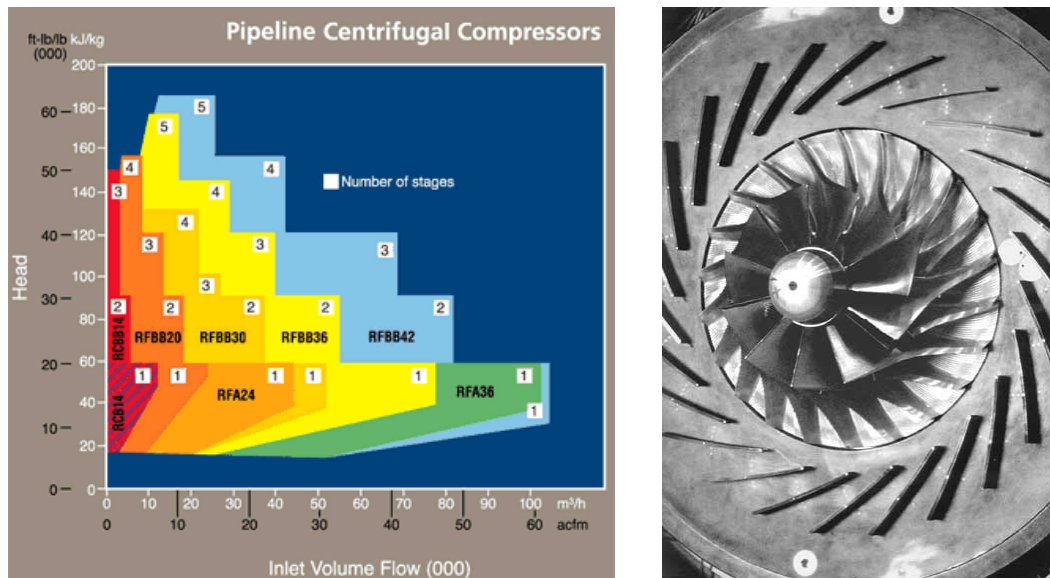


Figura 7.

2.2. Depósito

Normalmente suele ir integrado dentro del compresor, como una parte más de la unidad que proporciona aire comprimido. De hecho, los compresores suelen trabajar de forma discontinua, arrancando cuando la cantidad de aire que queda almacenada en el compresor es baja. Además, el depósito sirve para amortiguar las fluctuaciones de caudal que vienen del compresor (especialmente en los CDP) y evitar que se transmitan a los puntos de consumo.

Por tanto, el compresor se regula para que arranque y pare y almacene el aire a presión en el depósito, tratando de espaciar al máximo sus ciclos de trabajo. Como norma general se acepta que los compresores alternativos trabajen durante unas 10 veces a la hora, con un máximo de funcionamiento del 70%. Por el contrario, compresores centrífugos, de husillo y de paletas deslizantes, pueden trabajar el 100% del tiempo.

2.3. Aftercooler.

Puesto que al comprimir el aire éste se calienta, su capacidad para retener vapor de agua aumenta. Por el contrario, un incremento en la presión del aire, reduce notablemente su capacidad para retener agua. Por tanto, mientras el aire se comprime en el compresor, la alta temperatura evita que el agua condense, pero una vez en las

conducciones, el descenso de temperatura, mantenido a presiones altas, sí conlleva la condensación de agua en las tuberías.

Por tanto, para eliminar posibles condensaciones, se reduce la temperatura del aire en un dispositivo que se coloca justo a la salida del compresor (sin esperar a que ese descenso tenga lugar en las propias líneas de suministro de aire comprimido). Para ello se introduce un enfriador (*aftercooler*), tan próximo al compresor como sea posible. El *aftercooler* no es más que un intercambiador de calor, que puede funcionar bien con agua bien con aire como fluido caloportante. La figura 8 muestra un *aftercooler*, al que se le ha acoplado a la salida un deshumidificador, encargado de drenar el agua de condensación que se extrae de la corriente de aire comprimido.

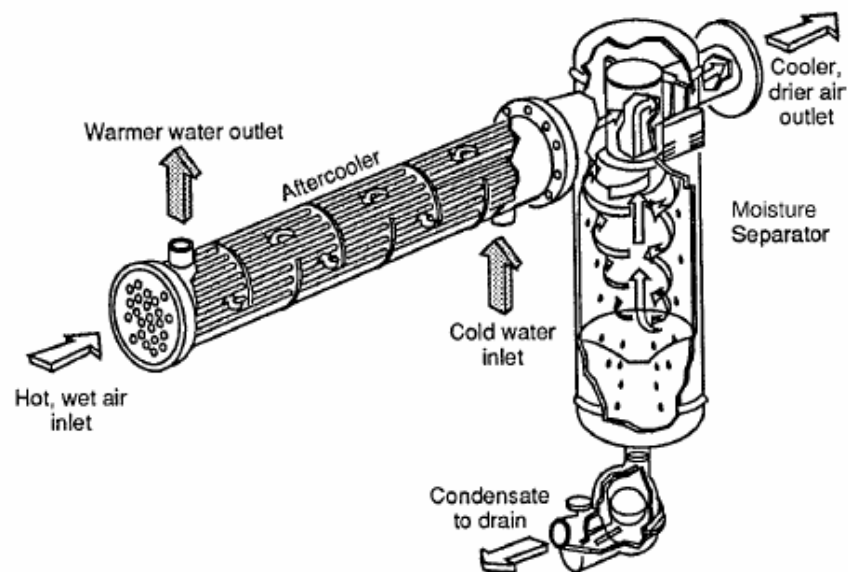


Figura 8.

2.4. Deshumidificador.

Es el elemento encargado de retirar la condensación que ha precipitado desde el enfriador. En la figura 8 aparece integrado tras el *aftercooler*, en un esquema similar al que se observa en la figura 1.

2.5. Líneas de suministro.

Puesto que el compresor, el depósito y los enfriadores suelen situarse en una sala, es preciso diseñar la distribución en planta (*piping lay-out*) de las líneas de suministro desde el compresor a los puntos de consumo.

Se ha procurar que la distribución minimice en la medida de lo posible las longitudes de las tuberías desde el compresor al punto más alejado. En aquellas redes que sean muy extensas, es preferible situar el compresor en una zona central, minimizando así la distancia al punto más alejado, si bien esto depende de los huecos libres en la nave donde se situará la instalación.

Algunos importantes detalles que es recomendable respetar son:

- Los puntos de drenaje se colocan con la ayuda de T's, ya que el cambio brusco en la dirección del flujo facilita la separación de las gotas de agua de la corriente de aire.
- Las tuberías deben ir descendiendo levemente en la dirección del flujo. La pendiente puede fijarse aproximadamente en un 1% (ver figura 1).
- Las conexiones de las diversas ramificaciones se hacen desde arriba (para obstaculizar al máximo posibles entradas de agua). (ver figura 1).
- En todos los puntos bajos es recomendable colocar puntos de drenaje. Así mismo, en la línea principal se pueden colocar cada 30 – 40 metros, saliendo siempre desde el punto inferior de la tubería (ver figura 1).
- El número de juntas y codos debe reducirse al máximo posible. De esta forma las pérdidas serán las menores posibles.

La figura 9 muestra el típico esquema para una instalación de aire comprimido. En la sala de máquinas se sitúa el compresor con los depósitos y los acondicionadores de aire, mientras que al exterior se llevan las líneas de suministro principales hasta los puntos de consumo.

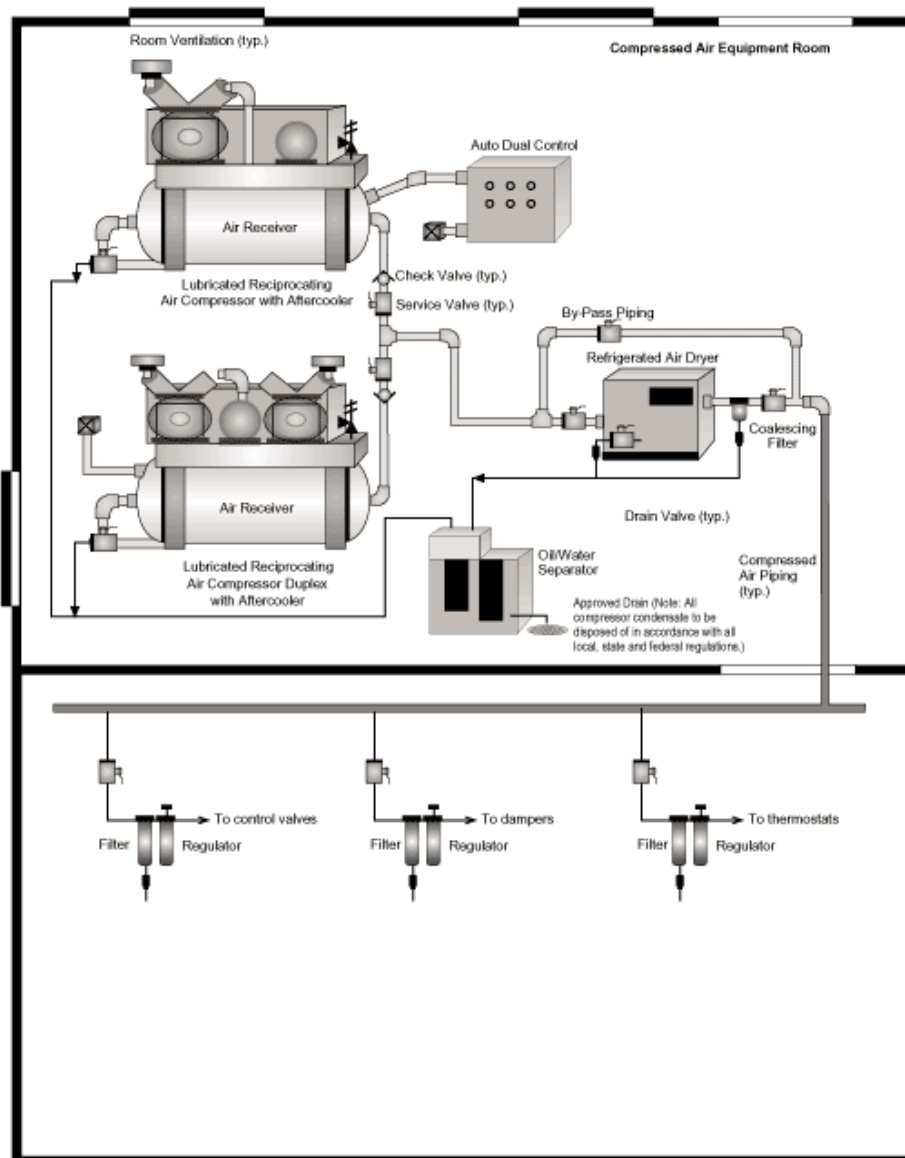


Figura 9.

2.6. Puntos de consumo.

En los puntos de consumo es habitual colocar un filtro final así como un regulador de presión que acondicione finalmente el suministro de aire comprimido. Normalmente, estos filtros en el punto de consumo permiten retener aquellas partículas que sean de tamaño inferior a las características de filtrado de elementos previos.

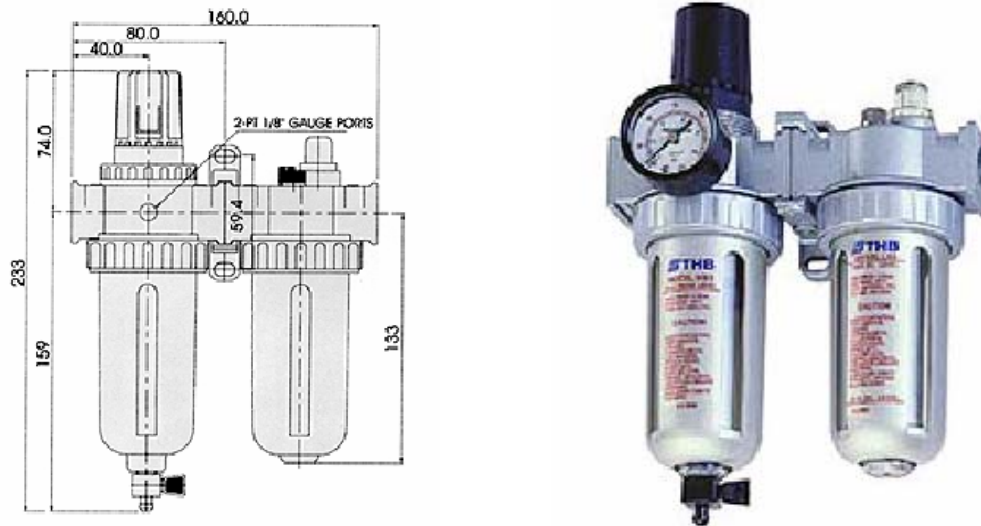


Figura 10.

2.7. Otros elementos.

Existen otra serie de elementos que pueden ser necesarios para el correcto funcionamiento de una instalación de aire comprimido. Dependiendo de los requerimientos de la instalación, éstos estarán incluidos o no en el *lay-out* final. Algunos de estos elementos adicionales son:

- Secadores de aire comprimido (*Compressed Air Dryers*). Se emplean cuando es necesario que el suministro de aire sea completamente seco. Requiere de un sistema adicional de condensado del aire. Se puede hacer mediante (1) alta presurización del aire, mediante (2) refrigeración (condensación), mediante (3) absorción, mediante (4) adsorción o mediante (5) calentamiento por compresión.
- Filtros y separadores.
- Filtros anticontaminantes, para eliminación de partículas, inclusiones sólidas, aceites o grasas en suspensión. Se realizan mediante separación mecánica, coalescencia o adsorción.
- Filtros para la admisión de aire del compresor, especialmente en ambientes de trabajo sucio.
- Silenciadores. Con objeto de controlar el ruido en caso de presencia humana continuada cerca del compresor o de los puntos de consumo.

3. DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

El diseño de cualquier instalación de aire comprimido sigue una serie de pasos secuenciales básicos. En general, se pueden describir de la siguiente manera:

- 1.- Localizar e identificar cada proceso, estación de trabajo, máquina o equipamiento que utiliza aire comprimido dentro de la nave o recinto industrial sobre el que se proyecta la ejecución de una red de suministro de aire comprimido. Esta es la *carga total* que va a soportar la instalación a diseñar. Es recomendable situarlos en un plano y hacer un listado detallado de los mismos.
- 2.- Determinar el consumo de aire que se necesita en cada uno de esos elementos.
- 3.- Determinar el valor de presión necesaria en cada uno de esos puntos de consumo.
- 4.- Determinar los requisitos de cada elemento con respecto al máximo nivel de humedad, de partículas y de contenido en aceite que pueden admitir.
- 5.- Establecer el porcentaje de tiempo que estará operativo cada uno de esos elementos en un periodo de tiempo específico. Esto se conoce como el tiempo de funcionamiento (*duty cycle*).
- 6.- Establecer el máximo número de puntos de consumo que pueden ser empleados de forma simultánea en cada línea de suministro, en la principal y en todo el proyecto. Esto se conoce como factor de carga (*use factor or load factor*).
- 7.- Estime un valor permisible de fugas.
- 8.- Incorpore un margen en caso de una ampliación futura de la instalación (cuando sea aplicable).
- 9.- Realice una distribución en planta preliminar (*preliminar piping*) y asigne caídas de presión y pérdidas.
- 10.- Seleccione el tipo de compresor, equipos de acondicionamiento, etc, asegurándose de que se utilizan unidades consistentes.
- 11.- Ejecute el piping final y el tamaño de la red.

3.1. Situación de los puntos de consumo.

Realícese un pequeño esquema con la distribución en planta de la nave y los puntos de consumo, con vistas a ir generando la red de distribución. Se puede aprovechar para ir haciendo un listado de los componentes con sus consumos y características.

3.2. y 3.3. Requisitos de presión y caudal de los diversos dispositivos neumáticos.

Ha de tenerse en cuenta que todas las herramientas neumáticas utilizan el aire bien en sus descarga a través de un orificio, o bien trabajando sobre un pistón para realizar trabajo. La tabla C15.9 detalla los consumos de aire de diversas herramientas accionadas mediante aire comprimido. Así mismo, la tabla C15.10 informa de la cantidad de aire que pasa a través de un orificio en función de la presión de descarga.

TABLE C15.9 General Air Requirements for Tools

Tools or equipment	Size or type ^a	Air pressure, psi	Air consumed, scfm ^b
Hoists	1 ton	70–100	1
Blow guns		70–90	3
Bus or truck lifts	14,000-lb cap	70–90	10
Car lifts	8,000-lb cap	70–90	6
Car rockers		70–90	6
Drills, rotary	¼-in cap	70–90	20–90
Engine, cleaning		70–90	5
Grease guns		70–90	4
Grinders	8'-in wheel	70–90	50
Grinders	6'-in wheel	70–90	20
Paint sprayers	Production gun	40–70	20
Spring oilers		40–70	4
Paint sprayers	Small hand	70–90	2–7
Riveters	Small to large	70–90	10–35
Drills, piston	½-in cap, 3-in cap	70–90	50–110
Spark plug cleaners	Reach 36–45	70–90	5
Carving tools		70–90	10–15
Rotary sanders		70–90	50
Rotary sanders		70–90	30
Tire changers		70–90	1
Tire inflaters		70–90	1½
Tire spreaders		70–90	1
Valve grinders		70–90	2
Air hammers	Light to heavy	70–90	30–40
Sand hammers		70–90	25–40
Nut setters and runners	¼-in cap to ¾-in cap	70–90	20–30
Impact wrenches/screwdrivers	Small to large	70–90	4–10
Air bushings	Small to large	80–90	4–10
Pneumatic doors		40–90	2
File and burr tools		70–90	20
Wood borers	1–2 in	70–90	40–80
Rim strippers		100–120	6
Body polishers		70–90	2
Vacuum cleaners		100–120	6
Carbon removers		70–100	3
Sand blasters	Wide variation	90	6–400

^a 1 inch = 24.5 mm^b 1 cubic foot = 0.0283 m³**TABLE C15.10** Air Volume Passing through an Orifice, scfm³

Gauge pressure, ² psi	Orifice size, inches diameter ¹							
	¼	½	¾	1	1½	2	3	4
50	0.225	0.914	2.05	3.64	8.2	14.5	32.8	58.2
60	0.26	1.05	2.35	4.2	9.4	16.8	37.5	67
70	0.295	1.19	2.68	4.76	10.7	19.0	43.0	76
80	0.33	1.33	2.97	5.32	11.9	21.2	47.5	85
90	0.364	1.47	3.28	5.87	13.1	23.5	52.5	94
100	0.40	1.61	3.66	6.45	14.5	25.8	58.3	103
110	0.43	1.76	3.95	7.00	15.7	28.0	63	112
120	0.47	1.90	4.27	7.58	17.0	30.2	68	121
130	0.50	2.04	4.57	8.13	18.2	32.4	73	130
140	0.54	2.17	4.87	8.68	19.5	34.5	78	138
150	0.57	2.33	5.20	9.20	20.7	36.7	83	147
175	0.66	2.65	5.94	10.6	23.8	42.1	95	169
200	0.76	3.07	6.90	12.2	27.5	48.7	110	195

¹ 1 inch = 25.4 mm² 1 psig = 6.9 kPa³ 1 scfm = 0.472 m³/s

3.4. Purificación del aire comprimido.

El equipo de acondicionamiento incluye secadores, filtros y reguladores de presión. La selección de estos equipos va acompañada del tipo de herramienta empleada así como de la aplicación a la que se destina el aire comprimido.

3.5. Tiempo de funcionamiento de los elementos (*duty cycle*)

Habitualmente, cada dispositivo presenta un factor de utilización, en función de la cadena productiva así como del operario final que hace uso de ese punto de consumo. Es recomendable que le usuario final informe del ciclo de trabajo de cada herramienta.

3.6. Factor de utilización (*use factor*)

La experiencia enseña que es prácticamente imposible determinar este factor a priori. Por tanto, es preciso ser flexible en el cálculo del depósito y de la regulación y tamaño del compresor.

3.7. Fugas admisibles

Puesto que las fugas dependen del número y tipo de conexiones, de la calidad de la instalación, de los años de la misma y de la presión de trabajo, es difícil determinar un valor esperado de fugas en la instalación. Como regla general, es de esperar que muchos puntos de consumo con necesidades bajas tendrán muchas más fugas que pocos puntos de consumo con necesidades de caudal altas.

Instalaciones bien conservadas presentan normalmente fugas que rondan entre el 2 y el 5%. Instalaciones con varios años de servicio pueden llegar a tener fugas del orden del 10%. Si además, las condiciones de mantenimiento son malas, éstas pueden llegar a alcanzar valores del 25%.

3.8. Ampliación de instalaciones

En muchas ocasiones no viene de más sobreestimar el tamaño de las conducciones principales y de algunos elementos en caso de que sea probable una ampliación de las instalaciones en el corto/medio plazo.

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Una vez realizados los pasos del apartado 3, el diseñador tiene en sus manos una distribución de la instalación bastante completa. Se ha comprobado que las tuberías circularán por sitios que no interfieren con otros elementos físicos, y se han determinado las características de los puntos de consumo (caudales necesarios, presiones máximas y mínimas, factores de utilización y de carga y requisitos de acondicionamiento del aire).

Llegados a este punto, es posible comenzar el dimensionamiento de la instalación, a través de la siguiente secuencia:

4.1. Cálculo de pérdidas de carga en tuberías.

Hay que determinar la longitud equivalente desde el compresor al punto más alejado de la instalación. Para ello, a la longitud real se le ha de sumar la longitud equivalente que aportan las pérdidas singulares. La tabla C15.12 da valores de pérdidas de presión (en pies) de diversos elementos singulares. Con este procedimiento, el grado de obstrucción al flujo se ha convertido en un longitud lineal equivalente para facilitar los cálculos.

TABLE C15.12 Loss of Pressure Through Various Fittings as Equivalent Length, in Feet, of Straight Pipe¹

Nominal pipe size ¹		See note 2		Long radius all or on run of standard tee	Standard ell or on run of tee reduced in size 50 percent				
NPS	DN	Actual inside diameter (in.)	Gate valve			Angle valve	Close return bend	Tee through side outlet	Glove valve
½	15	0.622	0.36	0.62	1.55	8.65	3.47	3.10	17.3
¾	20	.824	.48	.82	2.06	11.4	4.60	4.12	22.9
1	25	1.049	.61	1.05	2.62	14.6	5.82	5.24	29.1
1¼	32	1.380	.81	1.38	3.45	19.1	7.66	6.90	38.3
1½	40	1.610	.94	1.61	4.02	22.4	8.95	8.04	44.7
2	50	2.067	1.21	2.07	5.17	28.7	11.5	10.3	57.4
2½	65	2.469	1.44	2.47	6.16	34.3	13.7	12.3	68.5
3	80	3.068	1.79	3.07	6.16	42.6	17.1	15.3	85.2
4	100	4.026	2.35	4.03	7.67	56.0	22.4	20.2	112.0
5	125	5.047	2.94	5.05	10.1	70.0	28.0	25.2	140.0
6	150	6.065	3.54	6.07	15.2	84.1	33.8	30.4	168.0
8	200	7.981	4.65	7.98	20.0	111.0	44.6	40.0	222.0
10	250	10.020	5.85	10.00	25.0	139.0	55.7	50.0	278.0
12	300	11.940	6.96	11.00	29.8	166.00	66.3	59.6	332.0

Note 1 1 ft = 0.304 m

Note 2 1" = 25.4 mm

Una vez conocida la longitud equivalente, se procede a determinar la pérdida de carga asociada a esa longitud. Para ello se emplea la conocida fórmula de Darcy-Weisbach:

$$\Delta P = \frac{8f\rho LQ^2}{\pi^2 D^5}$$

Otra forma de calcularla es utilizando tablas que ya incorporan los cálculos que se derivan de la ecuación de Darcy-Weisbach. La tabla C15.15 calcula la pérdida de carga (en libras por pulgada al cuadrado) para tuberías de diversos diámetros, siendo éstas de una longitud de 100 pies, para aire suministrado a 100 psi (690 kPa, o también 6.9 bar) y 16°C.

Es práctica habitual permitir que el 10% de la presión a la cual trabaje el sistema se emplee en hacer frente a las pérdidas (el resto es la energía que se descargará en los orificios de trabajo). Así, para un sistema que trabaje a 7 bar, es normal fijar un valor de pérdidas máximo de 0.7 bar a lo largo de las conducciones.

Otro criterio que se emplea es el de fijar un máximo de 6 a 10 m/s de velocidad de aire comprimido por las tuberías.

TABLE C15.15 Pressure Drop of Air in Pounds Per Square Inch Per 100 Feet of Pipe For Air at 100 Pounds Per Square Inch Gauge Pressure and 60°F Temperature

Cubic feet of free air at 60°F, 14.6 psia	Pipe size (NPS)									
	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5
1										
2	.014									
3	.031									
4	.055	.012								
5	.086	.019								
6	.124	.028								
8	.220	.050	.013							
10	.345	.078	.021							
15	.775	.175	.046	.011						
20	1.378	.311	.082	.020						
25	2.153	.486	.128	.031	.014					
30	3.101	.700	.185	.045	.020					
35	4.220	.952	.251	.061	.027					
40	5.512	1.244	.328	.079	.035					
45	6.976	1.574	.416	.101	.044	.012				
50	8.613	1.943	.513	.124	.055	.015				
60	12.402	2.799	.739	.179	.079	.021				
70		3.809	1.006	.243	.107	.029	.012			
80		4.975	1.314	.318	.140	.038	.016			
90		6.297	1.663	.402	.177	.048	.020			
100		7.774	2.053	.497	.219	.060	.025			
125		12.147	3.207	.776	.342	.093	.038	.012		
150			4.619	1.118	.492	.134	.055	.018		
175			6.287	1.522	.670	.183	.075	.024		
200			8.211	1.987	.875	.239	.098	.031		
225			10.392	2.515	1.107	.302	.124	.040		
250			12.830	3.105	1.367	.373	.153	.049	.011	
275				3.757	1.654	.452	.186	.059	.014	
300				4.471	1.968	.537	.221	.071	.016	
325				5.248	2.309	.631	.259	.083	.019	
350				6.086	2.678	.731	.301	.096	.022	
375				6.987	3.075	.840	.345	.110	.025	
400				7.949	3.498	.955	.393	.125	.029	
425				8.974	3.949	1.079	.443	.142	.032	
450				10.061	4.428	1.209	.497	.159	.036	.011
475				11.210	4.933	1.347	.554	.177	.040	.012
500				12.421	5.466	1.493	.614	.196	.045	.014
550					6.614	1.806	.743	.237	.054	.016
600					7.871	2.150	.884	.282	.064	.020
650					9.238	2.523	1.037	.331	.076	.023

Para los puntos finales de consumo, se pueden emplear los siguientes valores como característicos:

- Filtros en puntos finales de consumo: 0.5 a 2 psi de pérdidas.
- Conexiones rápidas: 4 psi de pérdidas.
- Tubo de drenaje: 1 a 2 psi de pérdidas.
- Pérdidas en mangueras: ver tabla C15.17

TABLE C15.17 Recommended Hose Sizes Pressure Drops in psi For Air-Operated Tools

Free ² air flow —cfm	6-ft— ³ / ₈ -in	8-ft— ⁵ / ₈ -in	8-ft— ¹ / ₂ -in	8-ft— ⁵ / ₁₆ -in	8-ft— ³ / ₈ -in	12.5-ft— ¹ / ₂ -in	25-ft— ¹ / ₂ -in	50-ft— ¹ / ₂ -in	25-ft— ³ / ₄ -in	50-ft— ³ / ₄ -in	(8-ft— ³ / ₈ -in) (25-ft— ¹ / ₂ -in)	(8-ft— ¹ / ₂ -in) (50-ft— ¹ / ₂ -in)	(12.5-ft— ¹ / ₂ -in) (25-ft— ³ / ₄ -in)	(12.5-ft— ¹ / ₂ -in) (50-ft— ³ / ₄ -in)
2	3.5	1.2												
3	7.3	2.7												
4	12.5	4.4												
5		6.7												
6		9.3												
7		12.4												
8			1.3											
10			1.6											
12			2.5											
15			3.5	1.3										
20			5.3	2.0				1.1						
25			9.0	3.4	1.4		1.0	1.9						
30			13.8	5.1	2.2		1.5	3.0						
35				7.3	3.1	1.1	2.1	4.2						
40				9.8	4.1	1.5	2.9	5.6						
45				12.5	5.3	2.0	3.7	7.1						
50					6.6	2.5	4.6	8.9		1.0				
55					8.1	3.0	5.6	10.9		1.2				
60					9.7	3.6	6.7	13.0		1.5				
70					11.5	4.3	7.9		1.1	1.8				
80						5.7	10.6		1.4	2.8				
90						7.3	13.6		1.9	3.6				
100						9.2			2.3	4.5				
120						11.2			2.8	5.5				
140									4.0	7.7				
160									5.4	10.3				
180									6.9	13.3				
200									8.7					
220									10.6					
									12.7					

Based on 95 psig air pressure at hose inlet, includes normal couplings (quick connect couplings will increase pressure losses materially). Hose is assumed to be smooth. Air is clean and dry. If an airline lubricator is upstream from the hose pressure loss will be considerably higher. Pressure loss varies inversely as the absolute pressure (approximately). Probable accuracy is believed to be $\pm 10\%$. Selections should be made from above the heavy lines for best economy.

Note 1 psi \times 6.9 = kPa

Note 2 cfm \times .47 = l/s

4.2. Dimensionamiento del compresor.

La selección del tipo de compresor y de su capacidad son parámetros críticos en el diseño de una instalación de aire comprimido. Una acertada elección supone un gran ahorro energético durante el funcionamiento normal de la instalación.

Para elegir correctamente el tipo de compresor más apropiado para las necesidades de diseño, es preciso conocer el consumo total de aire comprimido. En general, el consumo total de aire comprimido es aquel que resulta de sumar el consumo de todos los equipos neumáticos conectados en la planta, trabajando a pleno rendimiento.

Puesto que todos los elementos neumáticos de una instalación no trabajan generalmente a toda su capacidad al mismo tiempo durante las 24 horas del día, es habitual definir un *factor de carga* como:

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Consumo de aire en 24 horas}}{\text{Maximo consumo continuado en 24 horas}}$$

Este factor de carga trata de tener en cuenta los consumos intermitentes de aire, para optimizar al máximo los tiempos de arranque del compresor que rellenan de aire comprimido los depósitos.

En general, se establecen cinco pasos básicos para fijar correctamente la capacidad del compresor. A saber:

1. Estimar el total de consumos de todos los dispositivos que emplean aire.
2. Determinar la presión más elevada que requieran estos elementos.
3. Revisar los ciclos de trabajo y determinar los factores de carga de los elementos.
4. Estimar un valor típico de fugas.
5. Fijar las máximas caídas de presión admitidas tanto para los diversos elementos como para las conducciones.
6. Otras consideraciones que afecten al diseño: condiciones medioambientales del entorno, altitud, etc...

Una vez determinado el consumo necesario y la presión demandada al compresor, se ha de elegir el tipo más adecuado para dicha aplicación. En general la figura 11 fija los límites de uso de los diversos compresores presentados en el apartado 2.

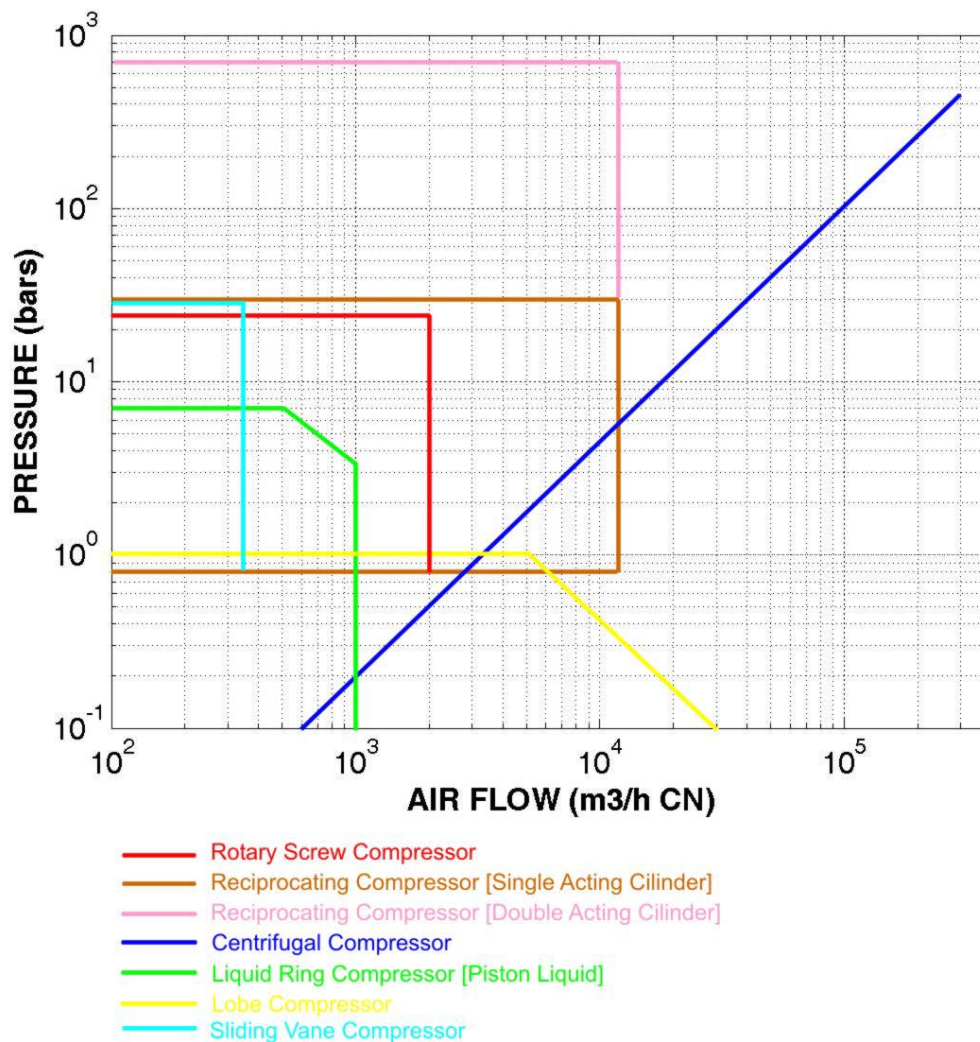


Figura 11.

4.3. Dimensionamiento del depósito.

Aunque no existe una norma general de cómo han de dimensionarse los depósitos, sí es cierto que deberían diseñarse en función de la demanda y del tamaño del compresor, utilizando los arranque por hora y los tiempos máximos de

funcionamiento del compresor como parámetros de diseño. Habitualmente, se emplea como fórmula para determinar el tamaño del depósito:

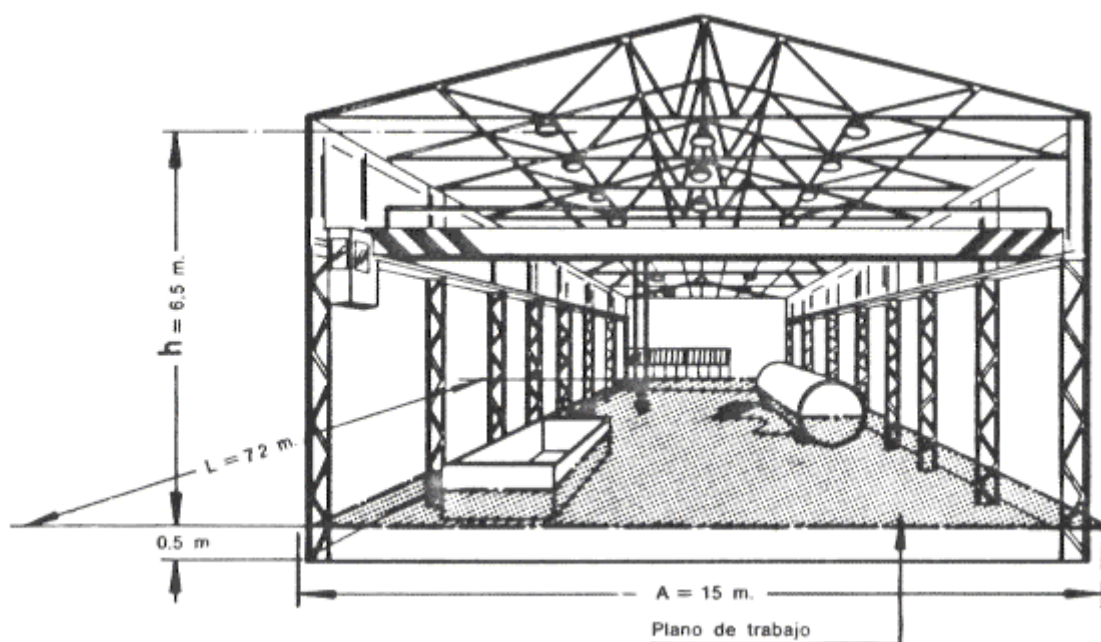
$$T = \frac{V \cdot (P_1 - P_2)}{C \cdot P_{atm}}$$

donde T es el tiempo en minutos que transcurre desde que el depósito alcanza el máximo de presión hasta que el consumo baja la presión al mínimo admisible. P_1 y P_2 son las presiones absolutas máximas y mínimas que se alcanzan en el tanque. C es el consumo de aire en CN en metros cúbicos por minuto, V es el volumen del depósito en m^3 y P_{atm} es la presión atmosférica.

5. CASO DE ESTUDIO: RED DE AIRE COMPRIMIDO PARA NAVE INDUSTRIAL

Se ha de diseñar una red de aire comprimido para satisfacer el consumo de una nave industrial de $1,000 m^2$ (ver figura adjunta). En dicha nave se van a fabricar puertas lacadas, por lo que es necesario disponer de los siguientes puestos de consumo de aire comprimido:

- Herramienta de corte: 1 punto de consumo.
- Taladro: 1 punto de consumo.
- Herramientas para tallar madera: 1 punto de consumo.
- Zona de lijado: 2 puntos de consumo.
- Pistolas para limpiar la viruta: 5 puntos de consumo.
- Barnizado previo de la madera: 2 puntos de consumo.
- Cámara de lacado: 3 puntos de consumo.



El proceso de producción de las puertas se divide en tres zonas: zona de construcción y montaje de la puerta, zona de barnizado y zona de lacado. Además, la fábrica es capaz de realizar 6 puertas al día en una jornada típica de 9 horas, lo que supone que las tres zonas de trabajo operan simultáneamente, con una duración de fase por puerta de 1.5 horas. Tras una detallada consulta con los operarios responsables de cada una de las zonas se sabe que:

Zona de Construcción [1] (1.5 horas)	Zona de Barnizado [2] (1.5 horas)	Zona de Lacado [2] (1.5 horas)
Tablero: 30 min Taladros: 15 min Tallado: 30 min Lijado: 15 min	Barnizado (1): 15 min Secado (1): 30 min Barnizado (2): 15 min Secado (2): 30 min	Lacado (1): 15 min Secado (1): 30 min Lacado (2): 15 min Secado (2): 30 min

[1] En cada operación, sólo el 60% del tiempo se utiliza una herramienta neumática. Y dentro de ese tiempo, el 80% se usa la herramienta tal y el 20% el limpiador de virutas.

[2] En las operaciones de barnizado y lacado, la pistola de aplicación trabaja el 85% del tiempo.

REALÍCESE:

- 1.- Esquema en planta y en perspectiva de la red de distribución de aire comprimido.
- 2.- Estime los consumos, factores de utilización y cargas del sistema de aire comprimido.
- 3.- Dimensione los conductos y estime las pérdidas de carga por la instalación.
- 4.- Selecciónese de catálogo los diversos elementos, incidiendo especialmente en el compresor y el depósito de aire comprimido.