



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE UNA PLANTA AUXILIAR DE SUMINISTRO DE AIRE COMPRIMIDO PARA USO EN UNA LÍNEA DE MONTAJE DE AUTOMÓVILES

AUTOR: Iván González Barrero

TUTOR: Antonio Armero Martínez

Curso Académico: 2017-18

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

RESUMEN

En el presente trabajo de fin de grado se realiza un proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles. Se diseña para abastecer una línea de distribución a 7 bar y otra línea de menor consumo de más alta presión a 12 bar.

Para ello, se debe producir el aire necesario para satisfacer la demanda de la empresa, las pérdidas de presión a lo largo de la instalación y la calidad del aire requerido en la producción. A continuación, se seleccionan los equipos apropiados según las tres condiciones anteriormente expuestas. Para un correcto suministro de aire comprimido se debe garantizar un tratamiento de aire y unos compresores adecuados que se ajusten a la producción de la empresa.

Con los equipos y la sala de máquinas seleccionadas se procede a ubicar los equipos en la sala de máquinas y al diseño de la red de distribución de la forma más eficiente posible para reducir al máximo las pérdidas de presión y las pérdidas de fugas de aire.

Al disponer de la red de distribución se procede al dimensionamiento de las tuberías, utilizando la probada fórmula de Renouard.

Para finalizar se elabora un pliego de condiciones que determina los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de la instalación de aire comprimido y posteriormente el presupuesto del proyecto.

Palabras Clave: aire comprimido, instalación aire comprimido, compresores, tratamiento de aire comprimido

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

RESUM

En el present treball de fi de grau es realitza un projecte d'una planta auxiliar de subministrament d'aire comprimit per a ús en una línia de muntatge d'automòbils. Es dissenya per a abastir una línia de distribució a 7 bar i una altra línia de menor consum de més alta pressió a 12 bar.

Per a això, ha de produir l'aire necessari per a satisfer la demanda de l'empresa, les pèrdues de pressió al llarg de la instal·lació i la qualitat de l'aire requerit en la producció. A continuació, se seleccionen els equips apropiats segons les tres condicions anteriorment exposades. Per a un correcte subministrament d'aire comprimit s'ha de garantir un tractament d'aire i uns compressors adequats que s'ajusten a la producció de l'empresa.

Amb els equips i la sala de màquines seleccionades es procedeix a ubicar els equips en la sala de màquines i al disseny de la xarxa de distribució de la manera més eficient possible per a reduir al màxim les pèrdues de pressió i les pèrdues de fugues d'aire.

Al disposar de la xarxa de distribució es procedeix al dimensionament de les canonades, utilitzant la provada fórmula de Renouard.

Per a finalitzar s'elabora un plec de condicions que determina els requisits a què s'ha d'ajustar l'execució de la instal·lació d'aire comprimit i posteriorment el pressupost del projecte.

Paraules clau: aire comprimit, instal·lació aire comprimit, compressors, tractament d'aire comprimit

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

ABSTRACT

In the present end-of-degree project, a project is being carried out for an auxiliary compressed air supply plant for use in a car assembly line. It is designed to supply a distribution line at 7 bar and a lower consumption line with higher pressure at 12 bar.

To do this, it must produce the air necessary to meet the company's demand, the pressure losses throughout the installation and the air quality required in production. The appropriate equipment is then selected according to the three conditions outlined above. For a correct supply of compressed air, adequate air treatment and compressors must be guaranteed to match the company's production.

With the equipment and the engine room selected, the equipment is placed in the engine room and the distribution network is designed in the most efficient way possible to reduce pressure losses and air leakage losses to a minimum.

When the distribution network is available, the pipes are sized using the proven Renouard formula.

Finally, a set of specifications is drawn up which sets out the requirements to be met in the execution of the compressed air system and, subsequently, the Project budget.

Keywords: compressed air, compressed air installation, compressors, compressed airtreatment.

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

ÍNDICE DE MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 <i>Objetivo y alcance del proyecto</i>	1
1.2 <i>Resumen de características</i>	1
1.2.1 <i>Situación de la instalación</i>	1
1.2.2 <i>Presión de diseño en bares</i>	1
1.2.3 <i>Resultado del producto P X V</i>	2
1.2.4 <i>Presupuesto</i>	2
1.3 <i>Relación del TFG con el grado</i>	2
1.4 <i>Legislación aplicada</i>	2
2. MEMORIA	5
2.1 <i>Importancia del aire comprimido</i>	5
2.2 <i>Descripción del proceso industrial</i>	6
2.2.1 <i>General de la industria</i>	6
2.2.2 <i>Específica de aquellas partes afectadas por la instalación</i>	7
2.3 <i>Descripción de la instalación</i>	7
2.3.1 <i>Tomas de aire</i>	8
2.3.2 <i>Compresores</i>	8
2.3.3 <i>Dispositivos destinados a la acumulación de aire</i>	11
2.3.4 <i>Dispositivos destinados al tratamiento del aire</i>	13
2.3.5 <i>Red de tuberías</i>	17
2.3.6 <i>Válvulas de seguridad</i>	19
2.3.7 <i>Elementos de medida</i>	20
3. CÁLCULOS	23
3.1 <i>Condiciones de diseño</i>	23
3.2 <i>Programa de necesidades de equipos</i>	24
3.2.1 <i>Aire requerido</i>	24
3.2.2 <i>Calidad del aire requerido en los equipos</i>	27
3.3 <i>Dimensionado de la red de distribución</i>	29
3.4 <i>Selección de compresores</i>	34
3.5 <i>Selección de unidades de tratamiento de aire</i>	34
3.6 <i>Cálculo de válvulas de seguridad</i>	35
4. PLIEGO DE CONDICIONES	34
4.1 <i>Generalidades</i>	34

4.1.1	Ámbito de aplicación	34
4.1.2	Legislación aplicada.....	34
4.1.3	Requisitos exigidos a la empresa instaladora	35
4.3	Normas de ejecución de la instalación	36
4.3.1	Datos de la obra	36
4.3.2	Replanteo de la obra	36
4.3.3	Condiciones generales	36
4.3.4	Planificación y coordinación	37
4.3.5	Acopio de materiales	38
4.3.6	Inspección y medidas previas al montaje	38
4.3.7	Planos, catálogos y muestras	39
4.3.8	Variaciones de proyecto y cambios de materiales	39
4.3.9	Cooperación con otros contratistas.....	40
4.3.10	Protección	40
4.3.11	Limpieza de la obra.....	40
4.3.12	Andamios y aparejos	41
4.3.13	Obras de albañilería	41
4.3.14	Energía eléctrica y agua	41
4.3.15	Ruidos y vibraciones	42
4.3.16	Accesibilidad.....	42
4.3.17	Canalizaciones	42
4.3.18	Manguitos pasa muros.....	43
4.3.19	Protección de partes en movimiento.....	43
4.3.20	Protección de elementos a temperatura elevada	43
4.3.21	Cuadros y líneas eléctricas.....	44
4.3.22	Pinturas y colores	44
4.3.23	Identificación	45
4.3.24	Recepción provisional.....	45
4.3.25	Periodos de garantía	46
4.3.26	Recepción definitiva.....	46
4.3.27	Permisos	47
4.3.28	Repuestos, herramientas y útiles específicos	47
4.3.29	Subcontratación de las obras	47
4.3.30	Riesgos.....	47

4.3.31 Rescisión de contrato	48
4.3.32 Precios	48
4.3.33 Pago de obras.....	49
4.3.34 Abono de materiales acopiados	49
4.3.35 Requisitos de la fabricación.....	49
4.3.36 Materiales	50
4.3.37 Marcas y etiquetado.....	51
4.3.38 Requisitos de la instalación	52
4.4 Pruebas reglamentarias y suplementarias.....	53
4.5 Instrucciones de uso y mantenimiento de la instalación y sus aparatos.....	55
4.5.1 Entrenamiento.....	55
4.5.2 Placa de instalación e inspecciones periódicas.....	55
4.5.3 Instrucciones de funcionamiento.....	55
4.5.4 Mantenimiento de las instalaciones.....	56
4.5.5 Reparaciones	57
4.5.6 Acondicionamiento de aire a presión	57
4.5.7 Histórico de actividades.....	58
5. PLANOS	59
5.1 Emplazamiento de la industria.....	59
5.2 Esquema de principio	61
5.3 Instalación de aire comprimido	62
6. PRESUPUESTO	63
6.1 Cuadro de precios descompuestos	63
6.2 Presupuesto parcial	70
6.3 Resumen por capítulo y total.....	73
Bibliografía.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1 - AIRE COMPRIMIDO	6
ILUSTRACIÓN 2 - INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.....	7
ILUSTRACIÓN 3 - TIPOS DE COMPRESORES DE AIRE	9
ILUSTRACIÓN 4 - DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN DE AIRE	12
ILUSTRACIÓN 5 - POST ENFRIADOR DE AGUA.....	14
ILUSTRACIÓN 6 - POST ENFRIADOR DE AIRE.....	14
ILUSTRACIÓN 7 - SECADOR	15
ILUSTRACIÓN 8 - VÁLVULA DE SEGURIDAD.....	19
ILUSTRACIÓN 9 - MULTICONTROLADOR	21
ILUSTRACIÓN 10 – RENDIMIENTO EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN	26
ILUSTRACIÓN 11 - CALIDADES DEL AIRE.....	28
ILUSTRACIÓN 12 - TIPOS DE TUBERÍA.....	29
ILUSTRACIÓN 13-LONGITUD EQUIVALENTE.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1- COMPRESORES INSTALADOS	10
TABLA 2- SECADORES INSTALADOS.....	16
TABLA 3- VÁLVULAS DE SEGURIDAD INSTALADAS	20
TABLA 4- CONDICIONES AMBIENTALES	23
TABLA 5-PRIMERA APROXIMACIÓN PARA OBTENER LOS DIÁMETROS NOMINALES DE CADA TRAMO.....	31
TABLA 6- VERIFICACIÓN DE CONDICIONES	32
TABLA 7-RESULTADOS FINALES DEL CÁLCULO DE TUBERÍAS.....	33

Memoria

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

1. INTRODUCCIÓN

1.1 *Objetivo y alcance del proyecto*

El objeto del presente proyecto es definir una instalación de aire comprimido para dar servicio a una línea de montaje de automóviles. Para ello se van a instalar 12 compresores y hasta 11 secadores según se detalla más adelante, en el punto 1.8 y en los planos. La propuesta de este proyecto es alcanzar el mejor rendimiento posible en el conjunto de la instalación.

El alcance del proyecto es definir la producción de aire comprimido para un determinado caudal en presión de servicio 7 bar y 12 bar. Para este proyecto no se requiere aportar información sobre el sistema de distribución, ni del proceso industrial de los puntos de uso del aire comprimido.

Las características de diseño son dos acometidas de 7 bar a un caudal de $50.000 \frac{Nm^3}{h}$ y de 12 bar a $16.000 \frac{Nm^3}{h}$ las 24 horas del día sin interrupción a los puntos de consumo de los equipos neumáticos. El diseño de la instalación de suministro se tendrá que ajustar a la sala de máquinas disponible. Tendrá que proveer de los equipos de sustitución necesarios para que se garantice la producción sin interrupción.

La instalación constará de los equipos necesarios para asegurar el caudal y la presión necesaria, además de prever posibles futuras ampliaciones.

Una de las condiciones de diseño es que la producción no puede interrumpirse bajo ninguna circunstancia, por lo que se proveerá de los equipos de reserva necesarios para ello. Se diseñará la instalación de aire comprimido intentando maximizar el rendimiento de ella y asegurar el menor coste posible, garantizando un aire comprimido de calidad.

1.2 *Resumen de características*

1.2.1 *Situación de la instalación*

Zona la plana
Partida Madrigueres Nord, 59
03749, Denia (Alicante)

1.2.2 *Presión de diseño en bares*

Se dispone de dos presiones de acometidas a la instalación:

- Alta presión: producción de aire a 12 bar.
- Baja presión: producción de aire a 7 bar.

1.2.3 Resultado del producto P X V

El resultado total del producto P x V del presente proyecto es igual a 86.052,5.

1.2.4 Presupuesto

El presupuesto de la instalación de aire comprimido asciende a la cantidad de el presente presupuesto de OCHOCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.

1.3 Relación del TFG con el grado

La relación del TFG con el grado proviene de la elevada importancia del aire comprimido como fuente de energía en una gran variedad de procesos industriales.

La realización del TFG ha sido posible gracias a las habilidades, aptitudes y conocimientos tecnológicos adquiridas a lo largo del grado. Se han desarrollado aptitudes como la investigación en la búsqueda de nuevos conocimientos o la construcción para llevar a la realidad una solución de diseño.

Las asignaturas que han estado directamente relacionadas con el TFG son:

- Máquinas térmicas: Se han obtenido conocimientos de los tipos de compresores existentes para la correcta selección de ellos, además de aprender el proceso de compresión de un compresor.
- Expresión gráfica: Aprendizaje del programa AutoCAD que ha resultado útil para la correcta ejecución de los planos.
- Proyectos: Conocimientos de la función de los documentos de un proyecto que han servido para elaborar los documentos del presente TFG. Aprendizaje del programa Arquímedes para la elaboración del presupuesto.

1.4 Legislación aplicada

La presente memoria recoge las características de las máquinas (compresores), los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las modificaciones a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 97/23/CE, relativa a los equipos a presión.
- Normas Particulares del Fabricante de Equipos a presión.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Norma PNEUROP 6611/1984, Clasificación de calidades de aire comprimido.

- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Orden de 12 de febrero de 2001, de la Conselleria de Industria y Comercio, por la que se modifica la de 13 de marzo de 2000, sobre contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales.

2. MEMORIA

2.1 Importancia del aire comprimido

El aire comprimido es una fuente de energía de gran importancia y de las más utilizadas en los procesos industriales. En la actualidad, el aire comprimido abarca más del 20 % del consumo energético en las industrias superando esta cifra en algunos procesos industriales. La finalidad de una instalación de aire comprimido es suministrar aire a una presión, caudal y calidad necesaria. El uso del aire comprimido sirve para todo tipo de industrias, siendo de aplicación para: elevadores neumáticos, destornilladores automáticos, armas de aire comprimido, robots neumáticos, pintura para pulverización, procesos continuos...

Las empresas no se pueden permitir desaprovechar los recursos humanos y materiales. Cualquier retraso a causa de éstos representa no solo una baja en la productividad, sino también una pérdida de mercado ante su competencia. La elección del aire comprimido de una empresa se debe a sus múltiples ventajas:

- El aire es disponible de manera ilimitada.
- El aire comprimido es fácilmente transportable.
- Se puede almacenar en depósitos.
- Es un sistema seguro, sin peligro de explosión ni incendio a pesar de tener un fluido a presión.
- Se puede conseguir un aire limpio que puede servir para industrias como la alimentaria o química.
- La velocidad de trabajo es alta.

Se prefiere utilizar las herramientas neumáticas frente a las eléctricas por múltiples razones:

- Mayor manejabilidad por su ligereza, ya que no contiene ningún motor interno. Esto afecta al operario teniendo mayor comodidad en la herramienta, aumentando así el rendimiento del personal y evitando retrasos de producción. Por lo que representa un incremento de productividad teniendo importantes beneficios económicos.
- Las herramientas neumáticas no tienen integrado un motor en sí, por lo que serán equipos más económicos que los eléctricos.
- Las herramientas neumáticas tienen menos partes móviles que las eléctricas, por lo que hay una menor probabilidad de desgaste y avería. Debido a ello, repercute en una disminución de coste de mantenimiento.

- Es de saber que una avería en la herramienta eléctrica en la mayoría de los casos supone una sustitución de la herramienta al completo, mientras que las neumáticas tiene una fácil sustitución de las piezas deterioradas o averiadas. Esto supone un mayor coste de mantenimiento por parte de las herramientas eléctricas.
- Las herramientas neumáticas no tienen calentamientos internos, por lo que se puede usar para una producción continua y prorrogada, pudiendo incluso no darles descanso. En las herramientas eléctricas es necesario darles un periodo de enfriamiento, ya que se pueden sobrecargar por su aumento de temperatura gradual.

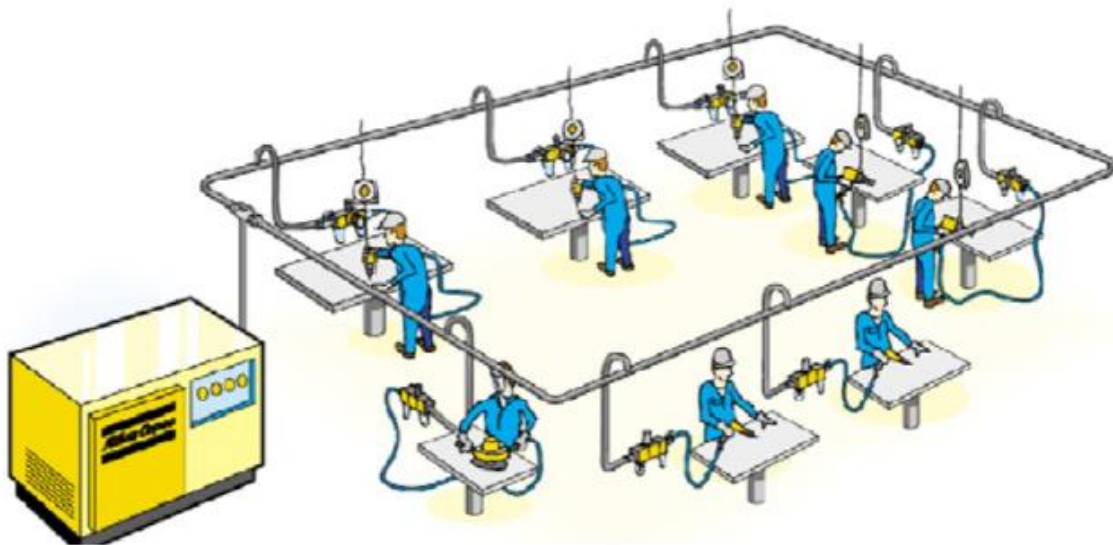


Ilustración 1 - Aire comprimido - Fuente:

https://www.educarex.es/pub/cont/com/0055/documentos/10_Informaci%C3%B3n/03_Guias/guia_Aire_Comprimido.pdf

2.2 Descripción del proceso industrial

2.2.1 General de la industria.

Se proporcionará suministro a una línea de montaje de automóviles. Una línea de montaje es “*un proceso de producción que descompone los trabajos de fabricación de un bien en pasos o etapas que se realizan en una secuencia predefinida*”. Es utilizado para la fabricación en masa de productos. Son capaces de reducir los costes de mano de obra, ya que se ahorran el contratar trabajadores expertos para armar el producto, por lo que se contratan trabajadores no cualificados que son entrenados fácilmente para realizar tareas específicas.

Cada empleado se asigna a un puesto específico de la línea de montaje, repitiendo el proceso constantemente. Cuando termina el proceso el trabajador pasa el producto al siguiente trabajador

hasta completarlo. Genera productos rápidamente, eficientemente y en masa. No solo hay personal en las líneas de montaje, también hay máquinas que apoyan el proceso de producción.

2.2.2 Específica de aquellas partes afectadas por la instalación

El aire comprimido que se va a utilizar servirá para dar suministro a las máquinas neumáticas existentes en el proceso de trabajo de la línea de montaje de automóviles. Su uso en el proceso industrial puede ser múltiple:

- Robots neumáticos.
- Aplicaciones de pintura.
- Corte y soldadura por plasma (asegurar velocidad y fiabilidad de corte y soldadura).
- Inflado de neumáticos.
- Herramientas neumáticas (Mejor que las eléctricas, por ser más fáciles de manejar y por mayor ligereza).

2.3 Descripción de la instalación.

Como se observa en la figura 2, una instalación de aire comprimido consta de dos partes bien diferenciadas: la demanda (distribución) y el suministro. Por temas de confidencialidad se desconoce las áreas de trabajo y por ende la parte de demanda (distribución) de la instalación. Por ello el presente proyecto consiste exclusivamente en diseñar y llevar a cabo la parte de suministro de la instalación.

En la figura 2 se puede observar con claridad la parte de suministro de la instalación a proyectar: entrada de aire, filtros de entrada, compresor, post-enfriador, separador de humedad, tanque receptor y secador. Los post-filtros se instalarán antes de cada punto de consumo, ya que según el proceso productivo de cada área de trabajo es necesario disponer de calidades de aire diferentes. Por lo que los post-filtros se asignarán a la parte de demanda de la instalación y no será de la competencia del presente proyecto.

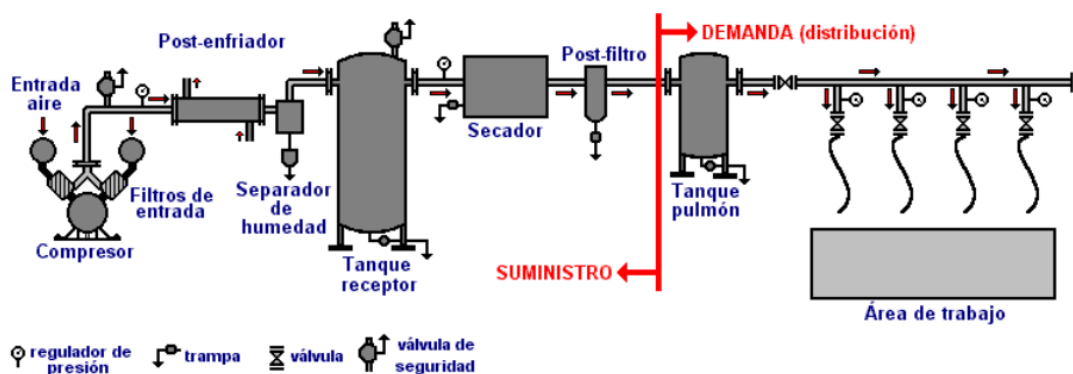


Ilustración 2 - Instalación de aire comprimido - Fuente: <https://ing-orlandophilco.jimdo.com/neum%C3%A1tica/>

Se dispone de una sala de máquinas donde se instalará todo el suministro de aire comprimido de la línea de montaje de automóviles. La sala de máquinas se caracteriza por tener todas sus unidades en un solo lugar para facilitar su mantenimiento.

Para la acometida de alta presión se le pide un caudal de $16.000 \frac{Nm^3}{h}$ y para el de baja presión $50.000 \frac{Nm^3}{h}$.

Al ser una línea de montaje de automóviles se pide una producción continua de caudal las 24 horas del día. No se puede parar la producción de aire comprimido bajo ninguna circunstancia, ya que retrasaría la producción de toda la fábrica y se perdería una cantidad de dinero considerable. Es por ello que se debe de tener siempre una solución inmediata diseñada para una posible avería o mantenimiento de cualquier componente.

Una instalación de aire comprimido mal diseñada repercute negativamente en la productividad de la producción, en mayores costes de energía y en mayores labores de mantenimiento. Las instalaciones de aire comprimido son instalaciones costosas, pero no se ha de escatimar en costes adicionales para el correcto suministro de aire ya que resultará rentable durante la vida del sistema.

2.3.1 Tomas de aire

Se dispondrá una toma de aire independiente para cada unidad compresora como es aconsejable. Al disponer de compresores de gran envergadura la aspiración de aire se efectuará en el exterior, en puntos lo más alejados posible de cualquier salida de humos, gases, polvo o aire viciado, ya que un aire contaminado puede perjudicar el buen funcionamiento de los compresores.

En el extremo de admisión de aire la tubería de aspiración dispondrá de una malla anti-insectos y de una protección que impida la entrada de agua de lluvia, gracias a la rejilla filtradora de toma de aire.

2.3.2 Compresores

Un compresor es una máquina destinada a aumentar la presión de aire. Normalmente se aspira el aire a presión atmosférica y se expulsa a una presión más elevada. También hay compresores denominados Booster que aspiran aire ya comprimido a una presión determinada y lo expulsa a una presión mayor.

La correcta elección de un compresor es importante porque una mala decisión perjudicaría negativamente a la instalación por flujos de aire inapropiados como los pulsátiles. También afectaría al presupuesto por una elección de un compresor mayor al necesario. Hay dos factores importantes en la selección de un compresor: el caudal y la presión máxima de servicio que puede proporcionar.

Se debe asegurar que la presión máxima de servicio del compresor sea superior a la presión de trabajo.

Como se observa en la figura 3, se tiene dos grandes familias de compresores: los de desplazamiento positivo y los compresores dinámicos. La gran demanda de caudal hace descartar a los compresores

de poca envergadura. Los compresores de desplazamiento positivo, menos el rotativo de tornillo, tienen una producción de caudal menor a la necesaria, por lo que quedan descartados.

El compresor dinámico de flujo axial se descarta para la presente instalación porque los compresores centrífugos presentan más ventajas sobre los axiales:

- Mayor seguridad en funcionamiento y mayor robustez.
- Mayor estabilidad en funcionamiento.
- Alcanzan presiones de trabajo mayores.

Los posibles compresores a seleccionar para la presente instalación son los compresores de tornillo y compresores centrífugos. Se descartan los compresores de tornillo frente a los centrífugos, por las múltiples ventajas:

- Menor coste inicial.
- Menor coste de mantenimiento.
- Menor tiempo parado por tener menos componentes de fricción que permiten ciclos de operación largos.
- No contamina el aire de aceite, ya que no necesita lubricación.
- No necesita refrigeración.
- Compresores más silenciosos.
- Menor consumo de potencia eléctrica.
- Proporciona un flujo constante de aire, ideal para la situación de la instalación.
- El caudal de flujo se puede variar sin cambios de presión.
- Funcionamiento sin vibraciones o en grado mínimo.

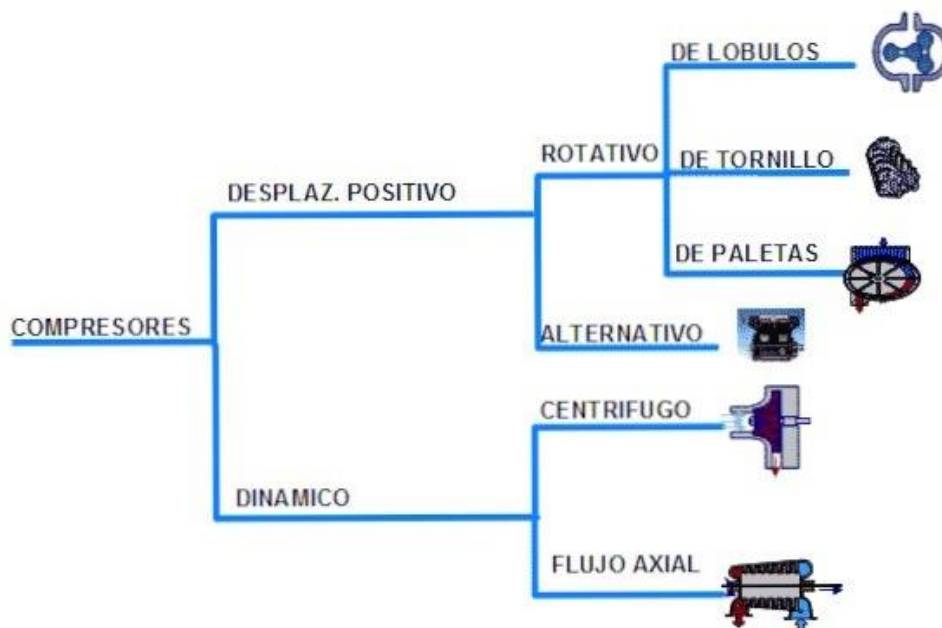


Ilustración 3 - Tipos de compresores de aire - Fuente: <https://www.widman.biz/boletines/56.html>

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

Se aprovechará el caudal sobrante de baja presión, instalando unos compresores Booster que pasan la presión de 7 bar a 12 bar. Resulta más económico instalar compresores Booster que un compresor de alta presión por su desembolso inicial y por la gran diferencia de potencia consumida entre ellos.

En la siguiente tabla podemos observar las características de los compresores seleccionados:

Equipo	Marca	Cantidad a instalar	Potencia (kW)	Caudal nominal (m ³ /h)	Volumen depósito (L)	Pms (bar)	Presión a conectar (bar)	Pms x V
Compresor ZH 15.1	Atlas Copco	4	1.201	14.374	1.025	7,7	7,56	7.892,50
Compresor ZH 15.2	Atlas Copco	3	1.071	12.248	1.025	7,7	7,56	7.892,50
Booster B-4	ABC Compressors	2	250	2.800	160	14	12,96	2.240
Compresor ZH 1000	Atlas Copco	3	1.000	9.065	675	13	12,96	8.775
							Total	86.052,5
							Pms x V	

Tabla 1- Compresores instalados

Los compresores seleccionados contienen:

- Compresor centrífugo ZH 15.1: compresor centrífugo refrigerado por agua para el suministro de aire exento de aceite.
 - Filtros de aire.
 - Grupo de compresión, con:
 - Intercooler 1 ZH 9000.
 - Intercooler 2 ZH 9000.
 - Aftercooler ZH 9000.
 - Válvula de venteo.
 - Acoplamiento de accionamiento.
 - Depósito de aceite.
 - Bomba de aceite auxiliar.
 - Sistema eléctrico.
 - Purgadores.
- Compresor centrífugo ZH 15.2: compresor centrífugo refrigerado por agua para el suministro de aire exento de aceite.
 - Filtros de aire.
 - Grupo de compresión, con:
 - Intercooler 1 ZH 9000.
 - Intercooler 2 ZH 9000.
 - Aftercooler ZH 9000.

- Válvula de venteo.
- Acoplamiento de accionamiento.
- Depósito de aceite.
- Bomba de aceite auxiliar.
- Sistema eléctrico.
- Purgadores.
- Booster nº 4: Compresor de tipo horizontal, de cilindros opuestos de doble efecto y con crucetas, para instalación fija.
 - Elementos mecánicos: cárter, tapas, biela, cigüeñal, volante, ...
 - Bomba de engranaje.
 - Cilindros.
 - Empaquetaduras.
 - Válvulas: aspiración 105CR13, escape 105CR14.
 - Válvulas de seguridad.
 - Circuito de engrase: bomba de engrase.
 - Circuito de refrigeración.
 - Instrumentación: electroválvula de regulación, regulador “VOP-389”, manómetro tipo “Bourdon”, termómetros, manorreductor tipo “Tescom”.
 - Purgadores.
 - Motor eléctrico.
- Compresor centrífugo ZH 1000: compresor centrífugo refrigerado por agua para el suministro de aire exento de aceite.
 - Filtros de aire.
 - Grupo de compresión, con:
 - Intercooler 1 ZH 9000.
 - Intercooler 2 ZH 9000.
 - Aftercooler ZH 9000.
 - Válvula de venteo.
 - Acoplamiento de accionamiento.
 - Depósito de aceite.
 - Bomba de aceite auxiliar.
 - Sistema eléctrico.
 - Purgadores.

2.3.3 Dispositivos destinados a la acumulación de aire

Los dispositivos destinados a la acumulación de aire son los depósitos de acumulación. Los depósitos de acumulación se deben instalar lo más cercano al compresor posible.

Todas las instalaciones de aire comprimido necesitan depósitos de aire, ya que tienen como función:

- Almacenar aire comprimido para satisfacer fuertes demandas en momentos puntuales de consumo.

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

- Regular los flujos irregulares de los compresores.
- Adecuar el caudal de aire en cada momento del consumo de la instalación.
- Actúa como un accesorio más para enfriar el aire, pudiendo evacuar el vapor condensado y restos de aceite.

En la figura 4 se puede observar los accesorios de un depósito de acumulación:

- Manómetro y termómetro como elementos de control.
- La válvula limitadora de presión, que es la válvula de seguridad para evacuar el caudal de producción de aire sin que la sobrepresión durante la descarga supere el 10 % de la presión de tarado.
- La purga que es el grifo para evacuación de condensados.
- Agujero de limpieza.

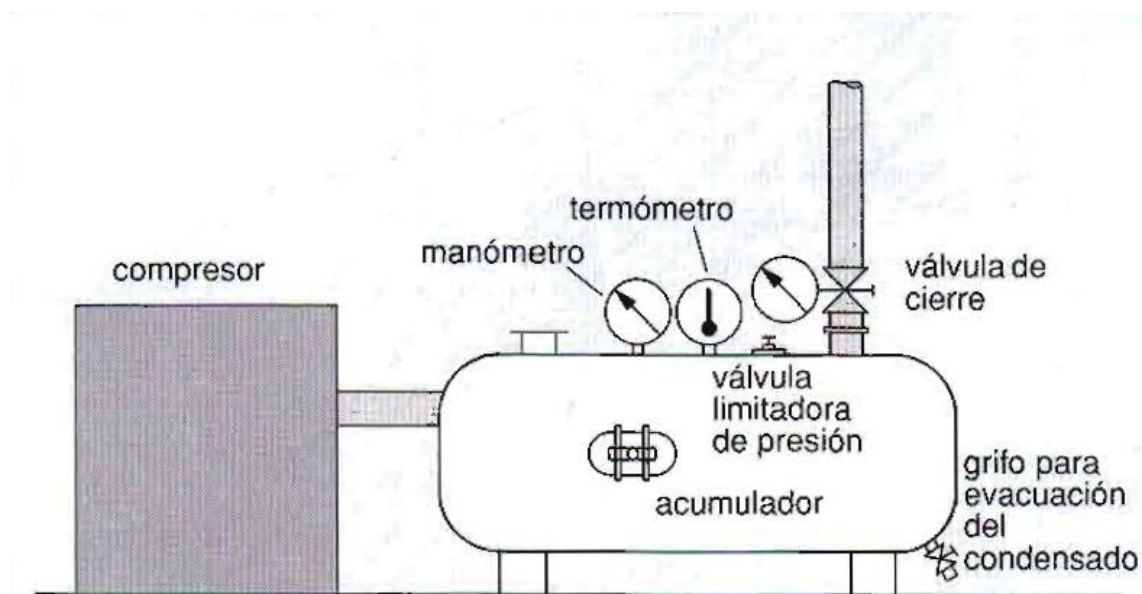


Ilustración 4 - Depósito de acumulación de aire - Fuente: <https://2.bp.blogspot.com/-SjdOUg2mGbo/Vxb5xffzEjI/AAAAAAAAAGxE/b4WbddBwZFs-sdqngyaRef3q3oHhkveAClCb/s1600/acumu.jpg>

Hoy en día los compresores llevan integrado sus propios depósitos ya calculados e instalados para su propio caudal. Estos depósitos cumplen todas las funciones anteriormente comentadas por lo que no será necesario instalar depósitos adicionales en la instalación.

Además, los compresores centrífugos producen un caudal continuo y a presión constante, por lo que necesitan un volumen de depósito de acumulación menor que otros tipos de compresores.

Actualmente se instalan depósitos de acumulación adicionales en las instalaciones, donde no dispongan de compresores reserva para alargar las paradas de los compresores y proporcionarles descanso.

2.3.4 Dispositivos destinados al tratamiento del aire

El aire comprimido lleva contaminantes que pueden reducir la vida útil de la instalación y de los equipos neumáticos. Contienen contaminantes como: partículas atmosféricas, humedad del aire, partículas de desgaste de la instalación, aceite, óxidos...

Por ello es necesario un tratamiento del aire adecuado. Las partículas y el contenido de aceite se eliminan con filtros, mientras la humedad del aire se elimina después del compresor con post-enfriadores y secadores.

Es prácticamente de obligación escoger en cada caso el correcto equipo de tratamiento de aire, olvidándose del coste de ello, ya que pretender ahorrar en la preparación de aire comprimido acabará por ser una mala inversión.

2.3.4.1 Secadores- post-enfriadores

El aire expulsado del compresor sale a mayor temperatura y presión que el aire aspirado. A lo largo de la red de distribución disminuirá la temperatura del aire por enfriamiento ambiental, creando así la condensación de vapor de agua contenida en el aire. Por ello se necesita eliminar el vapor de agua del aire al salir del compresor. Los equipos que se instalan para eliminar ese vapor de agua son los secadores y post-enfriadores. Cada equipo debe elegirse cuidadosamente seleccionando el tipo de aparato siguiendo el proceso industrial establecido.

Los post-enfriadores son los primeros en instalarse, teniendo que situarlos lo más cerca posible del compresor para reducir el contenido de humedad en el aire comprimido. Su función es intercambiar calor, reduciendo la temperatura del aire lo máximo posible y así poder condensar el máximo vapor de agua. El vapor condensado será expulsado en el separador que estará integrado en el refrigerador y consiste en expulsar el agua y el aceite condensados durante la refrigeración.

Existen dos tipos de post-enfriadores:

- Refrigerador posterior de agua: se reduce la temperatura del aire hasta los 25 °C y se utiliza agua como fluido refrigerador. Se ha de procurar que la entrada de agua se realice a la menor temperatura posible para que el aire salga del refrigerador lo más cercano a la temperatura de ambiente. Es recomendable no utilizar agua de elevada dureza, para evitar incrustaciones en el equipo. Se puede evitar circulando en el refrigerador un caudal de agua superior al normal de manera que, a la salida del agua, esté a la temperatura más baja posible.



Ilustración 5 - Post enfriador de agua - Fuente: <http://www.serrei.com/productos/>

- Refrigerador posterior de aire: se aprovecha el aire ambiente como fluido refrigerante. Consta de un motor-ventilador para crear una ventilación forzada. Es necesario aspirar en el ventilador el aire más frío posible para maximizar la eficiencia del equipo. Se puede reducir la temperatura del aire hasta los 35°C. El mantenimiento del equipo es muy reducido, teniendo que hacer una limpieza periódica por las impurezas cogidas de polvo, grasas y otras impurezas, que reducen la eficiencia considerablemente. Se escogen estos refrigeradores, cuando el agua sea escasa o sea de difícil acceso para la industria, si no fuera el caso es recomendable instalar refrigeradores posteriores de agua.



Ilustración 6 - Post enfriador de aire - Fuente: <http://www.ctarefrigeracion.com/productos/aire/ra.html>

Al disponer de compresores de gran envergadura, incluyen en su interior post-enfriadores de agua. Por lo que no será necesario instalar post-refrigeradores en la instalación.

Los secadores, como en la figura 7, son equipos para disminuir el contenido de vapor de agua del aire comprimido. Los secadores solo son instalados en instalaciones de aire comprimido industriales como es el caso, ya que reduce los gastos de mantenimiento de maquinaria y herramientas un 25%, al evitar la corrosión. La mejor ubicación de los secadores es después del refrigerador posterior y del depósito de acumulación (si hubiera), siendo el secador el último elemento de tratamiento de aire del sistema de suministro. Se recomienda encarecidamente disponer anteriormente de un refrigerador posterior para su buen funcionamiento, además de disponer filtros antes de la entrada del secador.



Ilustración 7 - Secador - Fuente: http://www.deltasec.es/cas/productos/sec_frig/buran.htm

Se dispone de dos tipos de secadores:

- **Secador frigorífico:** funciona gracias a medios frigoríficos y reduce como máximo unos 2-3 °C la humedad en el aire comprimido por enfriamiento. Destaca sobre todo por su poco consumo de energía. No es utilizable para temperaturas ambiente que puedan bajar de los 0 °C, ya que pueden aparecer condensados que podrían convertirse en escarcha durante la red de distribución. El mantenimiento de los secadores frigorífico se basa en una limpieza mensual de los purgadores automáticos y un simple control del equipo una vez al año.
- **Secador por adsorción:** los secadores de adsorción utilizan unas técnicas de secados diferentes, consiguiendo una deshumidificación segura del aire comprimido, obteniendo unas temperaturas entre -20 °C y -80 °C.

Se seleccionarán secadores frigoríficos, dando por supuesto que la temperatura ambiente en nuestra zona, no desciende de los 2-3 °C.

Se instalarán 11 secadores en la instalación:

Marca	Modelo	Cantidad	Potencia (kW)	Caudal nominal (m ³ /h)	Pms (bar)
Atlas Copco	FD4000-8W	8	27,9	14.400	13
Ingersoll-Rand	D9600IN-W	3	23,86	9.600	13

Tabla 2- Secadores instalados

Los secadores seleccionados contienen:

- Atlas Copco:
 - Filtros de línea.
 - Un interruptor de alta presión, DANFOSS.
 - Intercambiador de calor AKG.
 - Refrigerador de agua BITZER.
 - Compresor alternativo VTZ DANFOSS.
 - Válvula de seguridad.
- Ingersoll-Rand:
 - Filtros de línea.
 - Presostato de seguridad.
 - Colector de aire.
 - Intercambiador de calor.
 - Compresor.
 - Condensador de agua.
 - Válvula de seguridad.

En atención al Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias, los nuevos secadores instalados se legalizarán como instalación frigorífica de nivel 1, realizándose un expediente específico.

2.3.4.2 Filtros

Los filtros son elementos esenciales para una instalación de aire comprimido. Se encargan de eliminar las partículas atmosféricas, la mayoría de aerosoles de aceite e incluso impurezas bacterianas.

Existen tres clases de filtros:

- Filtros de entrada: son los primeros filtros que se instalan. Su principal objetivo es eliminar las partículas más gruesas. Se encargan de proteger el compresor ante impurezas y a la red de filtrado que se instale a posteriori. Por lo que se instalarán antes del compresor.
- Filtros intermedios: se instalan antes de los secadores. Su misión es proteger el secador instalado para su correcto funcionamiento. Son de mayor grado de filtrado que los filtros de entrada.
- Filtros finales/post-filtros: son los filtros instalados antes de su uso final. Protegen los equipos y herramientas neumáticas. Se deben escoger específicamente sus características para su proceso industrial.

Para la selección del filtro adecuado se debe tener en cuenta:

- El tamaño del filtro: determinado por la presión y el caudal del aire.
- La calidad del aire comprimido requerido: según la calidad será necesario un mayor o menor grado de filtrado.

Los filtros de entrada del presente proyecto están integrados en los compresores. Cada compresor tiene sus propios filtros diseñados a sus necesidades particulares, para que el filtrado sea el correcto y no perjudique al rendimiento del compresor.

En los filtros intermedios se repite la misma situación, ya que son los encargados de la protección de los secadores. Los secadores contienen sus propios filtros para asegurar su correcto funcionamiento.

Los filtros finales no son competencia del presente proyecto, ya que se instalan antes del punto de aplicación y es parte de la demanda (distribución) de la instalación.

2.3.5 Red de tuberías

La red de tuberías debe estar bien planificada para tener el mínimo coste en el montaje, mínimas horas de mano de obra especializada, reducción del presupuesto y menos pérdidas de carga posible.

Para una buena planificación se ha de tener en cuenta:

- Diseño de la red de distribución que ha de adaptarse a la sala de máquinas para obtener el mejor itinerario para la tubería principal.

- Procurar que las tuberías sean lo más rectas posibles evitando cambios de dirección, curvas, piezas en T, derivaciones y reducciones de sección.
- Montaje siempre aéreo para facilitar el mantenimiento y la inspección de la red de tuberías.
- No se debe hacer salidas de aire en tuberías ya existentes sin comprobar antes si el diámetro puede aceptar ese aumento de caudal.
- Las tuberías principales deben estar dimensionadas para que las pérdidas de carga no sean excesivas.
- Prever futuras ampliaciones. Por lo que se han de dejar tomas de aire para hacer nuevas derivaciones para no dejar fuera de servicio la línea en un futuro.
- Dejar una pendiente del 2 % para que los posibles condensados a lo largo de la red de distribución sean expulsados instalando una purga en todos los puntos bajos, finales de la línea y derivaciones.
- A pesar de contener accesorios de tratamiento del aire, como secadores o refrigeradores posteriores y filtros, se han de seguir las pautas anteriores indicadas por posibles averías de estos accesorios.

Además de una correcta distribución de las tuberías, se ha de seleccionar el tipo de tubería a instalar. Los tipos de materiales para las tuberías de aire comprimido son:

- Acero negro: son las más utilizadas por su reducido coste y buena durabilidad. El inconveniente es que con el tiempo se corroen si están expuestos a la humedad condensada. Esta corrosión repercute en la calidad del aire aumentando las partículas sólidas. Es necesario mano de obra profesional para sus soldaduras.
- Acero inoxidable: son más ligeras que las tuberías de acero negro. Debido a su mayor ligereza tiene menor coste en la mano de obra, pero sigue necesitando mano de obra especializada para sus soldaduras. El coste de material es superior al del acero negro pero su gran ventaja es que es resistente a la corrosión.
- Cobre: material ligero y resistente a la corrosión. Tiene buena flexibilidad y necesita de personal altamente capacitado. El inconveniente es que es un material caro.
- Aluminio: es un material muy resistente a la corrosión y ligero. Al no tener corrosión tiene una superficie interna muy lisa, reduciendo las pérdidas de carga de la red de distribución. El coste de mano de obra es económico, ya que no es necesario personal experto en el montaje gracias a su elevada flexibilidad. El inconveniente del aluminio es su elevado coste frente a los aceros.

El acero negro se ha desestimado porque el aire tiene un porcentaje de humedad y puede condensar y corroer el material. El aluminio sería el material ideal si no fuera por su elevado coste, por lo que se descartará. El cobre no se seleccionará por ser un material más caro que el acero inoxidable, por lo que la elección ideal para la red de distribución del presente proyecto será el acero inoxidable.

Las tuberías serán montadas por soldadura a tope, ya que en la unión mediante rosca aparecerían fugas a lo largo del tiempo, a pesar de un buen montaje del elemento. Las tuberías serán visibles en todo su recorrido, ubicándolas sobre soportes metálicos sujetos a paredes y muros. Cuando atraviere paredes o forjados se dispondrá un manguito para muros de acero galvanizado, con una holgura de 10 mm

como mínimo, rellenándose el espacio interior con estopada hasta 25 mm de cada borde de la pared y con masilla plástica el resto, hasta enrasar con la superficie externa de la pared. Las derivaciones se efectuarán mediante piezas en T. Al principio de cada derivación se añadirá una válvula de compuerta para cortar el flujo en dicha derivación si fuera necesario. Se añadirán válvulas de mariposa en los tramos necesarios para dirigir el caudal de aire. Las abrazaderas deben fijarse fijamente alrededor de la tubería, pero con una holgura suficiente para permitir dilataciones y contracciones. Se instalará una abrazadera por cada 3 metros de longitud de tubería. Se instalarán purgadores para eliminar los condensados del aire comprimido al final de las derivaciones oportunas.

2.3.6 Válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad son válvulas que reducen la presión del sistema. La válvula se abre y expulsa el aire sobrante cuando llega a su presión de tarado. Se introducen en los compresores y en el depósito de acumulación para evitar una sobrepresión que pueda explotar el equipo en caso de avería. Como se observa en la figura 8 incluye un anillo de apertura manual para realizar periódicamente comprobaciones de su buen funcionamiento.

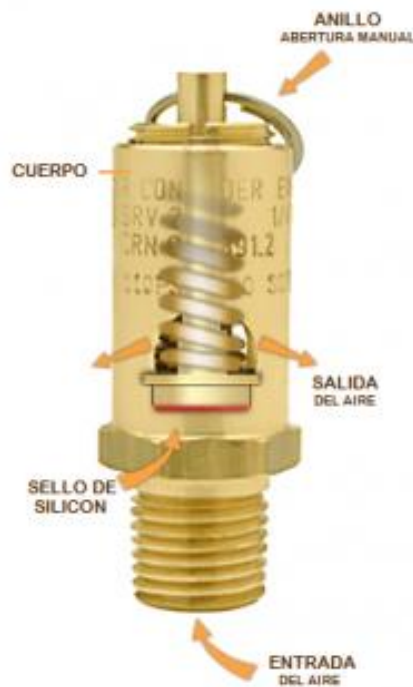


Ilustración 8 - Válvula de seguridad - Fuente: http://www.starline.com.mx/?page_id=2525

Se instalarán las siguientes válvulas de seguridad para los siguientes compresores:

Equipo	Marca	Válvula de seguridad				
		Marca	Tipo	Cantidad a instalar por compresor	Presión timbre (bar)	Evacuación de aire (Nm ³ /h)
Compresor ZH 15.1	Atlas Copco	Masoneilan	Seguridad resorte 1905JC	3	8,3	5.232
Compresor ZH 15.2	Atlas Copco	Rikfra	Seguridad SVCE212	3	8,3	4.909
Compresor ZH 1000	Ingersoll Rand	Nacional Safety Valves	Seguridad 3-5500	2	14	6.000

Tabla 3- Válvulas de seguridad instaladas

2.3.7 Elementos de medida

Los compresores tienen integrados sus propios elementos de medida. Tienen sus propios manómetros para saber en todo momento la presión de trabajo, termómetros para controlar la temperatura interior y un caudalímetro para control de flujo de aire necesario en cada momento de demanda.

Se tendrá una sala expresamente al control de la producción de aire comprimido de la línea de montaje. Esta sala se denominará sala de control. Los compresores están diseñados para tener acoplamientos de accionamiento que servirá para el control electrónico de todos los parámetros de medida del compresor. El sistema electrónico es un equipo inteligente para monitorear estos parámetros.

El sistema electrónico permite controlar los siguientes parámetros desde la sala de control:

- Presión de producción.
- Presión de red.
- Velocidad del aire.
- Temperatura y humedad.
- Energía absorbida de los compresores.

Para el correcto funcionamiento del sistema electrónico (multicontrolador) se debe instalar más elementos de medida en la presente instalación. Para ello se deberá conectar el equipo electrónico a los parámetros del sistema de distribución (antes de los puntos de uso de los equipos neumáticos). Para la parte de suministro, que es la que se lleva a cabo en el presente proyecto, es suficiente conectar el sistema electrónico a los compresores, como en la figura 9.

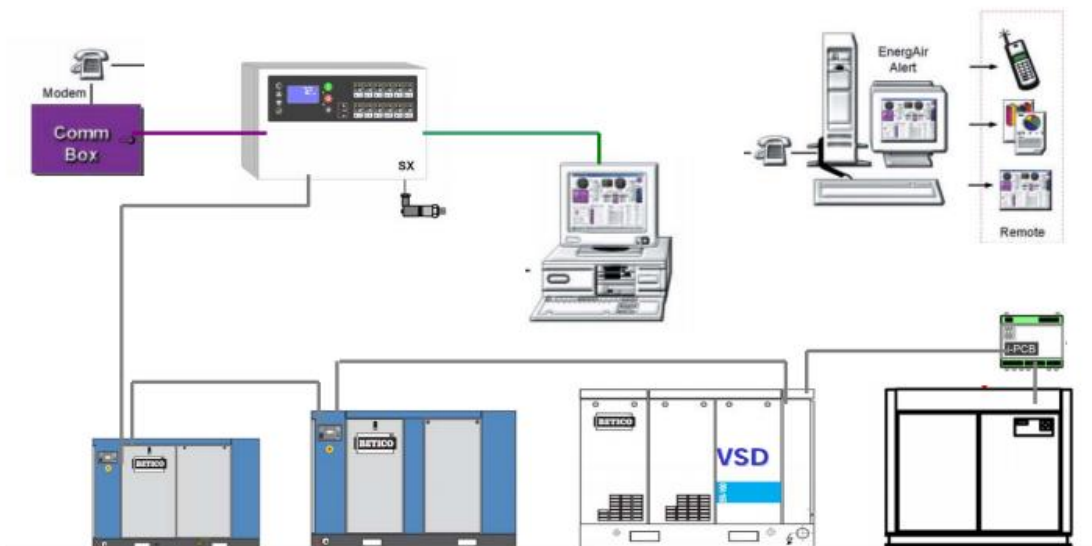


Ilustración 9 - Multicontrolador - Fuente: https://www.betico.com/adjuntos/beticoProductos/15_adjunto.pdf

El multicontrolador interactúa con el grupo de compresores enviándole órdenes tanto para arrancar, parar o variar su funcionamiento en marcha. También recibe información del compresor en todo momento, pudiendo avisar de cualquier anomalía del mismo. Con ello pueden trabajar todos los compresores simultáneamente a la misma presión que demande el sistema y así evitar consumos innecesarios, teniendo ventajas como:

- Reducción de la diferencia entre la presión máxima y mínima del sistema.
- Manteniendo los compresores necesarios en cada momento.
- Evitar funcionamiento de compresores en vacío.

Además, el multicontrolador contiene un programa para compresores de similares potencias, que tiene la rotación de compresores temporizadas para asegurar que todos los compresores tienen las mismas horas de trabajo, no se desgasten de manera desigual y tener un sistema más eficiente. También tiene un programa integrado de ahorro energético para calcular la cantidad de aire necesaria para mantener la presión fija en la red.

Por lo que el sistema electrónico, también llamado multicontrolador, proporciona una amplia visión del funcionamiento del conjunto de los compresores y de la instalación de la línea de montaje, para un posible estudio del sistema (mejoras de diseño, eficiencia energética...).

Se instalará un controlador maestro de aire comprimido de la marca KAESER COMPRESORES denominado SIGMA AIR MANAGER 4.0. La clase de precisión es de una tecnología de control 4.0. Capaz de regular hasta 16 compresores.

3. CÁLCULOS

3.1 Condiciones de diseño

Las condiciones de diseño son todas aquellas que pueden afectar al dimensionamiento de las máquinas. Por lo que va a ser necesario conocer las condiciones ambientales para el correcto dimensionamiento de los equipos.

Los parámetros más importantes a conocer son la presión ambiental, humedad relativa y temperatura. Estos parámetros influyen en la generación de aire comprimido y en el trabajo de los compresores de distintas maneras:

- **Presión:** los compresores trabajan con presión manométrica, por lo que la relación de compresión será la misma que en las especificaciones de los catálogos. Por tanto, a mayor presión ambiental se necesitará menos trabajo del compresor, ya que trabaja con incrementos de presión, y a menor presión ambiental necesitará mayor trabajo.
- **Humedad:** donde más repercute la humedad en una instalación de aire comprimido es en el compresor. El aire contiene un porcentaje de humedad en él. Al comprimir el aire se eleva la temperatura y la presión, lo que al enfriarse posteriormente en el depósito y tuberías de distribución produce una condensación perjudicial para la instalación. Por lo que es necesario retirar parcial o totalmente esa humedad contenida después de comprimir el aire. La humedad retirada es aire que se ha comprimido y no se aprovecha. Este aire malgastado es energía desaprovechada del sistema.
- **Temperatura:** a mayor temperatura, más volumen ocupa un gas y mayor resistencia ofrecen las partículas al comprimirlas. Por lo que, a mayor temperatura, mayor trabajo se necesitará para la compresión.

Ya que la instalación está situada en Denia, Alicante, se expone la siguiente tabla con las principales condiciones ambientales:

Presión ambiental	1,016	bar
Temperatura (max/min)	35,38 / 4,7	°C
Humedad relativa (max/min/media)	98 / 16,73 / 64,7	%

Tabla 4- Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales nombradas anteriormente han de tenerse en cuenta para normalizar las cantidades de flujo que se desea en aire libre. Los catálogos proporcionan normalmente los valores de caudal en aire libre ($\frac{Nm^3}{min}$), que corresponde a un caudal en m^3/min en condiciones normales.

Las condiciones ambientales normales según la norma ISO R 554 son de $T=20^\circ C$ a una presión de 1,013 mbar y con una humedad relativa del 65%.

3.2 Programa de necesidades de equipos

3.2.1 Aire requerido

3.2.1.1 Coeficientes de utilización y simultaneidad

El coeficiente de utilización es el coeficiente o factor de los equipos neumáticos por puesto de trabajo o, dicho de otra manera, el porcentaje de tiempo empleado de cada equipo neumático en un periodo determinado. En este caso el coeficiente de utilización es igual a 1, ya que la línea de montaje va a estar en funcionamiento las veinticuatro horas al día, para no parar el sistema de producción en ningún momento y aprovechar al máximo la producción.

$$C_u = 1 \quad [1]$$

El coeficiente de simultaneidad es el coeficiente que estudia cuantas máquinas neumáticas simultáneamente pueden estar en marcha en la producción. Es decir, si la industria va a usar toda la maquinaria al mismo tiempo o se van alternando a lo largo de su producción. En este caso el coeficiente vuelve a ser 1, ya que el caudal necesario de la línea de montaje es constante.

$$C_S = 1 \quad [2]$$

Por lo que los coeficientes de utilización y simultaneidad no afectarán al caudal requerido de esta instalación.

3.2.1.2 Caudal

Las necesidades de la línea de montajes de automóviles son de 50.000 Nm^3/h para el lado de baja presión a 7 bar y de 16.000 Nm^3/h de alta presión a 12 bar.

$$Q_{teórico-baja\ presión} = 50.000 \frac{Nm^3}{h} \quad [3]$$

$$Q_{teórico-alta\ presión} = 16.000 \frac{Nm^3}{h} \quad [4]$$

Para calcular el caudal total que se debe producir de los compresores se ha tener en cuenta las pérdidas de aire del sistema por fugas y los posibles futuros requerimientos.

Las pérdidas de aire por fugas, en la práctica no se pueden suprimir. Las pérdidas de las instalaciones con grandes caudales como es el caso, se valoran entre un 5-10 % del aire producido. Teniendo en cuenta que la instalación se deteriora con los años y cada vez habrá más fugas en la instalación, se escogerá un 10% de pérdidas de aire por fugas para garantizar siempre el aire comprimido necesario de la presente línea de montajes.

$$Q_{fugas-baja\ presión} = 0,1 * Q_{teórico-baja\ presión} = 0,1 * 50.000 = 5.000 \frac{Nm^3}{h} \quad [5]$$

$$Q_{fugas-alta\ presión} = 0,1 * Q_{teórico-alta\ presión} = 0,1 * 16.000 = 1.600 \frac{Nm^3}{h} \quad [6]$$

Los posibles futuros requerimientos que se han de tener en cuenta, pueden ser picos de demanda puntuales o posibles futuras ampliaciones en las que se tengan que incluir más sistemas neumáticos. Se valorará como un 20% del caudal teórico solicitado:

$$Q_{requerimientos-baja\ presión} = 0,2 * Q_{teórico-baja\ presión} = 0,2 * 50000 = 10.000 \frac{Nm^3}{h} \quad [7]$$

$$Q_{requerimientos-alta\ presión} = 0,2 * Q_{teórico-alta\ presión} = 0,2 * 16000 = 3.200 \frac{Nm^3}{h} \quad [8]$$

Por lo que el caudal total que tienen que aportar los compresores, sería la suma del caudal teórico, caudal de fugas y el caudal de requerimientos:

$$Q_{total-baja\ presión} = Q_{requeri.-baja\ presión} + Q_{fugas-baja\ presión} + Q_{teórico-baja\ presión}$$

$$Q_{total-baja\ presión} = 10.000 + 5.000 + 50.000 = 65.000 \frac{Nm^3}{h} \quad [9]$$

$$Q_{total-alta\ presión} = Q_{requeri.-alta\ presión} + Q_{fugas-alta\ presión} + Q_{teórico-alta\ presión}$$

$$Q_{total-alta\ presión} = 3.200 + 1.600 + 16.000 = 20.800 \frac{Nm^3}{h} \quad [10]$$

3.2.1.3 Pérdidas de presión

La presión de salida del aire del compresor no es la misma que la del punto de aplicación. Esto se debe a que entre el compresor y el punto de aplicación se encuentran elementos que pierden presión en su proceso. Estos elementos que impiden conseguir toda la energía de presión producida dependen de los depósitos de aire instalados, las unidades de tratamiento de aire después de los compresores y la red de distribución de tuberías.

Una instalación que no tenga en cuenta la pérdida de presión y por lo tanto llegue menos presión que la nominal del equipo neumático, desaprovechará potencia y por lo tanto tendrá una bajada de rendimiento de la herramienta. Dicha bajada de rendimiento repercute en el aprovechamiento de la jornada laboral, que puede verse afectada considerablemente en la producción de la línea de montaje y con ello descender las ganancias de la producción.

La figura 10 demuestra lo anteriormente nombrado con una herramienta de presión nominal a 7 bar. Se puede observar que el máximo rendimiento se obtiene entre 6-7 bar. Y que mientras más descienda la presión del sistema, menor rendimiento se obtendrá. También se delimita una zona de funcionamiento óptimo, donde se aceptan que las instalaciones con poco mantenimiento o antiguas, tengan una mayor caída de presión.

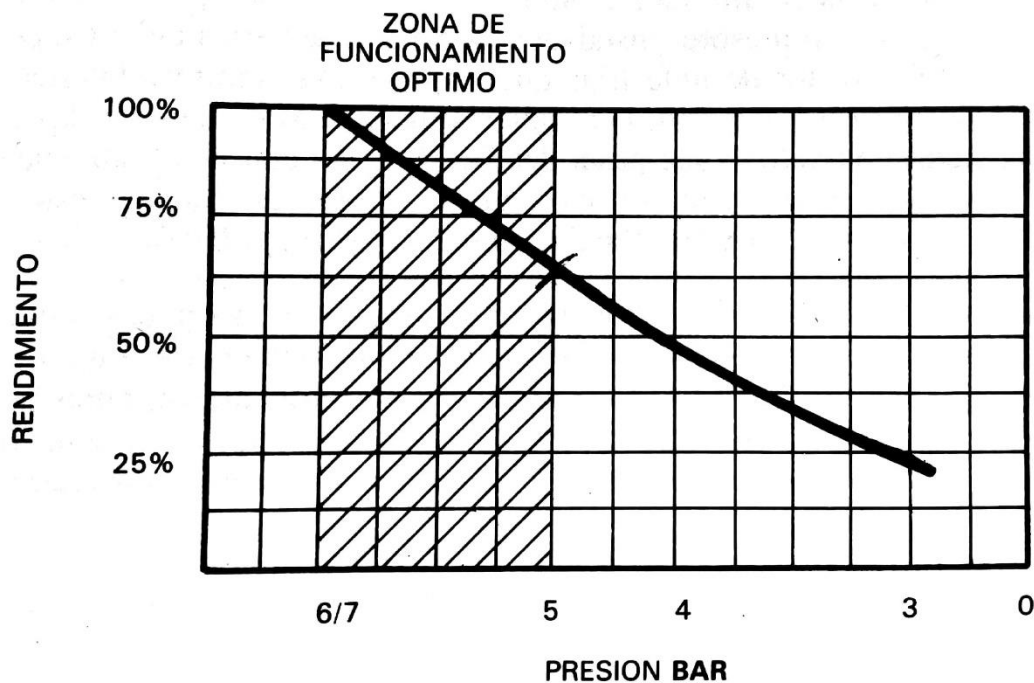


Ilustración 10 – Rendimiento en función de la presión - De Enrique Carnicer Royo (1991). Aire comprimido Teoría y cálculo de las instalaciones

El proyecto actual que se está llevando a cabo, consta desde el compresor hasta la salida del edificio de máquinas. Por lo que no se puede considerar la instalación como una instalación completa de aire comprimido, ya que no se define hasta el punto de consumo. Esto supone un problema para el cálculo exacto de la instalación, pero se puede solucionar admitiendo unas pérdidas de carga que garanticen las presiones necesarias.

En la práctica y teniendo en cuenta la gran cantidad de demanda del presente proyecto, se acepta que las pérdidas sean entre un 5-10% de la presión de trabajo. También se tendrá que tener en cuenta que

las herramientas a sus puntos nominales de presión exactos o levemente por encima están sometidos a vibraciones que dificultan la comodidad de los operadores. Por lo que, si se quiere alcanzar las presiones demandadas en los puntos de aplicación y facilitar la comodidad de los operadores, se escogerá unas pérdidas de carga de un 8 % de la instalación para garantizar las presiones demandadas.

Por lo tanto, los compresores de alta y baja presión han de producir:

$$p_{\text{compr-baja presión}} = 7 * 1,08 = 7,56 \text{ bar} \quad [11]$$

$$p_{\text{compr-alta presión}} = 12 * 1,08 = 12,96 \text{ bar} \quad [12]$$

3.2.2 Calidad del aire requerido en los equipos

Lo primero que se tiene que observar en una instalación de aire comprimido es la calidad del aire que va a ser necesaria para la industria. Según la aplicación del aire comprimido y de los equipos neumáticos en funciones, se necesitará un aire más limpio que otro.

La calidad del aire dependerá del nivel de contaminación que pueda contener el aire en sí. La contaminación del aire depende de tres factores:

- La aspiración del aire (partículas atmosféricas, humedad del aire, vapores...).
- Del compresor (partículas de desgaste, aceite...).
- De las tuberías que transporta el aire (óxidos, restos de soldadura...).

Un aire comprimido contaminado puede llegar a averiar el buen funcionamiento de los equipos neumáticos. No solo estropeará los equipos neumáticos, también puede ocasionar desperfectos en las piezas a fabricar que obliguen a descartarlos de la producción. Por lo que se recomienda en todos los casos incluir un tratamiento de aire. Este tratamiento de aire aumentará el presupuesto del proyecto, pero a la larga saldrá económicamente positivo ya que alargará la vida útil de los equipos neumáticos y podrá aprovecharse la máxima producción posible.

Según PNEUROP 6611/1984, se puede clasificar el aire en distintas aplicaciones. En este caso se identificará cada uso de los equipos neumáticos para su aplicación con la figura 11 y se acabará escogiendo los parámetros más restrictivos para así garantizar la calidad de todos los equipos neumáticos:

- Aire para trabajos generales: robots neumáticos.
- Transporte de sustancias pulverizadas: aplicaciones de pintura.
- Herramientas de mecanizado: corte y soldadura, herramientas neumáticas.
- Aire de almacenamiento: inflado de neumáticos.

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

Sabiendo las áreas de trabajo de cada punto de consumo, se puede determinar con la figura 11 a qué clase de calidad pertenece cada una. Por ejemplo, para las áreas de trabajo de robots neumáticos, se seleccionará aire para trabajos generales y con ellos se puede determinar la clase de calidad de:

- Sólidos: 4.
- Agua: 4.
- Aceite: 5.

Con la clase de calidad de cada elemento clara, se ha de ir a la figura 11 y se observará:

- Tamaño máximo de partícula de 40 μm .
- Densidad partícula sin especificar.
- Punto de rocío a máxima presión de +10 $^{\circ}\text{C}$.
- Contenido máximo de aceite es de 25 mg/m^3 .

Calidades recomendadas para diferentes aplicaciones			
Aplicación	Clase de calidad		
	Sólidos	Agua	Aceite
Aire de agitación	3	5	3
Aire de almacenamiento	2	2	3
Aire de medición	2	3	3
Motores neumáticos grandes	4	4-1	5
Motores neumáticos pequeños	3	3-1	3
Turbinas de aire	2	2	3
Máquinas de calzado	4	4	5
Máquinas para áridos y vidrio	4	4	5
Limpieza de máquinas	4	4	4
Construcción civil	4	5	5
Transporte de sustancias granulares	3	4	3
Transporte de sustancias pulverizadas	2	3	2
Circuitos de energía fluidica	4	4	4
Sensores fluidicos	2	2-1	2
Máquinas de fundición	4	4	5
Transporte de alimentos y bebidas	2	3	1
Dispositivos industriales manuales	4	5-4	5-4
Herramientas de mecanizado	4	3	5
Minería	4	5	5
Máquinas textiles y de embalaje	4	3	3
Procesamiento de fotografía	1	1	1
Cilindros neumáticos	3	3	5
Controladores de presión	3	2	3
Dispositivos de control de procesos	2	2	3
Martillos perforadores	4	5-2	5
Plantas de arenado	-	3	3
Pistolas atomizadoras	3	3-2	3
Máquinas de soldar	4	4	5
Aire para trabajos generales	4	4	5

Los valores indicados en la tabla, son sólo valores de referencia. En algunos casos se pueden aplicar varias clases simultáneamente. Al localizar las clases se deben considerar las condiciones ambientales —especialmente al seleccionar el punto de rocío.

Tamaño máximo y densidad de partículas

Clase	Tamaño partícula μm	Densidad partícula mg/m^3
1	0,1	0,1
2	1	1
3	5	5
4	40	sin especificar

1. El tamaño de partícula está basado en la relación de filtración BN = 20.
2. Los metros cúbicos (m^3) están referidos al aire atmosférico libre, normalmente a condiciones atmosféricas estandarizadas.

Punto de rocío a presión (valores máximos)

Clase	Punto de rocío $^{\circ}\text{C}$
1	- 40 $^{\circ}\text{C}$
2	- 20 $^{\circ}\text{C}$
3	+ 2
4	+ 10
5	sin especificar

Puntos de rocío bajos deben ser prescritos expresamente.

Contenido máximo de aceite

Clase	mg/m^3
1	0,01
2	0,1
3	1,0
4	5
5	25

m^3 referidos a aire atmosférico.

Para mejor entendimiento a continuación se especifican valores típicos de contenido de aceite producidos por los compresores más comunes:

- Compresor de tornillo exento de aceite: 0,001-0,01 mg/m^3
- Compresor de tornillo lubricado: 2 - 15 mg/m^3
- Compresor de pistón lubricado: 2 - 10 mg/m^3
- Compresor de pistón exento de aceite: 0,001- 0,01 mg/m^3
- Compresor rotativo (paletas): 10 - 100 mg/m^3

Ilustración 11 - Calidades del aire - De Enrique Carnicer Royo (1977). Aire comprimido Teoría y cálculo de las instalaciones

Por temas de privacidad del presente proyecto se desconoce el uso específico del aire producido. Se ha demandado exclusivamente la parte de suministro de la instalación, por lo que únicamente habrá que tener precaución para que los equipos instalados de la parte de suministro tengan un buen funcionamiento y no se vean dañados por un aire contaminado.

3.3 Dimensionado de la red de distribución

Una instalación de aire comprimido consta de tres tipos diferentes de tuberías:

- **Tuberías principales:** son las tuberías que salen del depósito de acumulación y conllevan el máximo caudal de la instalación. Son tuberías con mayor sección de la red de distribución y deben tener un margen de seguridad para posibles ampliaciones de la línea de montaje. Este margen de seguridad se ha de tener en cuenta en el caudal total a aportar.
- **Tuberías secundarias:** son las tuberías que reciben el aire de las tuberías principales y desembocan a las tuberías de servicio. En las tuberías secundarias se ramifica el aire de las tuberías principales hacia las áreas de trabajo.
- **Tuberías de servicio:** son las tuberías que dan servicio a los equipos neumáticos. Contienen mangueras de aire, grupo de filtro-regulador-engrasador y son las tuberías más específicas que se tienen que adecuar a cada proceso industrial.

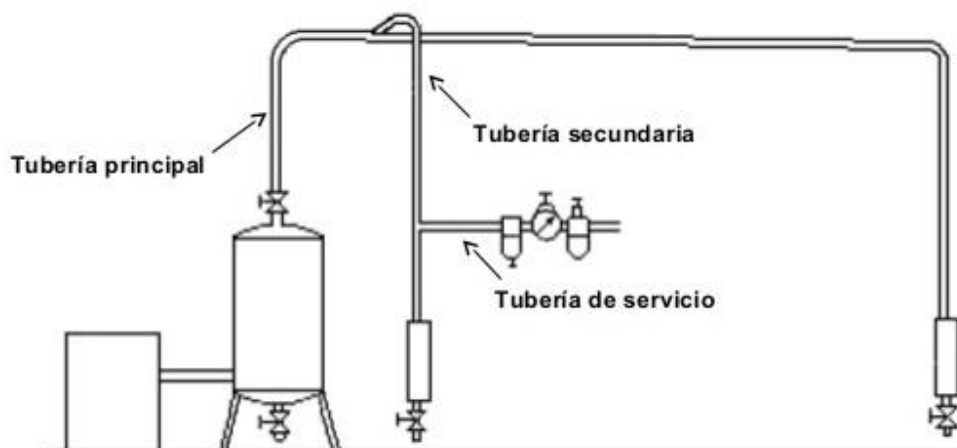


Ilustración 12 - Tipos de tubería - Fuente: <https://es.slideshare.net/carlcox/neumatica-semanas-1-y-2>

En esta instalación de aire comprimido, al solo diseñar la sala de máquinas, no se ha de llegar a ramificar el aire comprimido hacia los puntos de consumo. Por lo que no será de la competencia del presente proyecto diseñar las tuberías secundarias y de servicio. Se diseñarán únicamente las tuberías principales.

Usualmente en las instalaciones de aire comprimido para el dimensionamiento de la red de distribución, se tiene que elegir la topología de la red (circuito cerrado, abierto...). Repitiendo el mismo argumento que el párrafo anterior, no será de la competencia del presente proyecto, ya que se lleva a cabo a partir de las tuberías secundarias.

Para el diseño de las tuberías se ha de tener en cuenta que se buscará un diseño minimizando la longitud total de las tuberías para que tenga la mínima pérdida de presión. También hay que tener en cuenta que tiene que ser lo más lineal posible, ya que los codos y las curvaturas presentan una pérdida de presión adicional para el sistema. El sobredimensionamiento desde el punto de vista de la producción es positivo, ya que garantiza una caída de presión menor y la tubería actuaría como depósito de aire.

Una de las condiciones principales adicionales para el correcto dimensionamiento es la velocidad del aire comprimido. De la ecuación de Darcy-Weisbach se sabe que las pérdidas de carga de la tubería están relacionadas con la velocidad al cuadrado:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad [13]$$

Por lo que, al aumentar la velocidad se observa que las pérdidas de carga aumentarían. Para las canalizaciones de tipo industrial la velocidad máxima admisible del aire comprimido es de $15 \frac{m}{s}$.

Para comenzar se ha calcular el diámetro mínimo necesario para la tubería principal. Para ello se utilizará el modelo matemático basado en la Fórmula de Renouard:

$$\Delta p = \frac{C_{Rc} * \rho_r * L_{eq} * Q^{1.82}}{2 * P_n * D^{4.82}} \quad [14]$$

Siendo:

- Δp : presiones absolutas iniciales y finales de las tuberías.
- C_{Rc} : coeficiente de Renouard que es igual a 48.6.
- ρ_r : densidad relativa del gas.
- L_{eq} : longitud equivalente de la tubería en total.
- Q : caudal en Nm^3/h .
- P_n : presión nominal del compresor en bar.
- D : diámetro interior en m.

Se puede apreciar que para sacar el diámetro de la ecuación faltaría obtener el valor de la caída de presión máxima y la longitud equivalente total de la tubería principal. Despejando el valor del diámetro obtenemos:

$$D = \left(\frac{C_{Rc} * \rho_r * L_{eq} * Q^{1,82}}{2 * P_n * \Delta p} \right)^{\frac{1}{4,82}} \quad [15]$$

Las pérdidas de presión en la instalación, como se ha comentado anteriormente en el punto 3.2.1.3, es del 8 % de la producida por el compresor. La máxima pérdida de carga admisible a través de las tuberías es del 2%, siendo el 6% restante el resto de elementos de la instalación. Por lo que las caídas de presión máxima a través de las tuberías son:

$$p_{pérd.tub.-baja presión} = p_{compr-baja presión} * 0,02 = 7,56 * 0,02 = 0,1512 \text{ bar} \quad [16]$$

$$p_{pérd.tub.-alta presión} = p_{compr-alta presión} * 0,02 = 12,96 * 0,02 = 0,2592 \text{ bar} \quad [17]$$

En primera aproximación igualaremos las pérdidas por presión en todos los tramos proporcionalmente y seleccionaremos la longitud real como la equivalente, para así obtener el diámetro y con ello el diámetro nominal:

Tramo	L real (m)	Pn (bar)	Q (Nm ³ /h)	Pa - Pb (bar)	D (mm)	Dn (mm)
1-2	18	7,56	14374	0,011630769	217,1870837	219,1
3-4	13	7,56	14374	0,011630769	203,0077383	204
5-6	13	7,56	12248	0,011630769	191,1019631	204
7-8	18	7,56	40996	0,011630769	322,6270963	323
9-10	19	7,56	12248	0,011630769	206,7560116	219,1
11-12	40	7,56	40996	0,011630769	380,757486	406
13-14	28	7,56	12248	0,011630769	224,0767642	254
15-16	18	7,56	14374	0,011630769	217,1870837	219,1
17-18	13	7,56	14374	0,011630769	203,0077383	204
19-20	13	7,56	12248	0,011630769	191,1019631	204
21-22	18	7,56	28748	0,011630769	282,1635571	304
23-24	10	7,56	28748	0,011630769	249,7697395	254
25-26	8	7,56	40996	0,011630769	272,6678458	273
27-28	16	12,96	9065	0,037028571	125,232352	129
29-30	16	12,96	9065	0,037028571	125,232352	129
31-32	16	12,96	9065	0,037028571	125,232352	129
33-34	18	12,96	18130	0,037028571	166,7231939	273
L3	4	12,96	2800	0,037028571	60,27760673	63,5
L4	11	12,96	2800	0,037028571	74,35391874	76,1
35-36	18	12,96	23730	0,037028571	184,5596086	204

Tabla 5-Primera aproximación para obtener los diámetros nominales de cada tramo

Una vez obtenido el diámetro nominal podemos obtener la longitud equivalente de los accesorios, multiplicando el diámetro nominal obtenido por su respectivo valor de la figura 13:

Accesorio	Longitud equivalente (L/D)
Válvula de globo, totalmente abierta	340
Válvula de ángulo, totalmente abierta	150
Válvula de compuerta, totalmente abierta	8
Válvula de compuerta, $\frac{1}{2}$ abierta	35
Válvula de compuerta, $\frac{3}{4}$ abierta	160
Válvula de compuerta, $\frac{9}{10}$ abierta	900
Válvula de verificación – tipo giratorio	100
Válvula de verificación – tipo giratorio	150
Válvula de mariposa – completamente abierta	45
Codo de 90° normal	30
Codo de 90° de radio largo	20
Codo de calle de 90°	50
Codo de 45° normal	16
Codo de calle de 45°	26
Codo de retroceso (codo en U)	50
Te estándar – con flujo a través de un tramo	20
Te estándar - con flujo a través de una rama	60

Ilustración 13-Longitud equivalente

Al disponer de la longitud equivalente y el diámetro nominal de cada tramo, nos disponemos a comprobar si cumplen la condición de velocidad máxima y caída de presión máxima:

Tramo	L (m)	Dn (mm)	Leq (m)	Pa-Pb (bar)	v (m/s)
1-2	18	219,1	42,7583	0,026484999	14,0208503
3-4	13	204	31,972	0,027940114	16,1733048
5-6	13	204	31,972	0,020879279	13,781177
7-8	18	323	63,22	0,04062303	18,4000035
9-10	19	219,1	55,3706	0,02562985	11,9470832
11-12	40	406	80,6	0,01719941	11,6458417
13-14	28	254	38,16	0,008663093	8,88953841
15-16	18	219,1	42,7583	0,026484999	14,0208503
17-18	13	204	31,972	0,027940114	16,1733048
19-20	13	204	31,972	0,020879279	13,781177
21-22	18	304	48,4	0,021834591	14,5660547
23-24	10	254	30,32	0,032522286	20,8651576
25-26	8	273	13,46	0,019454276	25,7571411
27-28	16	129	30,577	0,061342737	14,8794421
29-30	16	129	27,997	0,056166812	14,8794421
31-32	16	129	27,997	0,056166812	14,8794421
33-34	18	273	45,3	0,008651263	6,64462951
L3	4	63,5	5,27	0,037955101	18,9674453
L4	11	76,1	12,522	0,037690209	13,206477
35-36	18	204	34,32	0,043568542	15,5752729

Tabla 6- Verificación de condiciones

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

La suma total de las pérdidas de presión de la acometida de baja es igual a 0,3165 bar y la de la acometida de alta de 0,30154.

Observamos que se excede en algunos tramos el límite de velocidad máxima de 15 m/s y que se sobrepasa la máxima pérdida de carga admisible tanto para alta, como baja presión. Por lo que se tendrá que aumentar el diámetro nominal de los tramos críticos hasta que cumplan las condiciones.

En la tabla 7, se exponen los resultados finales obtenidos:

Tramo	L (m)	Dn (mm)	Leq (m)	Pn (bar)	Q (Nm ³ /h)	Pa-Pb (bar)	v (m/s)
1-2	18	254	42,7583	7,56	14374	0,012989657	10,4325788
3-4	13	254	31,972	7,56	14374	0,009712859	10,4325788
5-6	13	254	31,972	7,56	12248	0,007258291	8,88953841
7-8	18	406	63,22	7,56	40996	0,013490654	11,6458417
9-10	19	254	55,3706	7,56	12248	0,012570247	8,88953841
11-12	40	406	80,6	7,56	40996	0,01719941	11,6458417
13-14	28	254	38,16	7,56	12248	0,008663093	8,88953841
15-16	18	254	42,7583	7,56	14374	0,012989657	10,4325788
17-18	13	254	31,972	7,56	14374	0,009712859	10,4325788
19-20	13	254	31,972	7,56	12248	0,007258291	8,88953841
21-22	18	304	48,4	7,56	28748	0,021834591	14,5660547
23-24	10	304	30,32	7,56	28748	0,013678198	14,5660547
25-26	8	406	13,46	7,56	40996	0,002872259	11,6458417
27-28	16	154	30,577	12,96	9065	0,026118948	10,44058
29-30	16	129	27,997	12,96	9065	0,056166812	14,8794421
31-32	16	129	27,997	12,96	9065	0,056166812	14,8794421
33-34	18	219,1	45,3	12,96	18130	0,024973949	10,3159994
L3	4	73	5,27	12,96	2800	0,019383104	14,3519387
L4	11	73	12,522	12,96	2800	0,04605602	14,3519387
35-36	18	219,1	34,32	12,96	23730	0,0308812	13,5024085

Tabla 7-Resultados finales del cálculo de tuberías

La suma de todas las pérdidas de carga en baja presión es de 0,1502 y la de alta presión de 0,2591 cumpliendo así las máximas pérdidas de carga admisibles. También se puede observar en la tabla 7, que todas las velocidades de los tramos son admisibles, no sobrepasándose de la velocidad máxima permitida.

3.4 Selección de compresores

Para la línea de baja presión se ha de seleccionar tres compresores centrífugos ZH 15.1 que dan individualmente un caudal nominal de $14.374 \frac{Nm^3}{h}$ y dos compresor ZH 15.2 de caudal nominal $12.248 \frac{Nm^3}{h}$. Con estos cinco compresores se tendrá un caudal total de $67.618 \frac{Nm^3}{h}$ que satisface la demanda total de caudal de $65.000 \frac{Nm^3}{h}$.

Para la línea de alta presión se instalarán dos compresores centrífugos ZH 1000 que proporcionan un caudal de $9.065 \frac{Nm^3}{h}$ individualmente. Se añadirá un compresor Booster que reciba el aire comprimido de baja presión sobrante, con un caudal de $2.800 \frac{Nm^3}{h}$. Con estos tres compresores se tendrá un caudal total de $20.930 \frac{Nm^3}{h}$ satisfaciendo la demanda total de caudal de $20.800 \frac{Nm^3}{h}$.

Ya que la instalación estará las veinticuatro horas en funcionamiento, instalaremos compresores de reserva para posibles averías y maniobras de mantenimiento. También pueden servir para ir alternando los compresores desde la sala de control e ir dando descanso a los que estén en funcionamiento. Se instalará: un compresor ZH 15.1, un compresor ZH 15.2, un compresor Booster y un compresor ZH 1000 para tener repuesto de los tipos de compresores instalados.

3.5 Selección de unidades de tratamiento de aire

Al comprimir el aire repercute en la cantidad de vapor que puede retener. A la salida del compresor el aire sale a mayor temperatura y mayor presión. Un aumento de temperatura en el aire, significaría aumentar la humedad de saturación (máxima cantidad de vapor de agua que puede contener en una cantidad de aire) y un aumento de presión significaría un descenso de la cantidad de vapor que puede retener.

El aumento de temperatura de la compresión evita que el aire se condense en el proceso. Pero posteriormente, gracias a la red de distribución de la instalación habrá una caída de temperaturas que conllevará a un desprendimiento de agua líquida. Este desprendimiento es inaceptable por lo que se debe tener un tratamiento de aire a la salida del compresor.

El tratamiento necesario a la salida del compresor es disponer de un secador, un depósito si fuera necesario y unos filtros finales para asegurar la calidad de aire necesaria en cada punto de aplicación, pero como se ha comentado anteriormente, los filtros finales no se van a proyectar en esta instalación ya que pertenece a la parte de distribución.

Se seleccionará para el lado de baja presión una cantidad de ocho secadores Atlas Copco con un caudal de $14.400 \frac{Nm^3}{h}$ y para el lado de alta presión tres secadores Ingersoll-Rand con un caudal de $9.600 \frac{Nm^3}{h}$ para tratar el aire de cada compresor individualmente.

Para los compresores Booster no será necesario secadores, ya que han pasado anteriormente por los secadores de baja presión y ya ha sido eliminada la humedad del aire. Lo que sí se necesitará es un depósito de acumulación, ya que el depósito que llevan integrado estos compresores es de muy poco valor.

3.6 Cálculo de válvulas de seguridad

Se ha de justificar que las válvulas de seguridad no tengan una sobrepresión superior al 10 % de la presión de servicio:

$$p_{\text{tarado máx-baja presión}} = p_{\text{servicio-baja presión}} * 1,1 = 7,56 * 1,1 = 8,316 \text{ bar} \quad [18]$$

$$p_{\text{tarado máx-alta presión}} = p_{\text{servicio-alta presión}} * 1,1 = 12,96 * 1,1 = 14,256 \text{ bar} \quad [19]$$

Se dispone de válvulas de seguridad taradas para baja presión de 8,3 bar y para alta presión de 14 bar, por lo que cumplen la sobrepresión de tarado establecido.

La siguiente condición es expulsar todo el caudal de aire comprimido producido por cada compresor individualmente. Por lo que se tendrá que ver cuántas válvulas de seguridad en cada unidad compresora ha de instalarse:

- Compresor centrífugo ZH 15.1: 3 válvulas Masoneilan por cada unidad compresora.

$$Q_{\text{expulsado-Masoneilan}} = Q_{\text{Masoneilan}} * 3 = 5.232 * 3 = 15.696 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} > 14.374 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \quad [20]$$

- Compresor centrífugo ZH 15.2: 3 válvulas Rikfra por cada unidad compresora.

$$Q_{\text{expulsado-Rikfra}} = Q_{\text{Rikfra}} * 3 = 4.909 * 3 = 14.727 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} > 12.248 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \quad [21]$$

- Compresor centrífugo ZH 1000: 2 válvulas Nacional Safety Valves por cada unidad compresora.

$$Q_{\text{expulsado-Nacional}} = Q_{\text{Nacional}} * 2 = 6.000 * 2 = 12.000 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} > 9.065 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \quad [22]$$

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

PLIEGO DE CONDICIONES

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 Generalidades

4.1.1 *Ámbito de aplicación*

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones receptoras de aire comprimido, cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente proyecto.

4.1.2 *Legislación aplicada*

Las obras del Proyecto, además de lo presentado en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 97/23/CE, relativa a los equipos a presión.
- Real Decreto 1495/1991, de 11 de octubre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 87/404/CEE, sobre recipientes a presión simples.
- Real Decreto 222/2001, de 2 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva 1999/36/CE, del Consejo, de 29 de abril, relativa a equipos a presión transportables.
- Normas Particulares del Fabricante de Equipos a presión.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

4.1.3 Requisitos exigidos a la empresa instaladora

La empresa instaladora estará obligada a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Asimismo, deberá suministrar lo necesario para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo asegurando las condiciones de seguridad necesarias.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal. Los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata (empresa instaladora) están obligados a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, guantes, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir a la empresa instaladora en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

La empresa instaladora mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros.

4.3 Normas de ejecución de la instalación

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, con las siguientes condiciones.

4.3.1 Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

4.3.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

4.3.3 Condiciones generales

El Contratista deberá suministrar todos los equipos y materiales indicados en los Planos, de acuerdo al número, características, tipos y dimensiones definidos en las Mediciones y, eventualmente, en los cuadros de características de los Planos.

En caso de discrepancias de cantidades entre Planos y Mediciones, tendrá preferencia lo que esté indicado en los Planos. En caso de discrepancias de calidades, este Documento tendrá preferencia sobre cualquier otro.

En caso de dudas sobre la interpretación técnica de cualquier documento del Proyecto, el criterio de la Dirección de Obra predominará.

Los materiales complementarios de la instalación, usualmente omitidos en Planos y Mediciones, pero necesarios para el correcto funcionamiento de la misma, como oxígeno, acetileno, electrodos, minio, pinturas, patillas, estribos, manguitos para muros, estopa, cáñamo, lubricantes, bridas, tornillos, tuercas, amianto, toda clase de soportes, etc..., deberán considerarse incluidos en los trabajos a realizar.

Todos los materiales y equipos suministrados por el Contratista deberán ser nuevos y de la calidad exigida por este proyecto, salvo cuando se especifique la utilización de material usado.

La oferta incluirá el transporte de los materiales a pie de obra, así como la mano de obra para el montaje de materiales y equipos. Para las pruebas de recepción se equipará con las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida.

El Contratista suministrará también los servicios de un Técnico competente que estará a cargo de la instalación y será el responsable ante la Dirección Facultativa o Dirección de Obra, o la persona delegada, de la actuación de los técnicos y operarios que llevarán a cabo la labor de instalar, conectar, ajustar, arrancar y probar cada equipo, sub-sistema y el sistema en su totalidad hasta la recepción.

La Dirección de Obra se reserva el derecho de pedir al Contratista, en cualquier momento, la sustitución del Técnico responsable, sin alegar justificaciones.

El Técnico presenciará todas las reuniones que la Dirección Facultativa programe en el transcurso de la obra y tendrá suficiente autoridad como para tomar decisiones en nombre del Contratista.

En cualquier caso, los trabajos objeto del presente Proyecto alcanzarán el objetivo de realizar una instalación completamente terminada, probada y lista para funcionar.

4.3.4 Planificación y coordinación

A los quince días de la adjudicación de la obra, el Contratista deberá presentar los plazos de ejecución de al menos las siguientes partidas principales de la obra:

- Planos definitivos, acopio de materiales y replanteo.
- Montaje y pruebas parciales de las redes de agua.
- Montaje de la sala de máquinas.

- Montaje cuadros eléctricos y equipos de control.
- Ajustes, puestas en marcha y pruebas finales.

Antes del comienzo de la obra, el Contratista efectuará un previo estudio detallado de los plazos de entrega de equipos, aparatos y materiales. Se colaborará con la Dirección de Obra para asignar fechas exactas a las distintas fases de la obra.

La coordinación con otros contratistas correrá a cargo de la Dirección de Obra o entidad delegada por la misma.

4.3.5 Acopio de materiales

De acuerdo con el plan de obra, el Contratista irá almacenando en el lugar seleccionado todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma ordenada según las necesidades.

Los materiales quedarán protegidos contra golpes, malos tratos y elementos climatológicos, en la medida que su naturaleza o valor económico lo exijan.

El Contratista quedará responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional. La vigilancia incluye también las horas nocturnas y los días festivos, si en el Contrato no se acuerda lo contrario.

La Dirección de Obra tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajo y a los lugares de almacenamiento de los materiales para su reconocimiento previo, pudiendo ser aceptados o rechazados según su calidad y estado, siempre que la calidad no cumpla con los requisitos exigidos por este proyecto y/o el estado muestre claros signos de deterioro.

Cuando algún equipo, aparato o material ofrezca dudas respecto a su origen, calidad, estado y aptitud para la función, la Dirección de Obra tendrá el derecho de recoger muestras y enviarlas a un laboratorio oficial, para realizar los ensayos necesarios con gastos a cargo del Contratista. Si el certificado obtenido es negativo, todo el material en mal estado será rechazado y sustituido, a expensas del Contratista, por material de la calidad exigida.

4.3.6 Inspección y medidas previas al montaje

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Contratista deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones.

En caso de discrepancias entre las medidas realizadas en obra y las que aparecen en Planos, que impidan la correcta realización de los trabajos de acuerdo a la Normativa vigente, el Contratista deberá notificar las anomalías a la Dirección de Obra para las correctas rectificaciones.

4.3.7 Planos, catálogos y muestras

Los Planos de Proyecto en ningún caso deben considerarse de carácter ejecutivo, sino solamente indicativo de la disposición general del sistema mecánico y del alcance del trabajo incluido en el Contrato.

Para la exacta situación de aparatos, equipos y conducciones el Contratista deberá examinar atentamente los planos y detalles del presente Proyecto.

El Contratista deberá comprobar que la situación de los equipos y el trazado de las conducciones no obstaculice con los elementos de otros contratistas. En caso de conflicto, la decisión de la Dirección de Obra será inapelable.

El Contratista deberá someter a la Dirección Facultativa dibujos detallados para su aprobación, a escala no inferior a 1:20, de equipos, aparatos, etc..., que indiquen claramente dimensiones, espacios libres, situación de conexiones, peso y la información necesaria para su correcta comprensión.

Los planos de detalle pueden ser sustituidos por folletos o catálogos del fabricante del aparato, siempre que la información sea suficientemente clara.

Ningún equipo o aparato podrá ser entregado en obra sin obtener la aprobación por escrito de la Dirección de Obra.

En algunos casos y a petición de la Dirección de Obra, el Contratista deberá entregar una muestra del material que pretende instalar antes de obtener la correspondiente aprobación.

El Contratista deberá someter los planos de detalle, catálogos y muestras a la aprobación de la Dirección de Obra con suficiente antelación para que no se interrumpa el avance de los trabajos de la propia instalación o de los otros contratistas.

La aprobación por parte de la Dirección Facultativa de planos, catálogos y muestras no excluye al Contratista de su responsabilidad en cuanto al correcto funcionamiento de la instalación se refiere.

4.3.8 Variaciones de proyecto y cambios de materiales

El Contratista podrá proponer, al momento de presentar la oferta, cualquier variante sobre el presente Proyecto que afecte al sistema y/o a los materiales especificados, debidamente justificada.

La aprobación de las variantes solicitadas por el Contratista queda a criterio de la Dirección de Obra, que las aprobará solamente si conllevan un beneficio económico de inversión y/o explotación para la instalación, sin perjudicar la calidad de la misma.

La Dirección de Obra evaluará, para la aprobación de las variantes, todos los gastos adicionales producidos por ellas, debidos a la consideración de la totalidad o parte de los Proyectos arquitectónico, estructural, mecánico y eléctrico y, eventualmente, a la necesidad de mayores cantidades de materiales requeridos por cualquiera de las otras instalaciones.

Las variaciones sobre el proyecto pedidas, por la Dirección de Obra durante el curso del montaje, que impliquen cambios de cantidades o calidades e, incluso, el desmontaje de una parte de la obra realizada, deberán ser efectuadas por el Contratista después de haber pasado una oferta adicional, que estará basada sobre los precios unitarios de la oferta y, en su caso, nuevos precios a negociar.

4.3.9 Cooperación con otros contratistas

El Contratista deberá cooperar plenamente con otras empresas, bajo la supervisión de la Dirección Facultativa, entregando toda la documentación necesaria a fin de que los trabajos transcurran sin interferencias ni retrasos.

Si el Contratista pone en obra cualquier material o equipo antes de coordinar con otros oficios, en caso de surgir conflictos deberá corregir su trabajo, sin cargo alguno para la Propiedad.

4.3.10 Protección

El Contratista deberá proteger todos los materiales y equipos de desperfectos y daños durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados. En particular, deberá evitar que los materiales aislantes puedan mojarse o, incluso, humedecerse.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta que no se proceda a su unión. Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc. Igualmente, si hay posibilidad de oxidación en las superficies mencionadas, éstas deberán recubrirse con pintura anti-oxidante, que deberá ser eliminada al momento del acoplamiento. Se tendrá especial cuidado hacia materiales frágiles y delicados, como aislantes, equipos de control, medida, etc..., que deberán quedar especialmente protegidos.

El Contratista será responsable de sus materiales y equipos hasta la Recepción Provisional de la obra.

4.3.11 Limpieza de la obra

Durante el montaje de sus instalaciones, el Contratista deberá apartar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de tuberías, conductos y materiales aislantes, embalajes, etc.

Al final de la obra deberá limpiar perfectamente cualquier suciedad de todas las unidades terminales, equipos de la sala de máquinas, instrumentos de medida y control y cuadros eléctricos, dejándolos en perfecto estado.

4.3.12 Andamios y aparejos

El Contratista deberá suministrar la mano de obra y aparatos, como andamios y aparejos, necesarios para el movimiento horizontal y vertical de los materiales ligeros en la obra desde el lugar de almacenamiento al de emplazamiento.

El movimiento del material pesado y/o voluminoso, como unidades de tratamiento de aire, conductos, tuberías, etc..., desde el camión hasta el lugar de emplazamiento definitivo, se realizará con los medios de la empresa constructora, bajo la supervisión y responsabilidad del Contratista, salvo cuando en otro Documento se indique que esta tarea está a cargo del mismo Contratista.

4.3.13 Obras de albañilería

La realización de todas las obras de albañilería necesarias para la instalación de materiales y equipos estará a cargo de la empresa constructora, salvo cuando en otro Documento se indique que esta tarea está a cargo del mismo Contratista.

Tales obras incluyen aperturas y cierres de rozas y pasos de muros, recibido a fábricas de soportes, cajas, rejillas, perforación y cierres de elementos estructurales horizontales y verticales, ejecución y cierres de zanjas, ejecución de galerías, bancadas, forjados flotantes, pinturas, alicatados, etc.

En cualquier caso, estos trabajos deberán realizarse bajo la responsabilidad del Contratista que suministrará, cuando sea necesario, los planos de detalles.

La fijación de los soportes, por medios mecánicos o por soldadura, a elementos de albañilería o de estructura del edificio, será efectuada por el Contratista siguiendo estrictamente las instrucciones que imparta la Dirección de Obra.

4.3.14 Energía eléctrica y agua

Todos los gastos relativos al consumo de energía eléctrica y agua por parte del Contratista para la realización de los trabajos de montaje y para las pruebas parciales y totales correrán a cuenta de la empresa constructora, salvo cuando en otro Documento se indique lo contrario.

El Contratista dará a conocer sus necesidades de potencia eléctrica a la empresa constructora antes de tomar posesión de la obra.

4.3.15 Ruidos y vibraciones

Toda la maquinaria deberá funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que, en opinión de la Dirección de Obra, puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos exigidos por las Ordenanzas Municipales.

Las correcciones que, eventualmente, se introduzcan para reducir ruidos y vibraciones deben ser aprobadas por la Dirección Facultativa y conformarse a las recomendaciones del fabricante del equipo (atenuadores de vibraciones, silenciadores acústicos, etc.).

Las conexiones entre canalizaciones y equipos con partes en movimiento deberán realizarse siempre por medio de elementos flexibles, que impidan eficazmente la propagación de las vibraciones.

4.3.16 Accesibilidad

El Contratista hará conocer a la Dirección de Obra, con suficiente antelación, las necesidades de espacio y tiempo para la realización del montaje de sus materiales y equipos en patios interiores, falsos techos y salas de máquinas. Por lo que el Contratista deberá cooperar con la empresa constructora y los otros contratistas, particularmente cuando los trabajos a realizar estén en el mismo emplazamiento.

Los elementos de medida, control, protección y maniobra deberán ser desmontables e instalarse en lugares visibles y accesibles, en particular cuando cumplan funciones de seguridad.

El Contratista deberá situar todos los equipos que necesitan operaciones periódicas de mantenimiento en un emplazamiento que permita la plena accesibilidad de todas sus partes, ajustándose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la Reglamentación vigente y los recomendados por el fabricante.

El Contratista deberá suministrar a la empresa constructora la información necesaria para el exacto emplazamiento de puertas o paneles de acceso a elementos ocultos de la instalación, como válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control, etc.

4.3.17 Canalizaciones

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

Se realizará la alineación de las canalizaciones en uniones, cambios de dirección o sección y derivaciones con los correspondientes accesorios o piezas especiales, centrandos los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

Para las tuberías se tomarán las precauciones necesarias a fin de que conserven, una vez instaladas, su sección de forma circular. Se deberán soportarse de tal manera que en ningún caso quede interrumpido el aislamiento térmico.

Con el fin de reducir la posibilidad de transmisión de vibraciones, formación de condensaciones y corrosión, entre tuberías y soportes metálicos deberá interponerse un material flexible no metálico. En cualquier caso, el soporte no podrá impedir la libre dilatación de la tubería, salvo cuando se trate de un punto fijo.

4.3.18 Manguitos pasa muros

El Contratista deberá suministrar y colocar todos los manguitos a instalar en la obra de albañilería o estructural antes de que estas obras estén construidas. El Contratista será responsable de los daños provocados por no expresar a tiempo sus necesidades o indicar una situación incorrecta de los manguitos.

El espacio entre el manguito y la conducción deberá rellenarse con una masilla plástica, aprobada por la Dirección Facultativa, que selle completamente el paso y permita la libre dilatación de la conducción. Además, cuando el manguito pase a través de un elemento cortafuego, la resistencia al fuego del material de relleno deberá ser al menos igual a la del elemento estructural. En algunos casos, se podrá exigir que el material de relleno sea impermeable al paso de vapor de agua.

Los manguitos deberán acabar a ras del elemento de obra; sin embargo, cuando pasen a través de forjados, sobresaldrán 15 mm por la parte superior.

Los manguitos serán construidos con chapa de acero inoxidable de 6/10 mm de espesor o con tubería de acero inoxidable, con dimensiones suficientes para que pueda pasar con holgura la conducción con su aislamiento térmico. La holgura no podrá ser superior a 3 cm a lo largo del perímetro de la conducción.

No podrá existir ninguna unión de tuberías en el interior de manguitos pasa muros.

4.3.19 Protección de partes en movimiento

El Contratista deberá suministrar protecciones a todo tipo de maquinaria en movimiento, como transmisiones de potencia, rodets de ventiladores, etc., con las que pueda tener lugar un contacto accidental. Las protecciones deben ser de tipo desmontable para facilitar las operaciones de mantenimiento.

4.3.20 Protección de elementos a temperatura elevada

Toda superficie a temperatura elevada, con la que pueda tener lugar un contacto accidental, deberá protegerse mediante un aislamiento térmico calculado de tal manera que su temperatura superficial no sea superior a 60 grados centígrados.

4.3.21 Cuadros y líneas eléctricas

El Contratista suministrará e instalará los cuadros eléctricos de protección, maniobra y control de todos los equipos de la instalación mecánica, salvo cuando en otro Documento se indique lo contrario.

El Contratista suministrará e instalará también las líneas de potencia entre los cuadros antes mencionados y los motores de la instalación mecánica, tubos de protección, bandejas, cajas de derivación, empalmes, etc., así como el cableado para control, mandos a distancia e interconexiones, salvo cuando en otro Documento se indique otra cosa.

La instalación eléctrica cumplirá con las exigencias marcadas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La Empresa Instaladora Eléctrica será responsable de la alimentación eléctrica a todos los cuadros arriba mencionados, que estará constituida por tres fases, neutro y tierra. El conexionado entre estos cables y los cuadros estará a cargo del Contratista.

El Contratista deberá suministrar a la Empresa Instaladora Eléctrica la información necesaria para las acometidas a sus cuadros, como el lugar exacto de emplazamiento, la potencia máxima absorbida y, cuando sea necesario, la corriente máxima absorbida y la caída de tensión admisible en régimen transitorio.

Salvo cuando se exprese lo contrario en la Memoria del Proyecto, las características de la alimentación eléctrica serán las siguientes: tensión trifásica a 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro, frecuencia 50 Hz.

4.3.22 Pinturas y colores

Todas las conducciones de una instalación estarán señalizadas de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, con franjas, anillos y flechas dispuestos sobre la superficie exterior de la misma o, en su caso, de su aislamiento térmico.

Los equipos y aparatos mantendrán los mismos colores de fábrica. Los desperfectos, debidos a golpes, raspaduras, etc., serán arreglados en obra satisfactoriamente a juicio de la Dirección de Obra.

En la sala de máquinas se dispondrá el código de colores enmarcado bajo cristal, junto al esquema de principio de la instalación.

4.3.23 Identificación

Al final de la obra, todos los aparatos, equipos y cuadros eléctricos deberán marcarse con una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán nombre y número del aparato.

La escritura deberá ser de tipo indeleble, pudiendo sustituirse por un grabado. Los caracteres tendrán una altura no menor de 50 milímetros.

En los cuadros eléctricos todos los bornes de salida deberán tener un número de identificación que se corresponderá al indicado en el esquema de mando y potencia.

Todos los equipos y aparatos importantes de la instalación, en particular aquellos que consumen energía, deberán venir equipados de fábrica, en cumplimiento de la normativa vigente, con una placa de identificación, en la que se indicarán sus características principales, así como nombre del fabricante, modelo y tipo. En las especificaciones de cada aparato o equipo se indicarán las características que, como mínimo, deberán figurar en la placa de identificación.

Las placas se fijarán mediante remaches o soldadura o con material adhesivo, de manera que se asegure su inmovilidad, se situarán en un lugar visible y estarán escritas con caracteres claros y en la lengua o lenguas oficiales españolas.

4.3.24 Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

Al momento de la Recepción Provisional, el Contratista deberá entregar a la Dirección de Obra la siguiente documentación:

- Una copia reproducible de los planos definitivos, puestos al día, incluyendo como mínimo, el esquema de principio, el esquema de control y seguridad, el esquema eléctrico, los planos de sala de máquinas y los planos de plantas donde se deberá indicar el recorrido de las conducciones de distribución de los fluidos calo portadores y la situación de las unidades terminales.
- Una Memoria de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.

- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Un esquema de principio de impresión indeleble para su colocación en sala de máquinas, enmarcado bajo cristal.
- El Código de colores, en color, enmarcado bajo cristal.
- El Manuel de Instrucciones.
- El certificado de la instalación presentado ante la Consejería de Industria y Energía de la Comunidad Autónoma.
- El Libro de Mantenimiento.
- Lista de repuestos recomendados y planos de despiece completo de cada unidad.

La Dirección Facultativa entregará los mencionados documentos al Titular de la instalación, junto con las hojas recopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales y el Acta de Recepción, firmada por la Dirección de Obra y el Contratista.

En el caso de no aceptación de la Obra recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para solucionar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Agotado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas condiciones podrá declararse nulo el contrato con pérdida de la fianza.

4.3.25 Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

El Contratista es responsable de la conservación de la Obra hasta que tenga lugar la recepción definitiva de ella, siendo responsabilidad del Contratista las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

4.3.26 Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras. El Director de Obra y el representante del Contratista levantarán el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y corroborada por el Contratante y el Contratista.

4.3.27 Permisos

El Contratista deberá gestionar con todos los Organismos Oficiales competentes (nacionales, autonómico, provinciales y municipales) la obtención de los permisos relativos a las instalaciones del presente proyecto, incluyendo la redacción de los documentos necesarios, visado por el Colegio Oficial correspondiente.

4.3.28 Repuestos, herramientas y útiles específicos

El Contratista incorporará a los equipos los repuestos recomendados por el fabricante para el periodo de funcionamiento que se indica en otro Documento, de acuerdo con la lista de materiales entregada con la oferta.

4.3.29 Subcontratación de las obras

Salvo que el contrato acuerde lo contrario o que en sus condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra (construcción y montaje de conductos, montaje de tuberías, montaje de equipos especiales, construcción y montaje de cuadros eléctricos y tendido de líneas eléctricas, puesta a punto de equipos y materiales de control, etc...).

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que el Director de Obra obtenga conocimiento por escrito del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación establecido entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no excluirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

4.3.30 Riesgos

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste y plazo, a riesgo y ventura del Contratista, sin que esta tenga, por tanto, derecho a indemnización por causa de pérdidas, perjuicios o averías. El Contratista no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.

El Contratista será responsable de los daños causados a instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofes atmosféricas, etc., debiendo cubrirse de tales riesgos mediante un seguro.

Asimismo, el Contratista deberá disponer también de seguro de responsabilidad civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por ella efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontratado.

4.3.31 Rescisión de contrato

Serán causas de rescisión del contrato la disolución, suspensión de pagos o quiebra del Contratista, así como embargo de los bienes destinados a la obra o utilizados en la misma.

Serán asimismo causas de rescisión el incumplimiento repetido de las condiciones técnicas, la demora en la entrega de la obra por un plazo superior a tres meses y la continua desobediencia en la ejecución de la obra.

La apreciación de la existencia de las circunstancias enumeradas en los párrafos anteriores corresponderá a la Dirección de Obra.

En los supuestos previstos en los párrafos anteriores, la Propiedad podrá unilateralmente rescindir el contrato sin pago de indemnización alguna y solicitar indemnización por daños y perjuicios.

El Contratista tendrá derecho a rescindir el contrato cuando la obra se suspenda totalmente y por un plazo de tiempo superior a tres meses. En este caso, el Contratista tendrá derecho a exigir una indemnización del cinco por ciento del importe de la obra pendiente de realización, aparte del pago íntegro de toda la obra realizada y de los materiales situados a pie de obra.

4.3.32 Precios

El Contratista deberá presentar su oferta indicando los precios de cada uno de los Capítulos del documento "Mediciones".

Los precios incluirán todos los conceptos mencionados anteriormente.

Una vez adjudicada la obra, el Contratista elegido para su ejecución presentará, antes de la firma del Contrato, los precios unitarios de cada partida de materiales. Para cada capítulo, la suma de los productos de las cantidades de materiales por los precios unitarios deberá coincidir con el precio, presentado en fase de oferta, del capítulo.

Cuando se exija en el Contrato, el Contratista deberá presentar, para cada partida de material, precios descompuestos en material, transporte y mano de obra de montaje.

4.3.33 Pago de obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo referido. La relación valorada que figure en las Certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con las medidas, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

4.3.34 Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

4.3.35 Requisitos de la fabricación

El fabricante velará por la ejecución correcta de las disposiciones establecidas en la fase de diseño mediante la aplicación de las técnicas y métodos adecuados, en especial por lo que respecta a los siguientes aspectos:

- Preparación de los componentes: la preparación de los componentes no deberá ocasionar defectos ni fisuras ni cambios en las características mecánicas que puedan poner en peligro la seguridad de los equipos a presión.
- Uniones permanentes: las uniones permanentes de los materiales y las zonas adyacentes (ZAT) deberán estar limpias de deficiencias de superficie o interiores perjudiciales para la seguridad de los equipos.

Las propiedades de las uniones permanentes deberán corresponder a las propiedades mínimas especificadas para los materiales que deban unirse, a menos que en los cálculos de diseño se tengan en cuenta específicamente otros valores de propiedades correspondientes.

Para los equipos a presión, las uniones permanentes de los elementos que contribuyen a la resistencia del equipo y los elementos que están directamente integrados deberán ser

realizadas por personal cualificado con el nivel adecuado de competencia y mediante procedimientos cualificados.

Los procedimientos y el personal serán aprobados, para los equipos a presión de las categorías II, III y IV, por un organismo independiente competente que podrá ser, a elección del fabricante:

- Un organismo notificado.
- Una entidad independiente reconocida por un Estado miembro.
- Pruebas no destructivas.

Para los equipos a presión, los controles no destructivos de las uniones permanentes deberán ser realizados por personal cualificado con el nivel adecuado de competencia. Para los equipos a presión de las categorías III y IV, dicho personal deberá haber sido aprobado por una entidad independiente reconocida por un Estado miembro.

- Tratamiento térmico: cuando exista el riesgo de que el procedimiento de fabricación cambie las propiedades de los materiales hasta el punto de poner en peligro la integridad del equipo a presión, se aplicará un tratamiento térmico adecuado en la correspondiente fase de fabricación.
- Conocimiento de las características de los materiales: deberán establecerse y mantenerse procedimientos adecuados para la identificación de los materiales de los elementos del equipo que contribuyan a la resistencia, a la presión por medios apropiados, desde la recepción pasando por la producción, hasta la prueba definitiva del equipo a presión fabricado.

4.3.36 Materiales

Los materiales utilizados para la fabricación serán de los equipos a presión. Deberán ser apropiados para su aplicación durante el período de vida previsto de estos, a menos que esté previsto su reemplazamiento.

Los materiales destinados a las partes de bajo presión:

- Deberán tener características adecuadas al conjunto de condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles y de condiciones de prueba y, en particular, deberán tener la suficiente ductilidad y dureza. Además, deberá realizarse, en particular, una selección adecuada de los materiales para prevenir, si fuera necesario, la rotura frágil.
- Deberán tener la suficiente resistencia química al fluido contenido en el equipo a presión.
- No deberán ser significativamente sensibles al envejecimiento.

- Deberán ser apropiados para los métodos de transformación previstos.
- Deberán elegirse de manera que se eviten efectos negativos significativos cuando se unan materiales diferentes.

El fabricante del equipo a presión deberá definir adecuadamente los valores necesarios para los cálculos de diseño especificados en el RD 769/1999.

El fabricante incluirá en la documentación técnica los datos correspondientes a los materiales, con arreglo a alguna de las siguientes formas:

- Mediante la utilización de materiales con arreglo a las normas concertadas.
- Mediante la utilización de materiales que hayan recibido una aprobación europea de materiales para equipos a presión.
- Mediante una evaluación específica de los materiales.

El fabricante del equipo deberá adoptar las medidas adecuadas para asegurarse de que el material utilizado cumple las especificaciones requeridas. En particular, deberán obtenerse para todos los materiales documentos elaborados por el fabricante del material en los que se certifique la conformidad con una especificación determinada.

Para las partes principales a presión de los equipos de las categorías II, III y IV, el certificado deberá ser un certificado de control específico del producto.

Los materiales de soldadura y los demás materiales de unión deberán cumplir las obligaciones anteriores que les sean aplicables, tanto individualmente como una vez unidos.

4.3.37 Marcas y etiquetado

Además del marcado "CE" se deberá facilitar la siguiente información:

a) Para todos los equipos a presión:

- Nombre, apellidos y dirección y otras señas de identificación del fabricante y, en su caso, de su representante en la Comunidad.
- Año de fabricación.
- Identificación del equipo a presión, como, por ejemplo, el tipo, la identificación de la serie o del lote y el número de fabricación.
- Límites esenciales máximos y mínimos admisibles.

b) Según el tipo de equipo a presión, la información complementaria necesaria para la seguridad de instalación, funcionamiento o uso y, cuando proceda, también para el mantenimiento y la inspección periódica, como, por ejemplo:

- El volumen V del equipo a presión, expresado en litros (li).
- El diámetro nominal de las tuberías (DN).
- La presión de prueba (PT) aplicada, expresada en bar, y la fecha.
- La presión de rotura del órgano dispositivo de seguridad, expresada en bar.
- La potencia del equipo a presión, expresada en kW.
- La tensión de alimentación, expresada en voltios (V).
- El uso previsto.
- El grado de llenado, expresado en kg/l.
- La masa máxima de llenado, expresada en kg.
- La masa tarada, expresada en kg.
- El grupo de productos.

c) Cuando proceda, las advertencias fijadas en el equipo a presión llamarán la atención sobre los errores de utilización demostrados por la experiencia.

4.3.38 Requisitos de la instalación

Para las tuberías que contienen gases cuya presión de vapor a la temperatura máxima admisible sea superior en más de 0,5 bar a la presión atmosférica y donde el diámetro nominal sea superior a 32 y el producto PSxDN sea superior a 1000 bar, el diseño y la fabricación deberán garantizar que:

- El riesgo de deformación permanente derivada de movimientos libres inadmisibles o de esfuerzos excesivos, por ejemplo, en las bridas, las conexiones, los tubos flexibles ondulados o los tubos extensibles se controle adecuadamente mediante abrazaderas, tirantes, sujeciones, ajustes y pretensores.
- Cuando exista la posibilidad de condensación de fluidos gaseosos en el interior de los tubos, se disponga de los medios necesarios para purgar y expulsar los depósitos y las incrustaciones en los fondos y costados con el fin de evitar daños debidos al golpe de ariete o a la corrosión.

- Se tenga debidamente en cuenta el riesgo de fatiga debido a las vibraciones en los tubos.
- Se reduzca al máximo el peligro de descarga accidental; las tomas estarán marcadas visiblemente en la parte permanente en la que figura la inscripción del fluido contenido.
- La posición y el recorrido de las tuberías y conducciones subterráneas estarán registrados por lo menos en la documentación técnica para facilitar el mantenimiento, la inspección o la reparación en condiciones de total seguridad.

4.4 Pruebas reglamentarias y suplementarias

El Contratista pondrá a disposición todos los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, efectuadas según se indicará o se ha indicado en este proyecto.

Las pruebas parciales estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción en obra.

Cuando el material o equipo llegue a obra con Certificado de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor, nacional o extranjera, su recepción se realizará comprobando, únicamente sus características aparentes.

Cuando el material o equipo esté instalado, se comprobará que el montaje cumple con las exigencias marcadas en la respectiva especificación (conexiones hidráulicas y eléctricas, fijación a la estructura del edificio, accesibilidad, accesorios de seguridad y funcionamiento, etc...).

Sucesivamente, cada material o equipo participará también de las pruebas parciales y totales del conjunto de la instalación (estanquidad, funcionamiento, puesta a tierra, aislamiento, ruidos y vibraciones, etc...).

Una vez la instalación se encuentre totalmente terminada, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y que haya sido ajustada y equilibrada de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, se deberán realizar las pruebas finales del conjunto de la instalación y según indicaciones de la Dirección de Obra cuando así se requiera.

Para la inspección final se comprobará visualmente mediante control de los documentos de acompañamiento el cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios.

Podrán tenerse en cuenta, en este caso, los controles que se hayan realizado durante la fabricación. En la medida en que las técnicas de seguridad lo exijan, la inspección final se realizará sobre el interior y el exterior en todas las partes del equipo o conjunto y, en su caso, en el transcurso del proceso de fabricación (por ejemplo, cuando ya no sea posible efectuar la verificación durante la inspección final).

Todas las redes de distribución de agua en circuito cerrado o abierto deberán ser internamente limpiadas antes de su funcionamiento, para eliminar polvo, cascarillas, aceites y cualquier otro material extraño.

Durante el montaje se tendrá que poner extremo cuidado en evitar la introducción de materias extrañas dentro de tubería y equipos, protegiendo sus aperturas con adecuados tapones. Antes de su instalación, tuberías, accesorios y válvulas deberán ser examinados y limpiados.

Cuando se haya completado la instalación de una red de distribución de un fluido calo portador, el Contratista deberá llenarla con una solución acuosa detergente. A continuación, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua al menos durante dos horas. Después se vaciará la red y se enjuagará con agua limpia procedente de la alimentación.

En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de agua refrigerada y caliente (hasta 100°), una vez completada la limpieza y llenada la red, se comprobará que el agua del circuito tenga un PH ligeramente alcalino, alrededor de 7,5. Si el PH tuviese que ser ácido, se repetirá la operación de limpieza tantas veces como sea necesario.

Los filtros de malla metálica puestos para protección de las bombas se dejarán en su sitio por lo menos durante una semana más, hasta que se decida que esté completada la eliminación de las partículas más finas que puede retener el tamiz de la malla.

La limpieza interior de las redes de distribución de aire se efectuará una vez completado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento de aire, pero antes de unir las unidades terminales.

La verificación final de los equipos a presión deberá incluir una prueba de resistencia a la presión que normalmente se realizará en forma de una prueba de presión hidrostática a una presión al menos igual, cuando proceda, al más elevado de los dos valores siguientes. La presión correspondiente a la carga máxima que pueda soportar el equipo en funcionamiento, habida cuenta de su presión máxima admisible y de su temperatura máxima admisible, multiplicada por el coeficiente 1,25 o la presión máxima admisible multiplicada por 1,43.

Para los equipos de la categoría I fabricados en serie, esta prueba podrá realizarse por medios estadísticos.

Para los dispositivos de seguridad, la verificación final incluirá, asimismo, un examen de los dispositivos de seguridad.

4.5 Instrucciones de uso y mantenimiento de la instalación y sus aparatos

Se someterán a las prescripciones, inspecciones técnicas y ensayos que determina el Reglamento de Equipos a Presión los aparatos destinados a la producción, almacenamiento, transporte y utilización de los fluidos a presión, cuando la presión máxima admisible sea superior a 0,5 bar.

4.5.1 Entrenamiento

El Contratista deberá adiestrar adecuadamente, tanto en la explotación como en el mantenimiento de las instalaciones, al personal que en número y cualificación designe la Propiedad.

Para ello, por un periodo no inferior a lo que se indique en otro Documento y antes de abandonar la obra, el Contratista asignará específicamente el personal adecuado de su plantilla para llevar a cabo el entrenamiento, de acuerdo con el programa que presente y que deberá ser aprobado por la Dirección de Obra.

4.5.2 Placa de instalación e inspecciones periódicas

Todos los equipos a presión de las instalaciones que estén sujetos a inspecciones periódicas deberán disponer de una placa realizada con materiales duraderos. En ella se indicará el número de identificación otorgado por el órgano competente de la comunidad autónoma, la presión de prueba del equipo o conjunto, su categoría y grupo, la presión máxima de servicio, así como las fechas de realización de las inspecciones, el nivel de inspección realizado y el sello de la entidad responsable de la inspección.

Las placas serán legibles e irán colocadas en un lugar visible del equipo o conjunto.

Las placas serán facilitadas por el órgano competente de la comunidad autónoma, tras la presentación de la correspondiente documentación de la instalación o del equipo.

Los modelos de placas estarán de acuerdo al Real Decreto 2060/2008. El modelo de placa grande tendrá unas dimensiones de 70x55 milímetros. El modelo de placa pequeña podrá utilizarse en equipos a presión de pequeñas dimensiones y tendrá unas dimensiones de 70x55 milímetros.

4.5.3 Instrucciones de funcionamiento

Cuando se comercialice un equipo a presión, se adjuntarán a éste, en la medida en que sea necesario, instrucciones destinadas al usuario que contengan toda la información útil para la seguridad en lo que se refiere a:

- El montaje, incluida la unión de los distintos equipos a presión.
- La puesta en servicio.
- La utilización.
- El mantenimiento, incluidos los controles por el usuario.

Las instrucciones deberán recoger la información indicada en el apartado 4.3.37 Marcas y Etiquetado, con excepción de la serie, y deberán ir acompañadas, en su caso, de la documentación técnica y de los planos y esquemas necesarios para su correcta comprensión. En su caso, las instrucciones deberán también hacer notar los peligros de una utilización errónea.

4.5.4 Mantenimiento de las instalaciones

Anualmente se llevarán a cabo las siguientes operaciones de mantenimiento:

- Limpieza interior de aceites y carbonillas.
- Válvulas de seguridad: comprobación de su estado como dispositivo de control apto para este tipo de funciones. En caso de que sea necesaria su sustitución será posible exigir al instalador que efectúe el cambio, que facilite una copia del certificado acreditativo del fabricante del dispositivo, donde se especifique la capacidad de descarga de la válvula. En caso de que sea necesaria su sustitución sólo se emplearán válvulas nuevas que llevarán, o bien grabado o bien en una placa, los siguientes datos: fabricante, diámetro nominal, presión nominal, presión de tarado y caudal nominal. Las válvulas sustituidas serán precintadas a la presión de tarado.
- Manómetros: será comprobado su buen estado y funcionamiento.
- Dispositivos de inspección y limpieza: se comprobará la accesibilidad de los orificios y registros de limpieza. En el caso de los purgadores, se comprobará su operatividad. También se comprobará el funcionamiento de los dispositivos de refrigeración y captación de aceite del aire alimentado.
- Engrase: el aceite que se emplee estará libre de materias resinificables. Se utilizará aceite de propiedades antioxidantes con punto de inflamación superior a 125 °C. Cuando la presión de trabajo sobrepase los 20 kg/cm², sólo deberán utilizarse aceites con punto de inflamación superior a 220 °C.

4.5.5 Reparaciones

Las reparaciones que afecten a las partes sometidas a presión de los equipos de las categorías I a IV a que se refieren el artículo 9 y el anexo II del Real Decreto 769/1999 de 7 de mayo, deberán ser realizadas por empresas reparadoras de equipos a presión inscritas en el registro del órgano competente de la comunidad autónoma, y que, según se dispone en el artículo 13.3 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, podrán desarrollar su actividad en todo el ámbito estatal.

No tendrán la consideración de reparaciones la sustitución de juntas ni el cambio de accesorios por otros de iguales o superiores características o función.

Los equipos a presión una vez reparados deberán seguir cumpliendo las características de diseño definidas por el fabricante, y en los equipos que dispongan del marcado "CE", además, los requisitos esenciales de seguridad contemplados en el RD 769/1999 de 7 de mayo.

Todo equipo a presión, una vez reparado, deberá ser sometido a una inspección por parte de un organismo de control autorizado, el cual realizará las pruebas, exámenes y controles que considere necesarios con objeto de comprobar que la reparación no ha afectado a las condiciones de seguridad, emitiéndose el correspondiente certificado.

Antes de la puesta en servicio de un equipo a presión reparado, deberá realizarse la inspección periódica de nivel C.

Las reparaciones que se realicen deberán certificarse por parte de la empresa reparadora mediante la emisión del correspondiente certificado de reparación.

4.5.6 Acondicionamiento de aire a presión

Los compresores aspiran aire húmedo y sus filtros de aspiración no pueden modificar esto, ni eliminar totalmente las partículas contenidas en el aire atmosférico del lugar donde esté situado el propio compresor.

La durabilidad y seguridad de funcionamiento de una instalación neumática dependen del acondicionamiento del aire comprimido.

La suciedad del aire comprimido (óxidos, polvo, etc...) y las partículas líquidas contenidas en el aire, causan un gran deterioro en las instalaciones neumáticas y en todos sus componentes, provocando desgastes exagerados y prematuros en superficies deslizantes, ejes, vástagos, juntas, etc., reduciendo la duración de los distintos elementos de la instalación.

Para evitar este tipo de problemas, se recomienda emplear, en cada mando o salida para el consumo, unidades de mantenimiento de aire comprimido.

En éstas, los filtros de aire comprimido retendrán las partículas sólidas y las gotas de humedad contenidas en el aire. Los filtros llamados Ciclónicos tendrán doble misión:

- 1º: el aire al entrar pasará a través de placas que fuerzan una circulación rotativa, así las grandes partículas sólidas y el líquido se depositarán en las paredes del vaso o copa, por la acción centrífuga.
- 2º: el aire atraviesa un elemento filtrante principal, de malla metálica, papel, o metal sinterizado. Este filtro, de entre 20 a 40 micrones retiene las partículas sólidas. Esta acción de filtrado se denomina "mecánica" ya que afecta a la contaminación mecánica del aire, y no a su contenido de humedad.

Las partículas más grandes serán retenidas por el filtro sinterizado, mientras los líquidos serán desviados al vaso del filtro. El líquido condensado en el vaso o copa del filtro se deberá vaciar periódicamente, ya que si no podría ser arrastrado por la corriente del aire comprimido al circuito (no sobrepasar nunca la altura marcada en el nivel de agua condensada). Para purgar el agua condensada se deberá abrir el tornillo existente en la mirilla. Algunas dispondrán de dispositivos de purga automática, por que deberá comprobarse su correcto funcionamiento.

Los filtros más finos, de hasta 0,01 micras, se encargarán de filtrar las partículas más pequeñas e incluso mínimas gotas de agua que pudieran quedar en el aire comprimido.

La Válvula Reguladora o Regulador de presión mantendrá la presión de trabajo constante en el lado del usuario, independientemente de las variaciones de presión en la red principal y del consumo. Para lograr esto, la presión de entrada al regulador deberá ser siempre superior a la de trabajo. Siempre que la válvula esté compuesta por un correcto sistema de filtrado, no necesitará más mantenimiento que comprobar la ausencia de fugas.

En el lubricador se deberá verificar el nivel de aceite y, si fuese necesario, añadir hasta el nivel marcado. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deberán limpiarse con disolventes, dado que podrían dañarse. Para los lubricadores, se utilizarán únicamente aceites minerales de la viscosidad y componentes adecuados.

4.5.7 Histórico de actividades

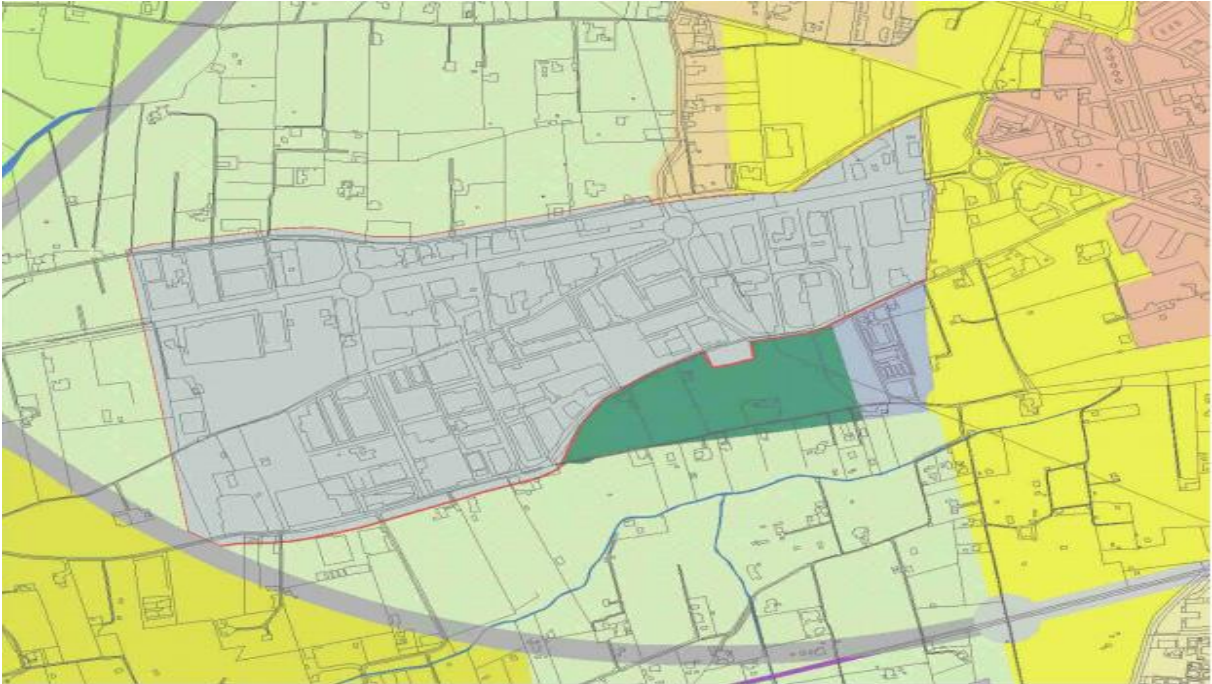
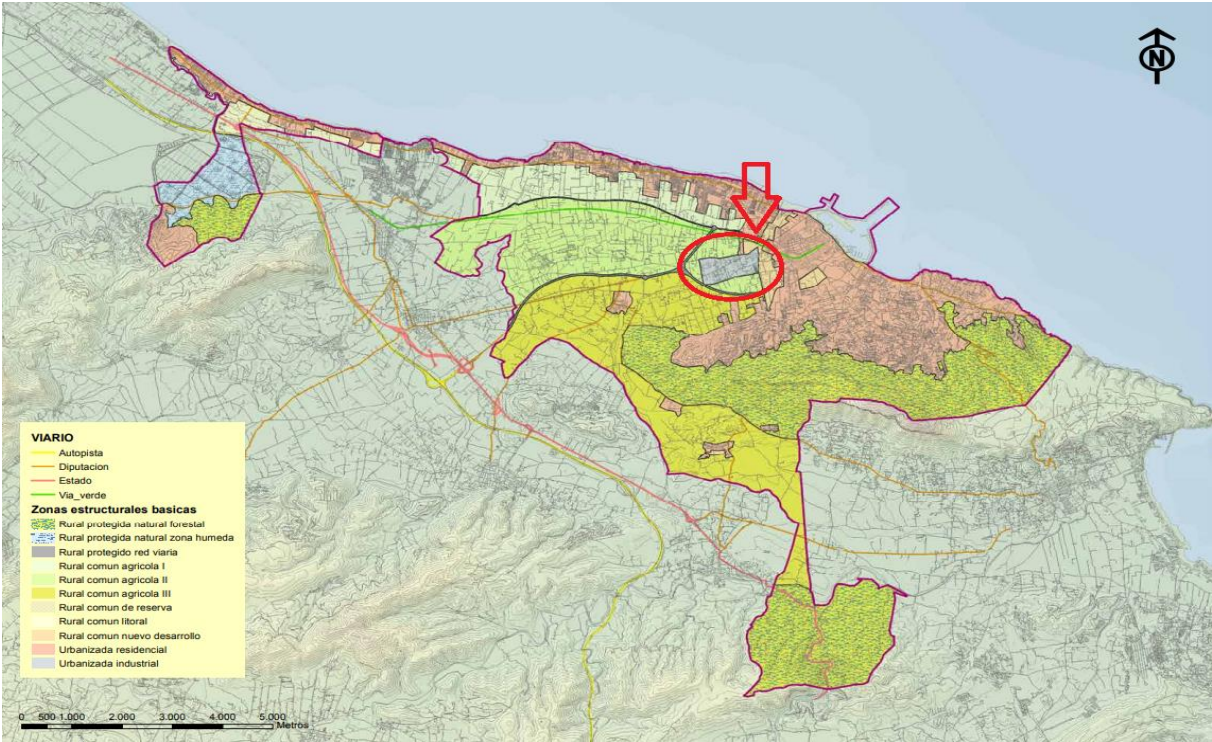
Para cada compresor y cada instalación independiente de aire comprimido se mantendrá un archivo de documentación, conservando manual del equipo o accesorios utilizados, junto a todos los certificados que facilite el fabricante/instalador/proveedor de los mismos. En este mismo archivo se conservarán todas las actas emitidas con motivo de operaciones de mantenimiento u operaciones de reparación.

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

PLANOS

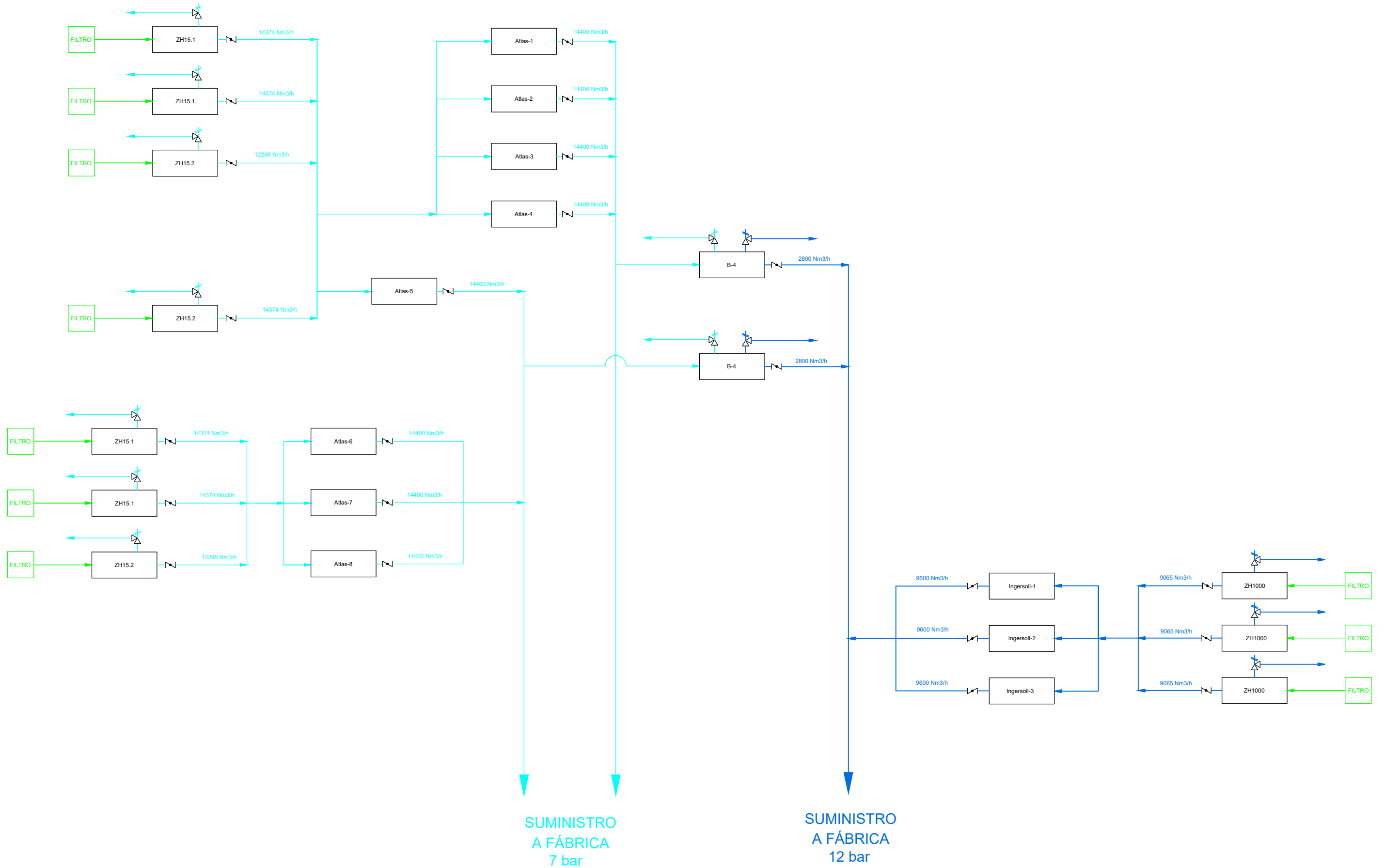
Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

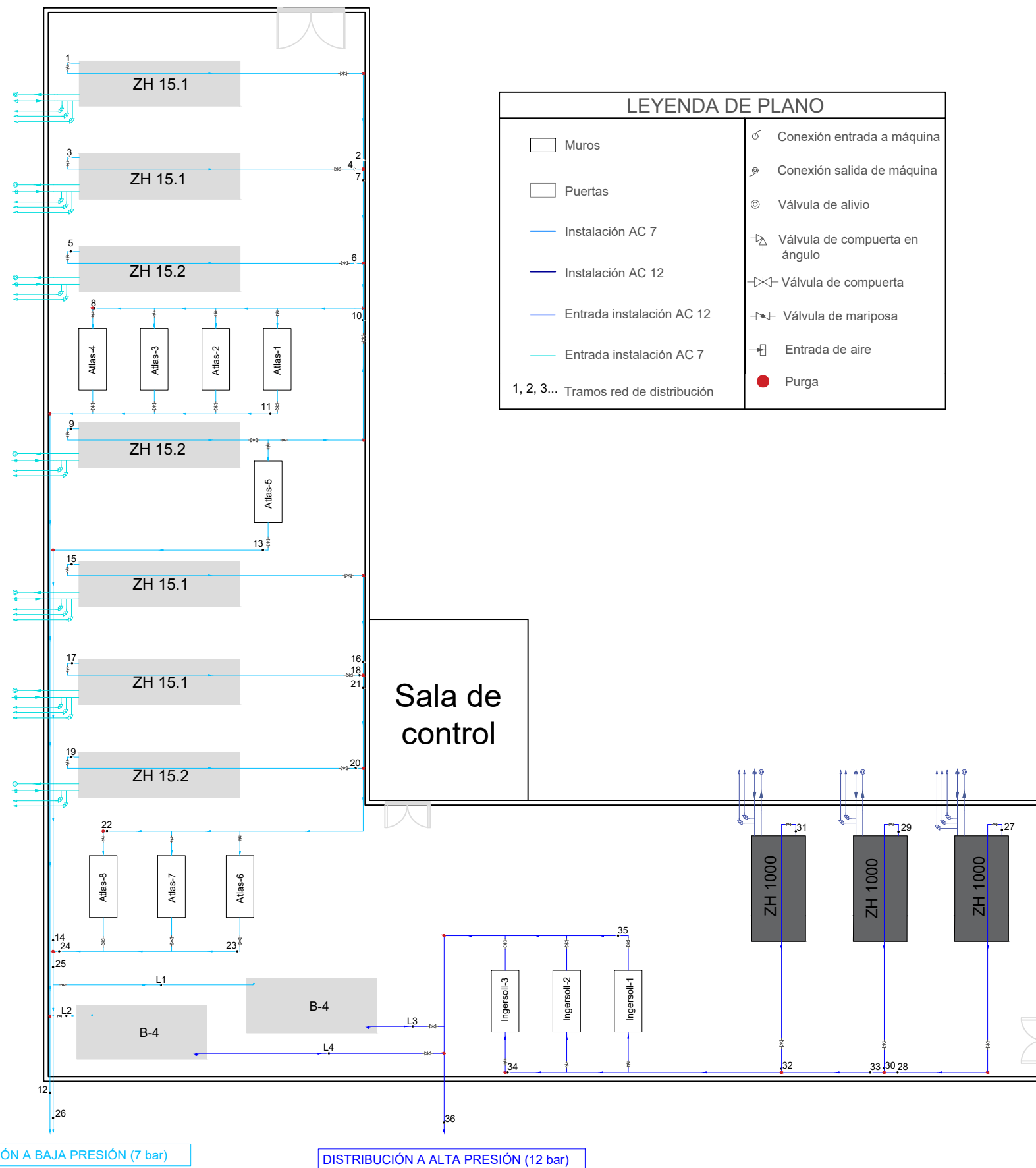
5. PLANOS



Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles







LEYENDA DE PLANO			
	Muros		Conexión entrada a máquina
	Puertas		Conexión salida de máquina
	Instalación AC 7		Válvula de alivio
	Instalación AC 12		Válvula de compuerta en ángulo
	Entrada instalación AC 12		Válvula de compuerta
	Entrada instalación AC 7		Válvula de mariposa
1, 2, 3...	Tramos red de distribución		Entrada de aire
			Purga

Sala de control

DISTRIBUCIÓN A BAJA PRESIÓN (7 bar)

DISTRIBUCIÓN A ALTA PRESIÓN (12 bar)

PRESUPUESTO

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

6. Presupuesto

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total	
1 COMPRESORES					
1.1	PD001	UD	Compresor de aire Atlas Copco ZH 15000+ con marcado CE, 1201 kW de potencia y 7 bar de presión, accionado por motor eléctrico trifásico, incorporando: sistema de regulación, valvulería, Interruptor de arranque-parada,Incluso acoplamiento elástico de tubería y elementos de sujeción, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según ITC-MIE-AP 17.		
	COM001	1,000 UD	Compresor de aire 1201 kW	17.955,750	17.955,75
	O01OB170	3,000 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	34,32
	O01OB180	3,000 h.	Oficial 2º Fontanero/Calefactor	11,150	33,45
	O01OB200	0,500 h.	Oficial 1º Electricista	11,440	5,72
	P19AC030	1,000 ud	Regulador de presión	98,600	98,60
	P19AC040	1,000 ud	Válvula de retención	36,620	36,62
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	18.164,460	363,29
			Precio total por UD		18.527,75
			Son dieciocho mil quinientos veintisiete Euros con setenta y cinco céntimos		
1.2	PD002	UD	Compresor de aire Atlas Copco ZH 15000+ con marcado CE, 1079 kW de potencia y 7 bar de presión, accionado por motor eléctrico trifásico, incorporando: sistema de regulación, valvulería, Interruptor de arranque-parada,Incluso acoplamiento elástico de tubería y elementos de sujeción, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según ITC-MIE-AP 17.		
	COM002	1,000 UD	Compresor de aire 1079 kW	16.281,250	16.281,25
	O01OB170	3,000 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	34,32
	O01OB180	3,000 h.	Oficial 2º Fontanero/Calefactor	11,150	33,45
	O01OB200	0,500 h.	Oficial 1º Electricista	11,440	5,72
	P19AC030	1,000 ud	Regulador de presión	98,600	98,60
	P19AC040	1,000 ud	Válvula de retención	36,620	36,62
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	16.489,960	329,80
			Precio total por UD		16.819,76
			Son dieciséis mil ochocientos diecinueve Euros con setenta y seis céntimos		
1.3	PD003	UD	Booster de aire ABC Compressors 1EHA-4-LT con marcado CE, 250 kW de potencia y 12 bar de presión, accionado por motor eléctrico trifásico, incorporando: sistema de regulación, valvulería, Interruptor de arranque-parada, Incluso acoplamiento elástico de tubería y elementos de sujeción, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según ITC-MIE-AP17.		
	COM003	1,000 UD	Compresor Booster de aire 250 kW	4.287,750	4.287,75
	O01OB170	3,000 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	34,32
	O01OB180	3,000 h.	Oficial 2º Fontanero/Calefactor	11,150	33,45
	O01OB200	0,500 h.	Oficial 1º Electricista	11,440	5,72
	P19AC030	1,000 ud	Regulador de presión	98,600	98,60
	P19AC040	1,000 ud	Válvula de retención	36,620	36,62
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	4.496,460	89,93
			Precio total por UD		4.586,39
			Son cuatro mil quinientos ochenta y seis Euros con treinta y nueve céntimos		

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
1.4	PD004	UD	Compresor de aire Atlas Copco ZH 15000+ con marcado CE, 1000 kW de potencia y 12 bar de presión, accionado por motor eléctrico trifásico, Incorporando: sistema de regulación, valvulería, Interruptor de arranque-parada, incluso acoplamiento elástico de tubería y elementos de sujeción, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según ITC-MIE-AP 17.		
	COM004	1,000 UD	Compresor de aire 1000 kW	19.837,500	19.837,50
	O01OB170	3,000 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	34,32
	O01OB180	3,000 h.	Oficial 2º Fontanero/Calefactor	11,150	33,45
	O01OB200	0,500 h.	Oficial 1º Electricista	11,440	5,72
	P19AC030	1,000 ud	Regulador de presión	98,600	98,60
	P19AC040	1,000 ud	Válvula de retención	36,620	36,62
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	20.046,210	400,92
Precio total por UD					20.447,13
Son veinte mil cuatrocientos cuarenta y siete Euros con trece céntimos					

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
2 VÁLVULAS Y ACCESORIOS					
2.1	PD30	UD	Válvula de mariposa de palanca y asiento de EPDM, unión con bridas, PN=18 bar, formada por cuerpo, disco y palanca de fundición dúctil y eje de acero inoxidable.		
	MAR01	1,000 UD	Válvula de mariposa	434,860	434,86
	001OB170	0,701 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	8,02
	001OB195	0,701 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	7,40
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	450,280	9,01
			Precio total por UD		468,28
			Son cuatrocientos ochenta y nueve Euros con veintinueve céntimos		
2.2	PD31	UD	Válvula de compuerta de husillo ascendente y cierre elástico, unión con ranuras, PN=18 bar, formada por cuerpo, disco en caña y volante de fundición dúctil y husillo de acero inoxidable.		
	MAT15	1,000 UD	Válvula de compuerta	878,210	878,21
	001OB170	0,200 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	2,29
	001OB195	0,200 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	2,11
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	882,610	17,65
			Precio total por UD		900,26
			Son novecientos Euros con veintiseis céntimos		
2.3	PD32	UD	Purgador automático de aire de gran capacidad con braya y rosca, cuerpo y tapa de fundición GG25, para una presión máxima de trabajo de 26 bar y una temperatura máxima de 80°C.		
	PA001	1,000 UD	Purgador automático	166,290	166,29
	PA002	1,000 UD	Material auxiliar para instalaciones de fo...	1,400	1,40
	001OB170	0,100 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	1,14
	001OB195	0,100 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	1,06
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	169,890	3,40
			Precio total por UD		173,28
			Son ciento setenta y tres Euros con veintinueve céntimos		
2.4	PD33	UD	Abrazadera		
	Ma20	1,000 UD	Abrazadera metálica	7,610	7,61
	001OB170	0,100 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	1,14
	001OB195	0,100 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	1,06
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	9,810	0,20
			Precio total por UD		10,01
			Son diez Euros con un céntimo		
2.5	PD34	UD	Codo 90º de acero inoxidable, para unión por fusión a tope, PN=18 atm, según UNE-EN 12201-3.		
	MA30	1,000 UD	Codo de 90º de acero inoxidable	171,530	171,53
	001OB170	0,108 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	1,24
	001OB195	0,108 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	1,14
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	173,910	3,48
			Precio total por UD		177,38
			Son ciento setenta y siete Euros con treinta y nueve céntimos		
2.6	PD35	UD	Te de acero inoxidable, para unión por fusión a tope, PN=18 atm, según UNE-EN 12201-3.		
	MAT35	1,000 UD	Te de acero inoxidable	391,500	391,50
	001OB170	0,108 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	1,24
	001OB195	0,108 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	1,14
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	393,880	7,88
			Precio total por UD		401,76
			Son cuatrocientos un Euros con setenta y seis céntimos		

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
2.7	PD36	UD	Válvula de seguridad Masoneilan Atlas Copco de seguridad resorte 1905JC, presión timbre 8,3 bar, evacuación de aire 5232 m3/h. Totalmente instalado y comprobado para su funcionamiento.		
	MAT40	1,000 UD	Válvula de seguridad Masoneilan	71,860	71,86
	O01OB170	0,701 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	8,02
	O01OB195	0,701 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	7,40
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	87,280	1,75
			Precio total por UD		89,03
			Son ochenta y nueve Euros con tres céntimos		
2.8	PD37	UD	Válvula de seguridad Rikfra Atlas Copco de seguridad SVCE212, presión timbre 8,3 bar, evacuación de aire 4909 m3/h. Totalmente instalado y comprobado para su funcionamiento.		
	MAT41	1,000 UD	Válvula de seguridad Rikfra	67,890	67,89
	O01OB170	0,701 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	8,02
	O01OB195	0,701 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	7,40
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	83,310	1,67
			Precio total por UD		84,98
			Son ochenta y cuatro Euros con noventa y ocho céntimos		
2.9	PD38	UD	Válvula de seguridad Nacional Safety Valves Ingersoll Rand de seguridad 3-5500, presión timbre 14 bar, evacuación de aire 6000 m3/h. Totalmente instalado y comprobado para su funcionamiento.		
	MAT42	1,000 UD	Válvula de seguridad Nacional Safety V...	79,230	79,23
	O01OB170	0,701 h.	Oficial 1º Fontanero/Calefactor	11,440	8,02
	O01OB195	0,701 h.	Ayudante-Fontanero/Calefactor	10,550	7,40
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	94,650	1,89
			Precio total por UD		96,54
			Son noventa y seis Euros con cincuenta y cuatro céntimos		

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total	
3 RED DE DISTRIBUCIÓN					
3.1	PD10	m	Tubería de acero inoxidable de 73 mm de diámetro nominal y 1,6 mm de espesor, en instalaciones interiores de aire comprimido, totalmente instalado y funcionando, incluso con señalización de colores según norma.		
	TUB01	1,000 m	Tubo de acero inoxidable 304L 73 x 1,5 ...	9,400	9,40
	0010B170	0,230 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calafactor	11,440	2,63
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	12,030	0,24
			Precio total por m		12,27
					son doce Euros con veintidós céntimos
3.2	PD11	m	Tubería de acero inoxidable 128 mm		
	TUB02	1,000 m	Tubería de acero inoxidable 304L 129 x ...	19,280	19,28
	0010B170	0,230 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calafactor	11,440	2,63
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	21,310	0,44
			Precio total por m		22,36
					son veintidos Euros con treinta y cinco céntimos
3.3	PD12	m	Tubería de acero inoxidable 219,1 mm		
	TUB03	1,000 m	Tubería de acero inoxidable 304L 219,1...	34,030	34,03
	0010B170	0,230 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calafactor	11,440	2,63
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	36,660	0,73
			Precio total por m		37,39
					son treinta y siete Euros con treinta y nueve céntimos
3.4	PD13	m	Tubería de acero inoxidable 254 mm		
	TUB04	1,000 m	Tubería de acero inoxidable 304L 254 x ...	39,660	39,66
	0010B170	0,230 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calafactor	11,440	2,63
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	42,290	0,85
			Precio total por m		43,14
					son cuarenta y tres Euros con catorce céntimos
3.5	PD14	m	Tubería de acero inoxidable 304 mm		
	TUB05	1,000 m	Tubería de acero inoxidable 304L 304 ...	58,750	58,75
	0010B170	0,230 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calafactor	11,440	2,63
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	61,380	1,23
			Precio total por m		62,61
					son sesenta y dos Euros con sesenta y un céntimos
3.5	PD15	m	Tubería de acero inoxidable 406,4 mm		
	TUB06	1,000 m	Tubería de acero inoxidable 304L 406,4...	117,250	117,25
	0010B170	0,230 h.	Oficial 1ª Fontanero/Calafactor	11,440	2,63
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	119,890	2,40
			Precio total por m		122,28
					son ciento veintidos Euros con veintiocho céntimos

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
4 EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AIRE				
4.1 SECADORES				
4.1.1	PD21	UD	Secador de aire comprimido Atlas Copco FD4000-W de caudal nominal 14400 m³/h con presión de máxima de servicio de 13 bar, potencia de 27,8 kW. Incluye filtros de línea y válvulas de seguridad. Totalmente instalado.	
	SEC01	1,000 UD	Secador de aire comprimido	32.245,000
	0010B170	3,000 h.	Oficial 1º Fontanero/Calafactor	11,440
	0010B200	3,000 h.	Oficial 1º Electricista	11,440
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	32.313,640
			Precio total por UD	32.869,81
			Son treinta y dos mil novecientos cincuenta y nueve Euros con noventa y un céntimos	
4.1.2	PD22	UD	Secador de aire comprimido Ingersoll-Rand D8800IN-W de caudal nominal 8800 m³/h con presión de máxima de servicio de 13 bar, potencia de 13,88 kW. Incluye filtros de línea y válvulas de seguridad. Totalmente instalado.	
	SEC02	1,000 UD	Secador de aire comprimido	26.875,000
	0010B170	3,000 h.	Oficial 1º Fontanero/Calafactor	11,440
	0010B200	3,000 h.	Oficial 1º Electricista	11,440
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	26.943,640
			Precio total por UD	27.482,61
			Son veintidós mil cuatrocientos ochenta y dos Euros con cincuenta y un céntimos	
4.2 CONTROL				
4.2.1	CON01	UD	Suministro e instalación de equipo informático completo y suficiente. Controlador SIGMA AIR MANAGER 4.0 con clase de precisión de control 4.0 y capaz de regular hasta 18 compresores. Totalmente montado, instalado y en perfecto funcionamiento.	
	MA05	1,000 UD	Equipo informático controlador SIGMA ...	3.805,070
	0010B200	1,500 h.	Oficial 1º Electricista	11,440
	0010B220	1,500 h.	Ayudante-Electricista	10,560
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	3.839,070
			Precio total por UD	3.816,86
			Son tres mil novecientos quince Euros con ochenta y cinco céntimos	
4.3 TOMA DE AIRE				
4.3.1	REJ001	UD	Rejilla de aluminio para toma de aire exterior con aletas fijas de paso 100 mm. Rejilla con malla galvanizada y aletas paralelas a la dimensión mayor. Porta filtro construido en acero galvanizado y filtro K/8 clase EN 779 G3. Marco de montaje construido en acero galvanizado. Fijación con tornillos visibles. Marca MADEL. LxH: 1750x1400. Capacidad de 16886 m³/h.	
	MA001	1,000 UD	Rejilla de Intemperie para instalación de ...	549,090
	0010B505	0,210 h.	Oficial 1º Montador	10,710
	MO13	0,210 h.	Ayudante montador	14,700
	%CDC	2,000 %	Costes directos complementarios	554,430
			Precio total por UD	686,62

Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
5 Legalización				
5.1	LEG01	UD	Legalización de la instalación de aire comprimido elaborando el conjunto de trámites que hay que llevar a cabo para que la instalación esté correctamente legalizada.	
			Sin descomposición	<u>2.860,000</u>
			Precio total redondeado por UD	2.860,00
				Don dos mil ochocientos sesenta Euros

Capítulo nº 1 COMPRESORES

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Compresor aire ZH 15.1 Atlas Copco			
		Total UD :	4,000	18.527,75 €	74.111,00 €
1.2	Ud	Compresor aire ZH 15.2 Atlas Copco			
		Total UD :	3,000	16.819,76 €	50.459,28 €
1.3	Ud	Booster aire B-4 ABC Compressors 1EHA-4-LT			
		Total UD :	2,000	4.586,39 €	9.172,78 €
1.4	Ud	Compresor aire ZH 1000 Atlas Copco			
		Total UD :	3,000	20.447,13 €	61.341,39 €
Parcial nº 1 COMPRESORES :					195.084,45 €

Capítulo nº 2 VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Ud	Válvula de mariposa			
		Total UD :	24,000	459,29 €	11.022,96 €
2.2	Ud	Válvula de compuerta			
		Total UD :	24,000	900,26 €	21.606,24 €
2.3	Ud	Purgador automático			
		Total UD :	20,000	173,29 €	3.465,80 €
2.4	Ud	Abrazadera			
		Total UD :	110,000	10,01 €	1.101,10 €
2.5	Ud	Codo 90º de acero inoxidable			
		Total UD :	34,000	177,39 €	6.031,26 €
2.6	Ud	Te de acero inoxidable			
		Total UD :	27,000	401,76 €	10.847,52 €
2.7	Ud	Válvula de seguridad Masonellan			
		Total UD :	12,000	89,03 €	1.068,36 €
2.8	Ud	Válvula de seguridad Rikfro			
		Total UD :	9,000	84,98 €	764,82 €
2.9	Ud	Válvula de seguridad Nacional Safety Valves			
		Total UD :	6,000	96,54 €	579,24 €
Parcial nº 2 VÁLVULAS Y ACCESORIOS :					56.487,30 €

Capítulo nº 3 RED DE DISTRIBUCIÓN

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	M	Tubería de acero inoxidable 73 mm			
		Total m :	18,000	12,27 €	220,86 €
3.2	M	Tubería de acero inoxidable 129 mm			
		Total m :	36,000	22,35 €	804,60 €
3.3	M	Tubería de acero inoxidable 219,1 mm			
		Total m :	36,000	37,39 €	1.346,04 €
3.4	M	Tubería de acero inoxidable 254 mm			
		Total m :	138,000	43,14 €	5.953,32 €
3.5	M	Tubería de acero inoxidable 304 mm			
		Total m :	30,000	62,61 €	1.878,30 €
3.6	M	Tubería de acero inoxidable 406,4 mm			
		Total m :	18,000	122,28 €	2.201,04 €
Parcial nº 3 RED DE DISTRIBUCIÓN :					12.404,16 €

Capítulo nº 4 EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AIRE

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1	Ud	Secador aire comprimido Atlas Copco 14400 m3/h			
		Total UD :	8,000	32.959,91 €	263.679,28 €
4.2	Ud	Secador aire comprimido Ingersoll-Rand 9600 m3/h			
		Total UD :	3,000	27.482,51 €	82.447,53 €
4.3	Ud	Controlador maestro KAESER COMPRESORES			
		Total UD :	1,000	3.915,85 €	3.915,85 €
4.4	Ud	Rejilla filtradora exterior de toma de aire			
		Total UD :	10,000	565,52 €	5.655,20 €
Parcial nº 4 EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AIRE :					355.697,86 €

Capítulo nº 5 Legalización

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	Ud	Legalización instalación aire comprimido			
		Total UD :	1,000	2.860,00 €	2.860,00 €
Parcial nº 5 Legalización :					2.860,00 €

Proyecto de una planta auxiliar de suministro de aire comprimido para uso en una línea de montaje de automóviles

Capítulo 1 COMPRESORES	195.084,45
Capítulo 2 VÁLVULAS Y ACCESORIOS	56.487,30
Capítulo 3 RED DE DISTRIBUCIÓN	12.404,16
Capítulo 4 EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AIRE	355.697,86
Capítulo 4.1 SECADORES	346.126,81
Capítulo 4.2 CONTROL	3.915,85
Capítulo 4.3 TOMA DE AIRE	5.655,20
Capítulo 5 Legalización	2.860,00
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material	622.533,77
13% de gastos generales	80.929,39
6% de beneficio industrial	37.352,03
Suma	<hr/> 740.815,19
21% IVA	155.571,19
<hr/>	
Presupuesto de ejecución por contrata	896.386,38

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://ing-orlandophilco.jimdo.com/neum%C3%A1tica/>
- [2] https://2.bp.blogspot.com/-SjdOUg2mGbo/Vxb5xffzEjI/AAAAAAAAAGxE/b4WbddBwZ_FsisdqngyaRef3q3oHhkveACLcB/s1600/acumu.jpg
- [3] http://www.hitachi-america.us/supportingdocs/forbus/isd/white_papers/Hitachi_White_Paper_Piping%20Spanish%20LR.PDF
- [4] https://www.betico.com/adjuntos/beticoProductos/15_adjunto.pdf
- [5] <http://www.serrei.com/productos/>
- [6] <http://www.ctarefrigeracion.com/productos/aire/ra.html>
- [7] http://www.deltasec.es/cas/productos/sec_frig/buran.htm
- [8] https://www.educarex.es/pub/cont/com/0055/documentos/10_Informaci%C3%B3n/03_Guías/guía_Aire_Comprimido.pdf
- [9] <https://www.widman.biz/boletines/56.html>
- [10] http://www.starline.com.mx/?page_id=2525
- [11] <https://es.slideshare.net/carlcox/neumatica-semanas-1-y-2>
- [12] <http://riegos.ivia.es/listado-de-estaciones/denia>
- [13] <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/filtracion-lineas-aire-comprimido>
- [14] <http://www.airumlogistic.com/producto/Tratamiento-de-aire/Secadores/Secador-Frigorifico-AMD-43>
- [15] Enrique Carnicer Royo (1991). Aire comprimido Teoría y cálculo de las instalaciones.
- [16] Enrique Carnicer Royo (1977). Aire comprimido Teoría y cálculo de las instalaciones.
- [17] Enrique Carnicer Royo (1981). Equipos y herramientas neumáticas.
- [18] Jesus Paniagua Zazo (1969). Manual de las técnicas del aire comprimido.
- [19] https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/compressor-technique/oil-free-air/documents/2935063413_ZH355-900_plus_ZH630-1600_plus_EN_LR_ineko.pdf
- [20] <http://blog.uclm.es/mariacarmenmata/27-junio-2016-ejercicio-2/>
- [21] <http://www.afrialba.com/wp-content/uploads/2014/10/TARIFA-REJILLAS-EXTERIOR ES-Y-VENTILACION-20161.pdf>
- [22] http://www.denia.es/adjuntos/urbanisme/PGE_Denia.pdf