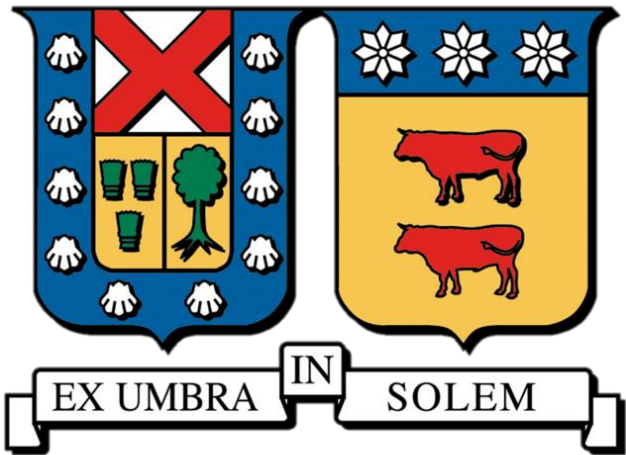


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA, DEPARTAMENTO
DE MECÁNICA SEDE CONCEPCIÓN



**PROPUESTA PARA RENOVACIÓN DE RED DE AIRE PARA
INSTRUMENTACIÓN EN TALLERES, LABORATORIOS DEL
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA, USM SEDE CONCEPCIÓN**

SEBASTIÁN ALEJANDRO BELTRÁN FIGUEROA

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, LICENCIADO EN
INGENIERÍA**

PROFESOR GUÍA: MARCELO QUIROZ NEIRA

RESUMEN

En la presente memoria de titulación se realizará la creación de un proyecto para la renovación del sistema de aire para instrumentación, abarcando a todos los talleres del departamento de mecánica de la USM Sede concepción.

El proyecto da comienzo con la recepción de toda la información entregada por la universidad y un levantamiento en terreno de la información de todos los equipos que requieren ser alimentados con energía de aire comprimido de instrumentación, analizando la demanda teórica actual de aire comprimido en la planta e identificando los sistemas de generación y sus componentes correspondientes: compresores, filtros, secadores y tanques de almacenamiento. En base a la evaluación sobre el estado actual del sistema de aire comprimido, se determinó que se debe implementar una red de aire de instrumentación centralizada con un compresor de tornillo moderno y silencioso con los requerimientos de la demanda por parte de los equipos más exigentes de aire comprimido en la universidad, el cual debe contar con los sistemas de tratamiento del aire y los procedimientos deben ajustarse a la normativa nacional tanto como a la internacional.

Posteriormente se hace el desarrollo del diseño de la solución, la que se divide en dos etapas. La primera etapa consta en la construcción de la sala del compresor, en esta parte se selecciona la ubicación del compresor para luego proceder con las obras civiles, donde se demuele parte de la infraestructura de la universidad para ajustar la sala a los espacios, la que se realizará en base al diseño del compresor bajo la información brindada por el fabricante. También corresponde realizar las pruebas de puesta en marcha para ver que las conexiones eléctricas funcionen correctamente.

La segunda etapa consiste en realizar la intervención a lo largo de los talleres para hacer la instalación de tuberías con las respectivas bajadas en espacios estratégicos para realizar de forma eficiente las mantenciones futuras a la red de aire de instrumentación. En esta etapa del presente proyecto se realizará todo el diseño de la red mediante un isométrico y P & ID con las dimensiones de la planta.

ÍNDICE

RESUMEN 2

SIGLAS..... 6

SIMBOLOGÍA 6

INTRODUCCIÓN..... 7

OBJETIVOS 7

CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO 9

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA..... 10

1.1. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MÉCANICA 10

1.1.2 El Departamento de Ingeniería Mecánica establece como su misión la siguiente: 10

1.1.3 Esta misión se cumple por medio de:..... 10

1.1.4 La visión del Departamento de ingeniería mecánica es la siguiente:..... 11

1.2 TALLERES..... 11

1.2.1 Mecánica industrial..... 11

1.2.2 Estructura..... 11

1.2.3 Automotriz..... 11

1.3 GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO 12

1.3.1 ¿QUÉ ES EL AIRE COMPRIMIDO? 12

1.3.2 ¿QUÉ ES UN COMPRESOR?..... 17

1.3.3 ¿CÓMO FUNCIONAN LOS COMPRESORES? 20

1.3.4 TIPOS DE COMPRESORES 20

1.3.5 Recomendaciones de usos e instalación de compresores para sistemas de aire comprimido 23

1.4 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO. 24

1.4.1 Aire comprimido exento de aceite 25

1.4.2 Depósitos, acumuladores 25

1.4.3 Tuberías..... 26

1.5 DESCRIPCIÓN DE SISTEMA ACTUAL Y PROBLEMÁTICA..... 31

1.5.1 Equipos demandantes de aire comprimido en talleres USM..... 31

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 38

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUALMENTE IMPLEMENTADO 39

2.1 PROCEDIMIENTO ACTUAL DE USO DE AIRE PARA INSTRUMENTACIÓN 39

2.2 LAYOUT..... 40

2.3 CONTEXTO ACTUAL EN TALLERES..... 41

2.3.1 Mecánica Industrial:..... 41

2.3.2 Estructura:..... 41

2.3.3 Mecánica automotriz: 42

2.3.4 Mantenimiento:..... 42

- 2.4 DATOS TÉCNICOS COMPRESORES ESTACIONARIOS..... 43
 - 2.4.1 Compresor de Mecatrónica y Taller de Mecánica industrial. 43
 - 2.4.2 Compresor en sala de Laboratorio Turbomáquinas 44
 - 2.4.3 Compresor en Taller de Mecánica Automotriz..... 45
- 2.5 DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ACTUALES DE AIRE PARA INSTRUMENTACIÓN 46
 - 2.5.1 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)..... 46
- CAPÍTULO 3: DISEÑO SOLUCIÓN 47
 - 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 48
 - 3.1.2 Selección del compresor..... 48
 - 3.2 PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO 50
 - 3.2.1 Construcción de sala para el compresor. 50
 - 3.2.2 Montaje de equipos en sala de compresores. 50
 - 3.2.3 Puesta en marcha del equipo. 51
 - 3.2.4 CARTA GANTT ETAPA 1..... 52
 - 3.3 SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO 53
 - 3.3.1 Fabricación y montaje de sistema de cañería piping red de aire. 53
 - 3.3.2 Fabricación y montaje de soportes mecánicos de red de distribución de aire 53
 - 3.3.3 CÁLCULOS CAIDA DE PRESIÓN..... 54
 - 3.4 REQUERIMIENTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE NUEVA RED DE AIRE 57
 - 3.4.1 Normativa y Estándares aplicables para Sistemas de Aire Comprimido..... 57
 - 3.4.2 Normas Internacionales ISO:..... 58
 - 3.4.3 Normas de Instrumentación y Neumática: 58
- CAPÍTULO 4: EVALUACION ECONOMICA..... 62
 - 4.1 ESTUDIO DE COSTOS PARA RENOVACIÓN RED DE AIRE..... 63
 - 4.1.1 Costos de adquisición de equipos 63
 - 4.1.2 Costos mano de obra 63
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 64
- BIBLIOGRAFÍA 65
- ANEXOS 66

ÍNDICE DE IMÁGENES

***Ilustración 1-1.** Conversión del Aire atmosférico en Aire comprimido 13*

***Ilustración 1-2.** Esquema representativo presiones 15*

***Ilustración 1-3.** Compresor de émbolo..... 21*

***Ilustración 1-4.** Compresor rotativo de células múltiples 22*

***Ilustración 1-5.** Componentes comunes de un sistema de compresión de aire 24*

***Ilustración 1-6.** Esquema de instalación de distribución de aire comprimido..... 25*

***Ilustración 1-7.** Nomograma para el cálculo de tuberías de aire 28*

***Ilustración 1-8.** Derivación de una tubería 29*

***Ilustración 1-9.** Derivación de una tubería de aire comprimido de la tubería principal 30*

***Ilustración 1-10.** TOP TECH DM55 TX-CNC..... 31*

***Ilustración 1-11.** Brazo robótico NACHI MR20-02..... 32*

***Ilustración 1-12.** Bancos de válvula de control 33*

***Ilustración 1-13.** Celda flexible 34*

***Ilustración 1-14.** ESAB POWERCUT-1250/1500..... 35*

***Ilustración 1-15.** Mesa cortadora por plasma 35*

***Ilustración 1-16.** Banco didáctico 36*

***Ilustración 1-17.** Elevador hidráulico de 2 columnas 36*

***Ilustración 1-18.** Elevador de 4 columnas TLT440W 37*

***Ilustración 1-19.** Inyector Diesel 37*

***Ilustración 3-20.** Compresor y equipos secundarios..... 49*

***Ilustración 3-21.** Sala compresor..... 51*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.Conversión a longitud equivalente de tubería para dispositivos 27

Tabla 2-1. Total caudal teórico desplazamiento 39

Tabla 2-2. Compresor de Mecatrónica 43

Tabla 2-3. Compresor de Laboratorio Turbomáquinas..... 44

Tabla 2-4.Compresor en Taller de Mecánica Automotriz..... 45

Tabla 4-1. Costos Mano de Obra en CLP 63

SIGLAS

ISO: La Organización Internacional de Normalización

DIN: Instituto Alemán de Normalización

VDI: Asociación Alemana de Ingenieros

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

API: Instituto Americano del Petróleo

ASME: La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos

ISA: Sociedad de Instrumentación y Automatización

INN: Instituto Nacional de Normalización

SIMBOLOGÍA

BAR: Unidad de presión sistema internacional.

kp/cm²: Kilopondios por centímetro cuadrado.

m³/min o L/min: Metros cúbicos por minuto o Litros por minuto.

PSI/G: Libras por pulgada cuadrada en presión relativa.

m: Metros

INTRODUCCIÓN

La Sede Concepción de la Universidad Técnica Federico Santa María y el departamento de mecánica en la constante renovación y estandarización de sus unidades tanto de equipamiento como herramientas, se ha planteado el generar un proyecto que pueda abastecer a todos sus talleres de un sistema de aire de una calidad superior que a su vez sea sostenible desde el punto de vista de la contaminación acústica y medioambiental (olores), es por ello que mediante la siguiente propuesta se buscará sustituir todas sus unidades de aire comprimido (a combustión interna) que están dispuestas en forma individual en cada sala, taller o laboratorio del departamento, creando una solución para minimizar los problemas medioambientales y cuidar la salud de cada máquina, o equipo que necesita esta energía para poder actuar.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar propuesta para abastecer de una red aire comprimido para instrumentación bajo requerimientos de calidad a los Talleres y laboratorios pertenecientes al departamento de mecánica USM (Sede Concepción), siendo a su vez sostenible.

Objetivos específicos

-Analizar y elaborar un levantamiento de los equipos alimentados por aire y sistemas de aire comprimido actuales en los talleres y laboratorios del Departamento, identificando los problemas relacionados con la calidad del aire y sostenibilidad.

-Evaluar las necesidades técnicas y normativas nacionales e internacionales aplicables a sistemas de aire comprimido para instrumentación.

-Desarrollar el diseño de una red de aire de instrumentación que permita abastecer a todos los talleres y laboratorios del Departamento de Mecánica de la Sede Concepción.

-Estimar los costos de implementación del sistema de aire comprimido diseñado.

CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MÉCANICA

La unidad básica de gestión académica en la USM es el Departamento Académico o Docente. Cada Unidad realiza su función académica y docente, de acuerdo con planes, programas y reglamentos debidamente aprobados por las instancias pertinentes de la Universidad y de acuerdo con los lineamientos del Plan Estratégico Institucional.

Actualmente, la Universidad Técnica Federico Santa María desarrolla su quehacer académico y docente a través de sus 29 departamentos. En la sede concepción el profesional y docente que desempeña el cargo de director del Departamento de Mecánica en 2024 es Fabrizzio Cariñe.

En la docencia de pregrado colabora también un grupo de profesores part-time. Asimismo, dada la importancia que la Universidad otorga a la experiencia práctica en laboratorio, el Departamento cuenta con un equipo de Técnicos e Ingenieros para sus laboratorios, que conforman la planta de Apoyos Académicos.

1.1.2 El Departamento de Ingeniería Mecánica establece como su misión la siguiente:

Contribuir al progreso de la Ingeniería Mecánica y al desarrollo industrial y tecnológico que el país demanda, comprometidos con el espíritu del legado del fundador don Federico Santa María Carrera.

1.1.3 Esta misión se cumple por medio de:

- La formación, con orientación a la excelencia, de ingenieros, magíster y doctores preparados para liderar procesos de desarrollo global del país y de la humanidad.
- Una sólida actividad de investigación, tanto fundamental como de investigación aplicada para desarrollo tecnológico con la industria.
- La cooperación con las empresas e instituciones a través de actividades de asistencia técnica, capacitación y prestación de servicios.

1.1.4 La visión del Departamento de ingeniería mecánica es la siguiente:

Ser un Departamento líder en el país en la formación de ingenieros y profesionales con magíster y doctorado en ingeniería mecánica, así como en las contribuciones al conocimiento y los desarrollos en la especialidad; con relaciones nacionales e internacionales que permitan la realización de proyectos orientados a la mejora de la competitividad de nuestro país y la movilidad de nuestros estudiantes y profesores.

1.2 TALLERES

1.2.1 Mecánica industrial

El taller de mecánica industrial es el área donde se brindan los conocimientos prácticos relacionados a la operación de equipos de mecanizado con amplia variedad de máquinas y herramientas constantemente actualizadas. Dentro de su infraestructura cuenta con un pañol compartido con el taller de Estructuras (Soldadura) el cual se encuentra ubicado simultáneamente.

1.2.2 Estructura

En este taller es donde los alumnos adquieren principalmente los conocimientos prácticos de soldadura, acabados manuales y oxicorte. Por medio de la investigación, análisis e implementación de un proyecto para renovación de red de aire comprimido seco ejecutado mediante esta propuesta, se espera implementar dos terminales fijos para instalación de acople rápido que permitirán habilitar equipos adquiridos por el departamento que requieren de aire comprimido para actuar.

1.2.3 Automotriz

Este taller podría ser considerado como uno de los más completos en la Sede Concepción, por la variedad de equipos e instrumentación. Es aquí donde los estudiantes de mecánica automotriz experimentan simulaciones e intervenciones lo más cercanas a la realidad, obteniendo conocimientos teóricos y prácticos fundamentales para el desarrollo de profesionales con altas competencias en el desempeño laboral. Actualmente este taller es de los que presenta una mayor demanda de un sistema de aire comprimido eficiente y de calidad al contar con una mayor cantidad de equipos que requieren de este sistema para actuar.

1.3 GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO

1.3.1 ¿QUÉ ES EL AIRE COMPRIMIDO?

Los términos Neumático y Neumática provienen de la palabra griega “Pneuma”, que significa “aliento” o “soplo”. En su aceptación original, la Neumática se ocupaba de la dinámica del aire y los fenómenos gaseosos, pero la técnica ha creado de ella un concepto propio, pues en neumática se solo se habla de la aplicación de la sobrepresión o la depresión (vacío).

La mayoría de las técnicas neumáticas se basan en el aprovechamiento de la energía de la sobrepresión, previamente generada, respecto a la presión atmosférica. El portador de la energía es el aire comprimido, en la neumática según las normas (DIN y VDI), se dice exclusivamente aire comprimido.

Estas invenciones fueron diseñadas con preferencia para objetivos de culto o para la guerra. Por ejemplo, la enciclopedia técnica editada en 1744 por Diderot, que contiene la vista en un fusil neumático junto con otros aparatos neumáticos. Hace poco más de un siglo se inventaron varios dispositivos neumáticos, por ejemplo, el correo neumático, el freno de aire comprimido, el martillo de remachar, el perforador de percusión y otras herramientas por aire comprimido. Además de un tranvía de accionamiento neumático, hubo varios sistemas neumáticos para los ferrocarriles. Alguno de estos inventos sigue aun en uso en una ejecución mejorada, y el de otros desapareció rápidamente a causa de dificultades técnicas o de otro tipo.

El aire comprimido al ser una forma de energía almacenada es utilizado para operar maquinaria, equipos o procesos. El aire comprimido es utilizado en la mayoría de las industrias manufactureras y en algunas de servicios, a menudo donde no sea práctico (o peligroso) utilizar energía eléctrica directamente para suministrar energía a herramientas y equipos.

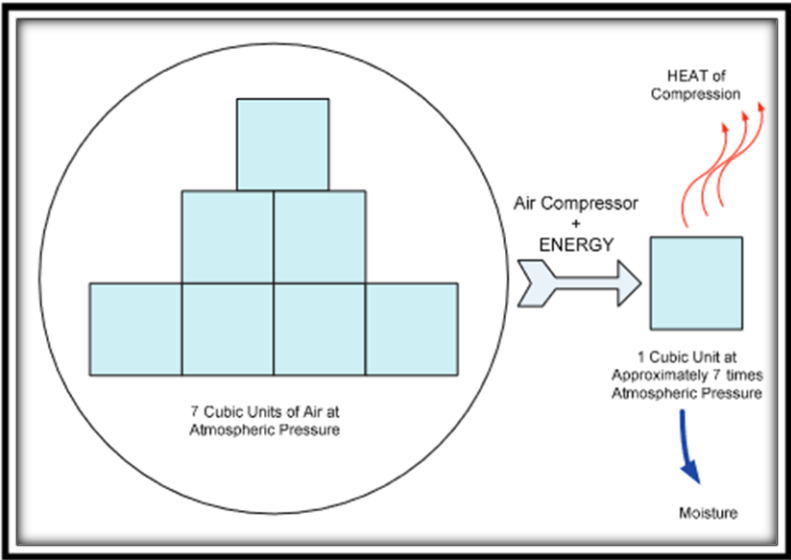


Ilustración 1-1. Conversión del Aire atmosférico en Aire comprimido

Fuente: COMPRESSED AIR, Ivor F. da Cunha (2007).

Un compresor de aire convencional, alimentado por electricidad, toma alrededor de 7 veces el volumen de aire normal y lo comprime en un solo volumen con alta presión (aproximadamente 100 psi/g, [7 bar]). El aire a alta presión resultante se distribuye a equipos o instrumentación donde libera energía útil a medida que se expande nuevamente a presión atmosférica, permitiéndoles actuar.

En el proceso de compresión, y el posterior enfriamiento del aire a temperatura ambiente, el calor y la humedad, se liberan como ilustra la Figura. (El calor recuperado del compresor de aire se puede reutilizar potencialmente como medida de eficiencia energética para otros procesos, como el calentamiento de espacios y agua).

Dependiendo de la aplicación, la humedad excesiva en el aire comprimido debe gestionarse, ya que puede causar problemas a las tuberías (corrosión) y equipos de uso final.

1.3.1.1 Aspectos y magnitudes elementales

Presión (P):

La presión se define como la fuerza ejercida sobre una unidad de área determinada.

$$P = \frac{F}{A}$$

Dónde:

P: presión en Pa (Pascal)

F: fuerza en N (Newton)

A: área en m² (metros cuadrados)

Unidades de presión

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI), la unidad de medida para la presión es el Pascal (Pa). Sin embargo, el uso de unidades alternativas de presión también es posible. A continuación, se presentan otras unidades de presión utilizadas.

$$1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 98066 \text{ Pa} = 0.1 \text{ MPa}$$

Tipos de presión

Presión absoluta (Pabs): Presión medida tomando el cero absoluto de presión como referencia. La (Pabs) se calcula sumando la presión manométrica (Pman) y la presión atmosférica (Patm):

Presión atmosférica: Es la presión ejercida por el peso de los gases de la atmósfera sobre la superficie terrestre. Esta presión disminuye progresivamente al aumentar la altitud sobre el nivel del mar.

Presión relativa (manométrica): Su valor se define como la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica. Esta presión se mide mediante un manómetro y es la que comúnmente se utiliza en aplicaciones cotidianas.

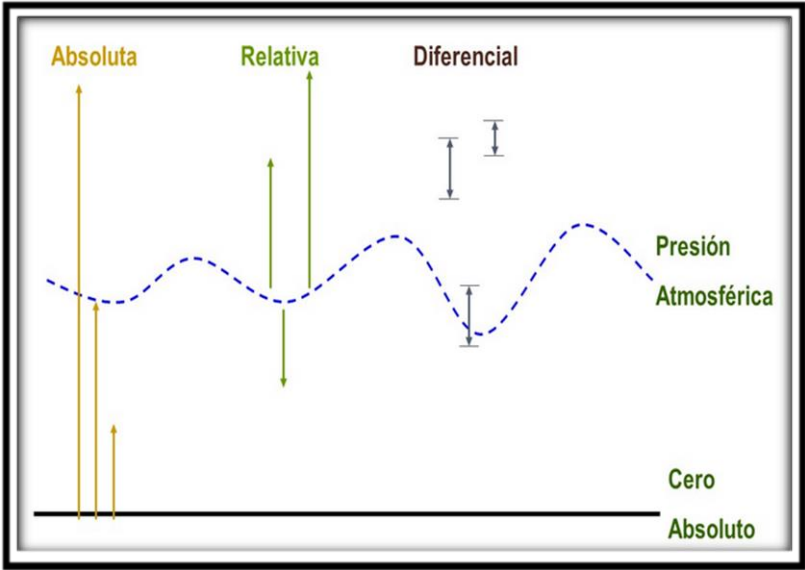


Ilustración 1-2. Esquema representativo presiones

Fuente: Página web Centro nacional de metrología, México.

Temperatura (T):

Podemos definirla como la magnitud física asociada con la energía interna o la energía derivada del movimiento de las partículas en un sistema. En el caso del aire comprimido, un aumento en la temperatura implica un incremento en la agitación y velocidad de las moléculas que lo componen.

Unidades de medida de temperatura:

Grados Kelvin (°K): Unidad de temperatura del Sistema Internacional (S.I) asocia 0 K al “Cero absoluto”.

Grados Celsius (°C): Unidad de medida de temperatura extendida. 0°C equivalen a 273.16 K.

Grados Fahrenheit (°F): El método de definición es similar al empleado para la escala Celsius, aunque en este caso se establece con los puntos de congelación y ebullición del agua, siendo 32°F equivalentes a 0°C.

Volumen:

La magnitud que cuantifica el espacio ocupado por un cuerpo en una ubicación específica. En el Sistema Internacional de Unidades (SI), se expresa en metros cúbicos (m³). Para el aire comprimido, el volumen corresponde al del contenedor en el que se encuentra almacenado.

Caudal (Q):

Corresponde al volumen de aire que pasa por una sección transversal a la corriente de una unidad de tiempo.

En neumática el caudal es la cantidad de aire a presión atmosférica que un compresor comprime y suministra a la red de aire comprimido. Las normas DIN 1945, parte 1, anexo F e ISO 1217, anexo C determinan la medición correcta del caudal.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Dónde:
Q: caudal (m3/s)
V: volumen (m3)
T: tiempo (s)

Humedad:

Hace referencia la cantidad de vapor de agua que hay en el aire en función principalmente de la temperatura a la que se encuentra dicho aire. La humedad se puede expresar como:

Humedad absoluta: Indica la cantidad total de vapor de agua existente en el volumen de aire analizado. Se mide en g/m3.

Humedad relativa: Es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación) (Llanquileo, 2022).

1.3.2 ¿QUÉ ES UN COMPRESOR?

Se llama compresor a toda máquina que impulsa aire, gases o vapores, ejerciendo influencia sobre las condiciones de presión, siendo el grupo principal de una instalación productora de aire comprimido.

El propósito de los compresores es mover aire y otros gases de su lugar. Los gases, a diferencia de los líquidos, son comprimibles y requieren de dispositivos de compresión que, aunque similares a las bombas, funcionan con sistemas de diferentes principios. Los compresores, son capaces de mover aire o gas en rangos de presión diferencial más altos, desde 35 psi hasta 65.000 psi en casos extremos (2,4 a 4481,6 Bar). Es conveniente considerar algunas de las leyes básicas de los gases y la forma en que afectan a los compresores.

1.3.2.1 Definición y conceptos de gas

Por definición, un gas es un fluido que no tiene forma independiente y que tiende a expandirse indefinidamente. Los gases pueden estar compuestos de un solo gas específico que mantiene su propia identidad o una mezcla de gases. El aire, por ejemplo, es una mezcla de varios gases, principalmente nitrógeno (78% en volumen), oxígeno (21%), argón (aproximadamente 1%), y algo de vapor de agua. El aire también puede, debido a las condiciones locales, contener pequeños porcentajes de gases industriales que normalmente no forman parte del aire.

1.3.2.2 Leyes físicas implicadas

La primera ley de la termodinámica

Esta ley establece que la energía no se puede crear ni destruir durante un proceso, como la compresión y el suministro de un gas. En otras palabras, cada vez que desaparece una cantidad de un tipo de energía, aparece una energía exactamente equivalente. Se debe producir el total de otros tipos de energía.

La segunda ley de la termodinámica

Esta ley es más abstracta, pero se puede expresar de varias maneras:

1. El calor no puede, por sí solo, pasar de un cuerpo más frío a otro más caliente.
2. El calor se puede transferir de un cuerpo a una temperatura más baja a otro a una temperatura más alta sólo si se realiza trabajo externo.
3. Por sí solo, el calor o la energía (como el agua) fluirán sólo cuesta abajo (es decir, de caliente a frío).

Básicamente, entonces, estas afirmaciones dicen que la energía que existe en varios de los niveles está disponible para su uso sólo si pueden pasar de un nivel superior a uno inferior.

El aire comprimido se calienta durante el proceso de compresión, y para mejorar la eficiencia del sistema es necesario enfriarlo. La transferencia de calor del aire caliente al entorno o a un intercambiador de calor sigue estos principios.

Leyes de los gases ideales o perfectos

Un gas ideal o perfecto es aquel al que se aplican las leyes de Boyle, Charles y Amontons. Estos gases perfectos no existen realmente, pero tres las leyes de la termodinámica se pueden utilizar si se corrigen mediante el factor de compresibilidad, factores basados en datos experimentales.

La ley de Boyle establece que, a temperatura constante, el volumen de un gas ideal disminuye al aumentar la presión. Por ejemplo, si se comprime una cantidad determinada de gas a una temperatura constante, a la mitad de su volumen, su presión se duplicará.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} \text{ or } P_2 V_2 = P_1 V_1 = \text{constant}$$

Fuente: Reciprocating Compressors, (1996).

La ley de Charles establece que, a presión constante, el volumen de un gas ideal aumentará a medida que aumente la temperatura. Si se aplica calor a un gas, este se expandirá y la presión se mantendrá. Esta ley supone la ausencia de fricción o la presencia de una fuerza aplicada.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ or } \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1}$$

Fuente: Reciprocating Compressors, (1996).

La ley de Amontons establece que, a volumen constante, la presión de un gas ideal aumentará a medida que aumente la temperatura.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ or } \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_1}$$

Fuente: Reciprocating Compressors, (1996).

1.3.3 ¿CÓMO FUNCIONAN LOS COMPRESORES?

Para lograr entender cómo se comportan los gases y mezclas de gases, es necesario recordar que los gases consisten en moléculas individuales de los diversos componentes, muy separadas en comparación con su tamaño. Estas moléculas siempre viajan a alta velocidad; se golpean contra las paredes del recipiente que las contiene y producen lo que conocemos como presión. La temperatura afecta la velocidad promedio de las moléculas. Cuando se añade calor a un volumen fijo de gas, las moléculas viajan más rápido y golpean las paredes del recipiente con más frecuencia y con mayor fuerza, produciendo una mayor presión. Esto es acorde con la Ley de Amontons. Si el recipiente cerrado está equipado con un pistón para que el gas pueda ser apretado en un espacio más pequeño, el viaje de la molécula ahora estará restringido. Las moléculas golpean las paredes ahora con una frecuencia mayor, aumentando más la presión, consistente con la Ley de Boyle. Sin embargo, mover el pistón también entrega energía a las moléculas, haciendo que se muevan con velocidad creciente. Al igual que con la calefacción, esto produce un aumento de temperatura. Además, todas las moléculas son forzadas a ocupar un espacio más pequeño, lo que resulta en un mayor número de colisiones en una unidad de área de la pared. Esto, junto con el aumento de velocidad, produce otro aumento de la presión. La compresión de gases a presiones más altas da como resultado temperaturas más altas, creando problemas en el diseño del compresor. Todo compresor básico y sus elementos, independientemente del tipo, tienen ciertas condiciones operativas que limitan el diseño. Cuando existe alguna limitación involucrada, se hace necesario realizar la obra del proceso de compresión en más de un paso. Esto es denominado multietapa y utiliza un elemento básico del diseño de la máquina para operar en serie con otros elementos que la componen.

1.3.4 TIPOS DE COMPRESORES

En la práctica, los compresores más empleados y que han dado mejor resultado en las instalaciones productoras de aire comprimido para los usos de sistemas neumáticos de mando son los compresores de émbolo (Pistón) y rotativos, que a su vez también se subdividen en varios grupos.

1.3.4.1 Compresores de émbolo:

El compresor más frecuentemente empleado es el de émbolo, pudiéndose emplear como unidad estacionaria (Fija) o unidad móvil y existiendo desde los más pequeños hasta los que entregan caudales superiores a los 500 Nm³/min. Los compresores de émbolo de un escalón (Etapa) comprimen el aire hasta una presión final de 6 kp/cm² y en casos excepcionales llegan a los 10 kp/cm², los compresores de dos escalones normalmente llegan hasta los 15 kp/cm²; pudiendo conseguir los compresores de émbolo de alta compresión con tres y cuatro escalones, presiones finales de 250 kp/cm².

Las ejecuciones más adecuadas para la neumática son las de uno y dos escalones, con preferencia del de dos escalones sobre el de uno en cuanto a la presión final exceda de los 6 kp/cm², porque se proporciona una potencia equivalente con gasto de accionamiento más bajos.

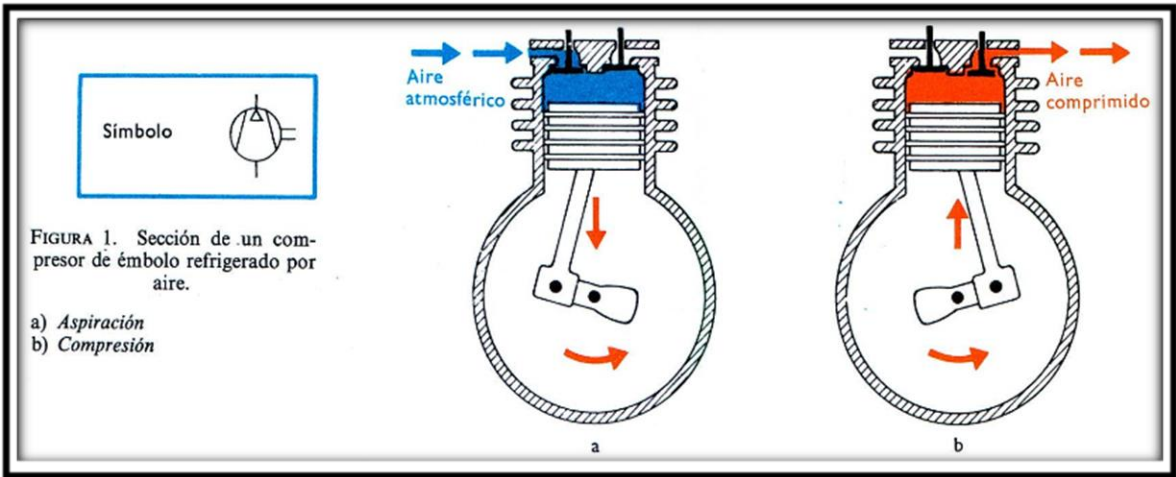


Ilustración 1-3. Compresor de émbolo

Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001)

1.3.4.2 Compresores rotativos:

Los compresores rotativos de células múltiples o también compresores de discos presentan una buena aptitud para los sistemas productores de aire comprimido, y el resto de los compresores de este grupo apenas se emplea en la neumática. El eje de los compresores de células múltiples está estrictamente situado en el interior de un cilindro (Ver figura). De este modo, se origina una cámara de compresión en forma de hoz. Esta cámara es comprimida contra el cilindro exterior, dividido en varias células, mediante unas correderas móviles situadas en el rotor. Cuando el rotor gira a derechas, es aspirado aire que entra por las células de la izquierda que se dilatan o amplían y es comprimido por

las células de la derecha que se estrechan o contraen. Las ventajas más notables de este tipo son su marcha silenciosa y un suministro de aire casi exento de sacudidas.

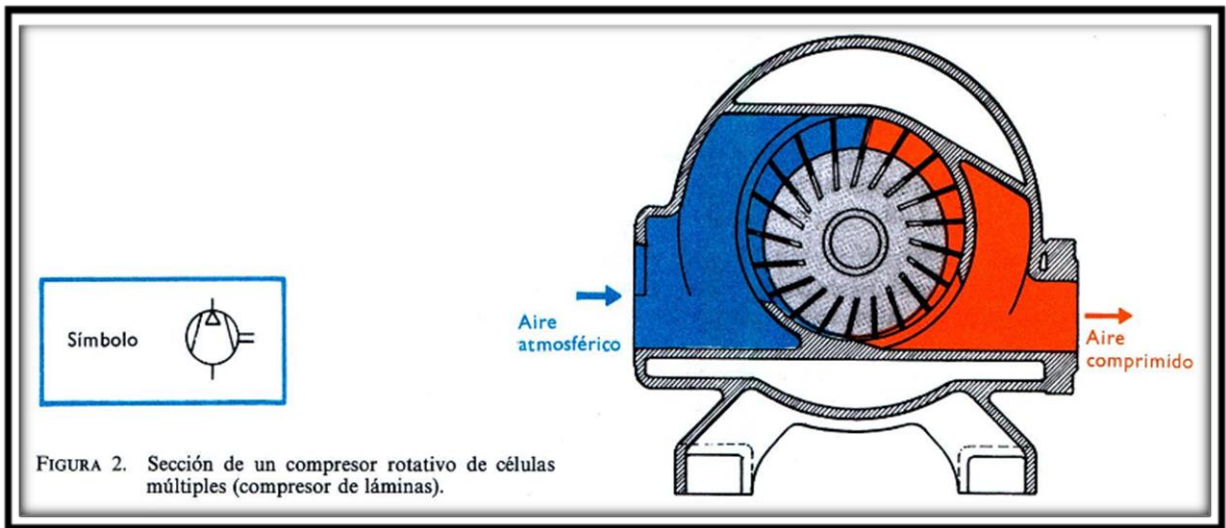


Ilustración 1-4. Compresor rotativo de células múltiples

Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001).

1.3.4.3Compresor de Tornillo Rotativo:

Principio de funcionamiento:

El aire se aspira en la entrada del compresor, se atrapa en las cavidades entre los rotores, y se comprime conforme el volumen disminuye al acercarse a la salida.

Gracias al diseño continuo de los tornillos, el aire comprimido se suministra de manera uniforme y sin sacudidas.

Componentes principales:

Rotores helicoidales: Fabricados con alta precisión para asegurar un ajuste perfecto y minimizar las pérdidas.

Carcasa: Enclava los tornillos, garantizando estanqueidad y soporte mecánico.

Sistema de lubricación (en compresores con aceite): Reduce la fricción, enfría los componentes y sella las cámaras de compresión.

Opciones de diseño:

Con inyección de aceite: Utilizados para mayor eficiencia térmica y sellado interno.

Exentos de aceite: Requeridos en industrias donde la pureza del aire comprimido es esencial (farmacéutica, alimentaria).

1.3.5 Recomendaciones de usos e instalación de compresores para sistemas de aire comprimido

Los equipos compresores móviles solo son prácticos para la industria cuando están dispuestos como grupos auxiliares o para la investigación, mostrándose una preferencia unánime hacia los equipos de emplazamiento fijo (estacionarios). La instalación de un equipo de aire comprimido debe realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante, siendo usual preparar una instalación sobre elementos amortiguadores exenta en lo posible de vibraciones y en los equipos grandes preparar la construcción para que no esté unida con los cimientos de las áreas restantes.

Prescindiendo de los pequeños compresores, los equipos productores de aire comprimido deben estar instalados en una sala o área especial, siendo muy importante que el aire aspirado por los compresores sea lo más fresco posible, seco y exento de polvo. Si el aire es sucio, puede emplearse un filtro para que llegue limpio al compresor a través de las conducciones (Tuberías) de diámetro conveniente, pudiéndose alimentar varios equipos a través la conducción de alimentación.

El grado de pureza del aire aspirado es decisivo para la duración de un compresor. La aspiración de aire caliente y húmedo conduce a una mayor producción de condensación después de la compresión del aire.

1.4 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO.

Los sistemas de aire comprimido constan de una serie de importantes subsistemas y componentes. Los sistemas de aire comprimido pueden ser subdivididos en el Suministro y lado de la demanda.

El área del suministro incluye el compresor, el tratamiento del aire y almacenamiento primario. Una gestión adecuada del área de suministro dará como resultado aire limpio, seco y estable que se suministra a la presión adecuada de manera confiable y rentable. Los subsistemas del área de suministro suelen incluir entrada de aire (velocidad fija y/o velocidad variable), Secador Pos-enfriador, Motor, Controles, Equipos de tratamiento y accesorios. Los controles sirven para ajustar la cantidad de aire comprimido que es producido para mantener la presión constante del sistema y gestionar la interacción entre los componentes del sistema. Los filtradores de aire y secadores de aire eliminan la humedad, el aceite y los contaminantes del aire comprimido. Almacenamiento de aire comprimido (receptores, mojado y seco) también se pueden utilizar para mejorar la eficiencia del sistema y estabilidad. El agua acumulada se descarga de forma manual o automática a través de desagües. Idealmente se cuenta con controladores de presión que son utilizados para mantener una presión constante en un dispositivo de uso final.

El lado de la demanda incluye tuberías de distribución, equipos secundarios de almacenamiento y uso final. Una gestión adecuada del lado de la demanda implica minimizar las diferenciales de presión, reducir el desperdicio de aire, fugas y hacer uso del aire comprimido para aplicaciones apropiadas.

El sistema de transporte por tuberías de distribución de aire comprimido lo lleva desde el compresor de aire al punto de uso final donde se requiere, los receptores de almacenamiento de aire comprimido en el lado de la demanda.(P.Eng, 2007).

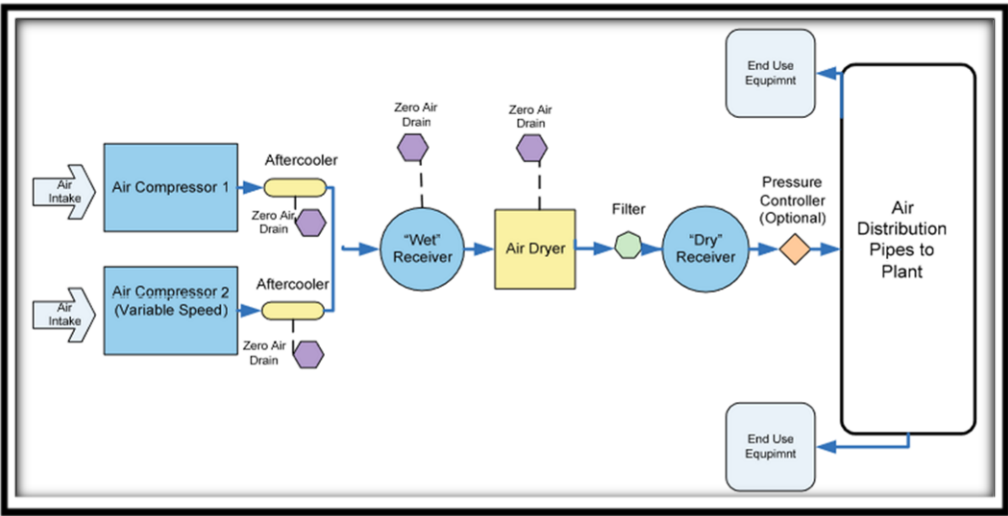


Ilustración 1-5. Componentes comunes de un sistema de compresión de
Fuente: COMPRESSED AIR, Ivor F. da Cunha (2007).

1.4.1 Aire comprimido exento de aceite

En las industrias procesadoras de alimentos, elaboración de cosméticos y productos farmacéuticos se requiere aire comprimido sin agua y además exento de aceite. Los compresores normales suministran aire comprimido más o menos impurificado con una fina niebla de aceite procedente de la lubricación del compresor.

Para estos casos, la industria ofrece compresores de construcción especial, que suministran el aire comprimido desprovisto de aceite. El agua contenida en el aire debe también ser separada después de la compresión. Si se exige la máxima pureza en el aire, se emplean filtros de absorción acoplado después del compresor que retienen el aceite contenido en el aire. Para el secado del aire se requieren medidas complementarias.

1.4.2 Depósitos, acumuladores

Los depósitos y acumuladores han de cumplir varias misiones, y en general sirven para comprimir las fluctuaciones de la presión en todo el sistema de distribución y para separar el agua de condensación producida.

El depósito se ubica directamente a continuación del compresor y debe estabilizar los impulsos de presión procedentes del compresor. En la mayoría de los casos debe servir también de acumulador para toda la red y adicionalmente contribuir a la refrigeración del aire comprimido y a la separación de la condensación producida. En los grandes equipos compresores se monta un refrigerador entre el compresor y el depósito con condensador de agua, del que se extrae una gran parte del condensado.

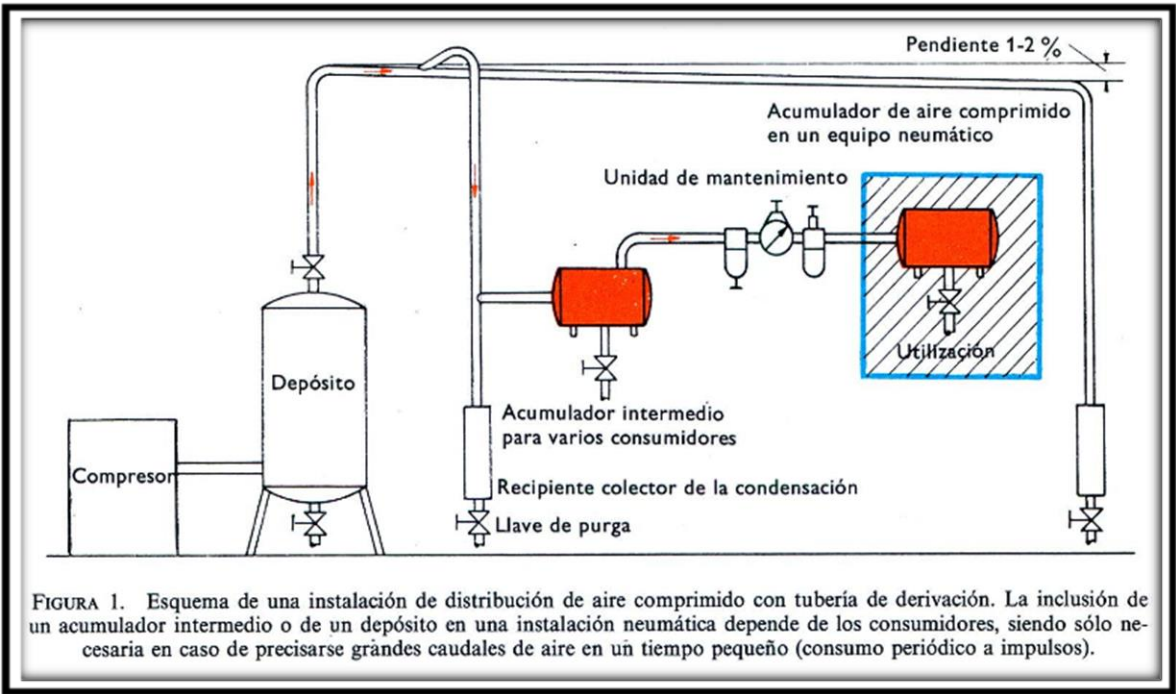
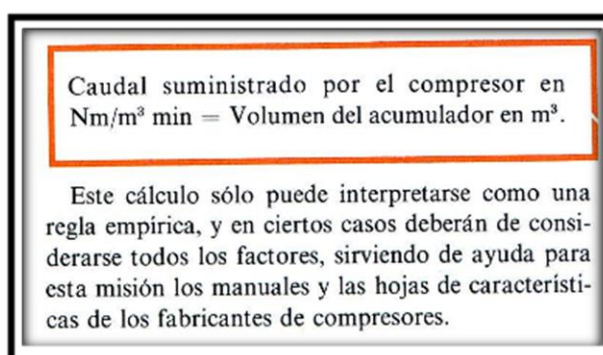


Ilustración 1-6. Esquema de instalación de distribución de aire comprimido

Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001).

Naturalmente el tamaño del acumulador depende en ocasiones de factores como, por ejemplo, la regulación del funcionamiento del compresor y de la frecuencia de conexión máxima, pero los más decisivos son la función de acumulación y el consumo proporcionalmente continuo de aire comprimido. La función del acumulador es necesaria, porque en caso de perturbaciones, por ejemplo, fallo de la corriente, los dispositivos neumáticos deben alcanzar su posición de partida o reposo.



Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001).

1.4.3 Tuberías

Las tuberías de aire comprimido pueden tener desde algunos mm de diámetro interior hasta varios cm, pudiendo ser de goma, plástico o metal.

1.4.3.1 Red de aire comprimido

Conjunto de todas las tuberías que parten del depósito, colocadas fijamente unidas entre sí y que conducen el aire comprimido a los puntos de toma para los equipos consumidores individuales. Los criterios principales de una red son la velocidad de circulación y la caída de presión en las tuberías, y la estanqueidad de la red en conjunto.

1.4.3.2 Planteamiento para nueva red

Para la determinación del diámetro interior, la magnitud decisiva es el consumo de aire comprimido más una reserva adicional para los equipos neumáticos que en corto tiempo puedan incorporarse. La selección del diámetro interior de la tubería depende de:

- La velocidad de circulación admisible.
- La pérdida admisible de presión.
- La presión de trabajo.
- El número de puntos de estrangulación existentes en la tubería (válvulas).
- La longitud de la tubería.

La **velocidad de circulación** del aire comprimido en las tuberías debe estar comprendida entre 6 y 10 m/s; debiéndose utilizar un valor por debajo de los 10 m/s, puesto que la velocidad de circulación supera el valor permisible en muchos puntos debido a los codos existentes, las válvulas, piezas reductoras o manguitos de empalme; además de esto, también se produce una elevación momentánea de la velocidad de circulación, la entrada en funcionamiento de los grandes consumidores.

La **caída de presión** en lo posible no debe superar los 0,1 kp/ cm² hasta los consumidores acoplados; calculándose en la práctica con el 5% del valor de la presión de trabajo; así con un valor de 6 kp/ cm² la presión de trabajo tiene una pérdida de 0,3kp/ cm², que es aceptable. Los puntos de estrangulación en la red de aire comprimido se originan por la inclusión de tubos-accesorios, codos o curvas y derivaciones.

Para el cálculo del diámetro interior de la tubería deben transformarse estos puntos de estrangulación en M de longitud de tubería y añadirse a la longitud total de la misma, la siguiente tabla contiene la equivalencia en M de longitud de tubería de los puntos de estrangulación individuales.

TABLA 1. Resistencia de circulación de dispositivos y codos de tubos transformada en longitud equivalente de tubería							
Dispositivo	Longitud equivalente de tubería en m						
	Diámetro interior de tubería en mm						
	25	40	50	80	100	125	150
Válvula de asiento	6	10	15	25	30	50	60
Válvula de cierre	3	5	7	10	15	20	25
Válvula de compuerta	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5
Manguito acodado	1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Manguito acodado	1	2	2,5	4	6	7,5	10
Manguito acodado $r=d$	0,3	0,5	0,6	1	1,5	2	2,5
Manguito acodado $r=2d$	0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1	1,5
Empalmes de tuberías, tubo en T	2	3	4	7	10	15	20
Pieza reductora	0,5	0,7	1	2	2,5	3,5	4

Tabla 1-1. Conversión a longitud equivalente de tubería para dispositivos

Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001).

Los fabricantes de compresores han realizado los trabajos preliminares para el cálculo de tuberías y han desarrollado nomogramas para determinar con facilidad el tamaño más adecuado. En el nomograma de la siguiente figura pueden escogerse los valores conocidos y determinarse el diámetro necesario para la tubería. Se empieza en la parte derecha, en el punto de corte del caudal (consumo de aire comprimido) con la presión de trabajo; un nuevo punto de corte resulta de la longitud total de tubería con la caída de presión permisible. El consumo de aire suele venir indicado en Nm³/min o en NI/min (aire de aspiración).

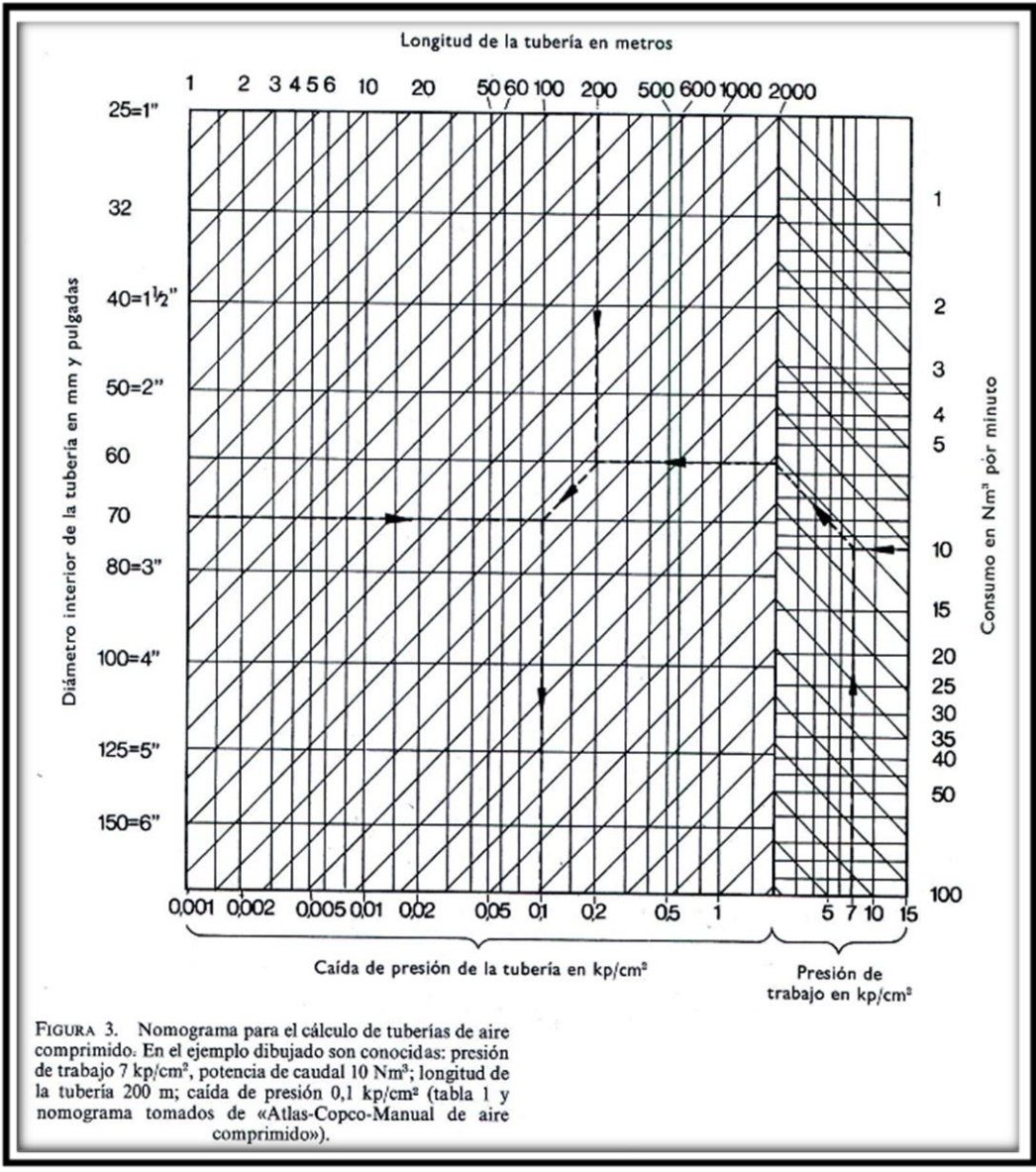


Ilustración 1-7. Nomograma para el cálculo de tuberías de aire

Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001).

1.4.3.3 Instalación de tuberías

En lo posible, las tuberías de aire comprimido de instalación fija deben ser accesibles, por lo que ha de evitarse su colocación empotrada en paredes o en galerías para tubos demasiado estrechas. Esto es preciso a fin de que la vigilancia o la comprobación de estanqueidad de la red de tuberías no se haga tan difícil o incluso imposible.

Las tuberías de alimentación horizontales deben colocarse con una pendiente del 1-2% en el sentido de la circulación (ver figura de sección 1.4.2 Depósitos).

Las desviaciones verticales hacia abajo no deben terminar directamente en la toma para el consumidor, sino que deben prolongarse un poco más con el fin de que el agua de condensación producida no pase al aparato consumidor, sino que se acumule en el punto más bajo de la derivación ulterior evacuación.

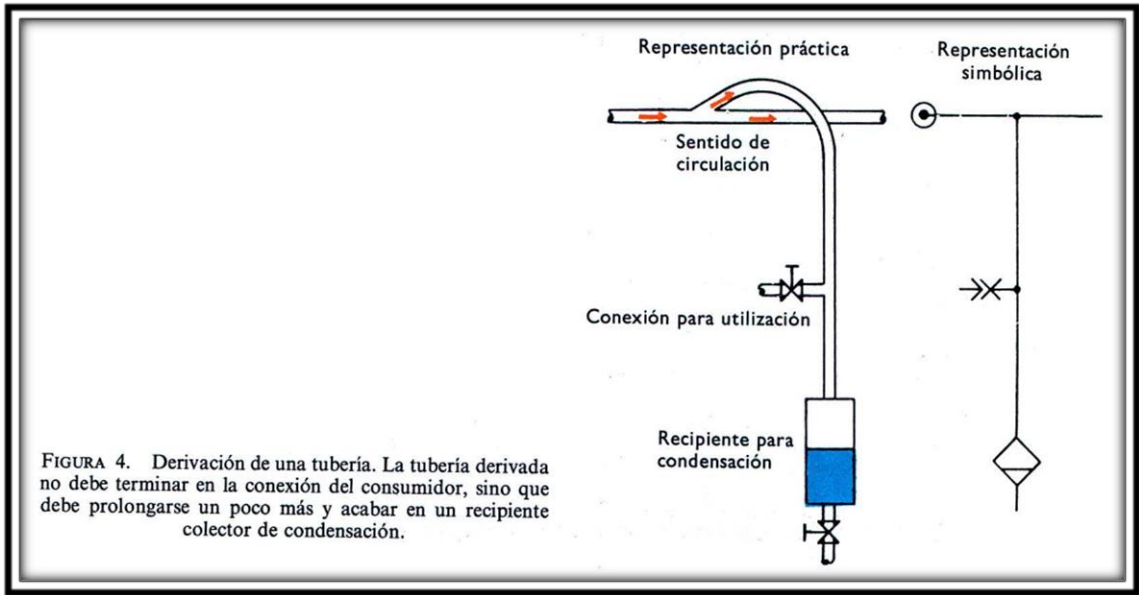


Ilustración 1-8. Derivación de una tubería

Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001).

Las tuberías que parten de la tubería principal deben derivarse siempre dirigiéndolas hacia arriba. La curvatura interior ha de tener un radio mínimo $r = 2D$ (dos veces el diámetro exterior de la tubería). Una derivación para varios aparatos consumidores con una gran demanda de aire debe efectuarse como en la siguiente figura:

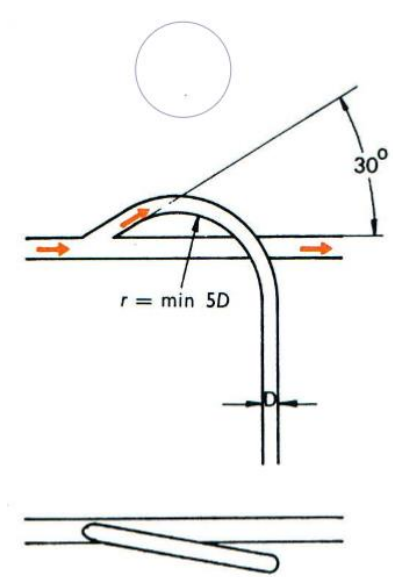


FIGURA 5. Derivación de una tubería de aire comprimido de la tubería principal.

Ilustración 1-9. Derivación de una tubería de aire comprimido de la tubería principal

Fuente: Dispositivos neumáticos Deppert, Werner (2001).

1.5 DESCRIPCIÓN DE SISTEMA ACTUAL Y PROBLEMÁTICA

En la sede Concepción de la USM, los sistemas de aire comprimido del Departamento de Mecánica son un recurso compartido y demandado por los talleres de Mecánica Industrial, Estructura, Mecánica Automotriz y Mantenimiento. Sin embargo, debido a problemas de diseño, desgaste y crecimiento en las demandas de uso, actualmente estos sistemas enfrentan una serie de limitaciones que afectan el desempeño y generan ineficiencias operativas.

1.5.1 Equipos demandantes de aire comprimido en talleres USM

1.5.1.1 Taller de mecánica industrial:

-Centro de mecanizado TOP TECH DM55 TX-CNC:

Presión de aire comprimido: Entre 6 y 7 Bar $\approx$ (87 a 101 psi).



Ilustración 1-10. TOP TECH DM55 TX-CNC

Fuente: <https://www.machinetools.com/es/models/toptech-yangzhou-dm55-cnc>

Laboratorio Mecatrónica:

-Brazo robótico NACHI MR20-02 Schultz:

Presión máxima de aire de trabajo: 0.49 MPa $\approx$ 4,9 Bar



Ilustración 1-11. Brazo robótico NACHI MR20-02

Fuente: Propia

Laboratorio de Control programable:

-Bancos de válvulas de control:

Presión de aire comprimido: 5 Bar.

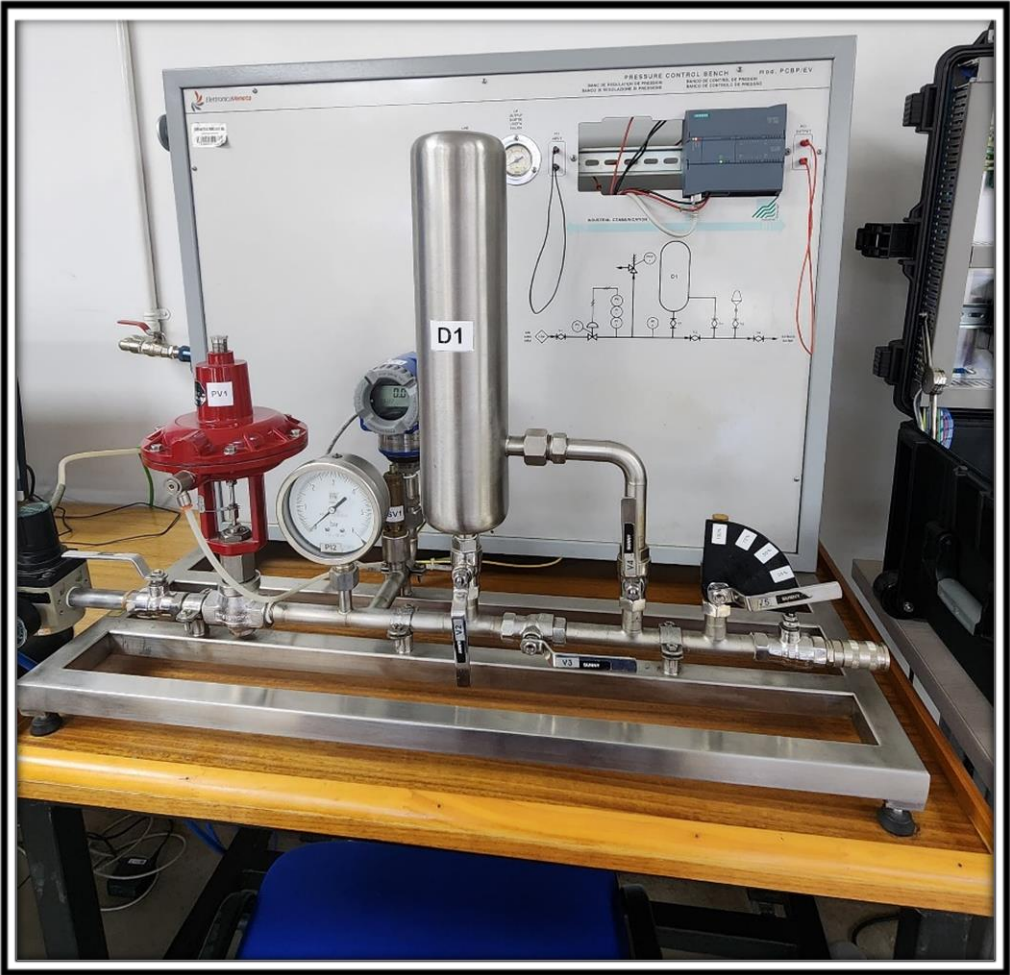


Ilustración 1-12. Bancos de válvula de control

Fuente: Propia

Laboratorio de Celda flexible:

-Celda flexible Industria 4.0:

Presión de aire comprimido: 5,5 Bar $\approx$ (75psi).

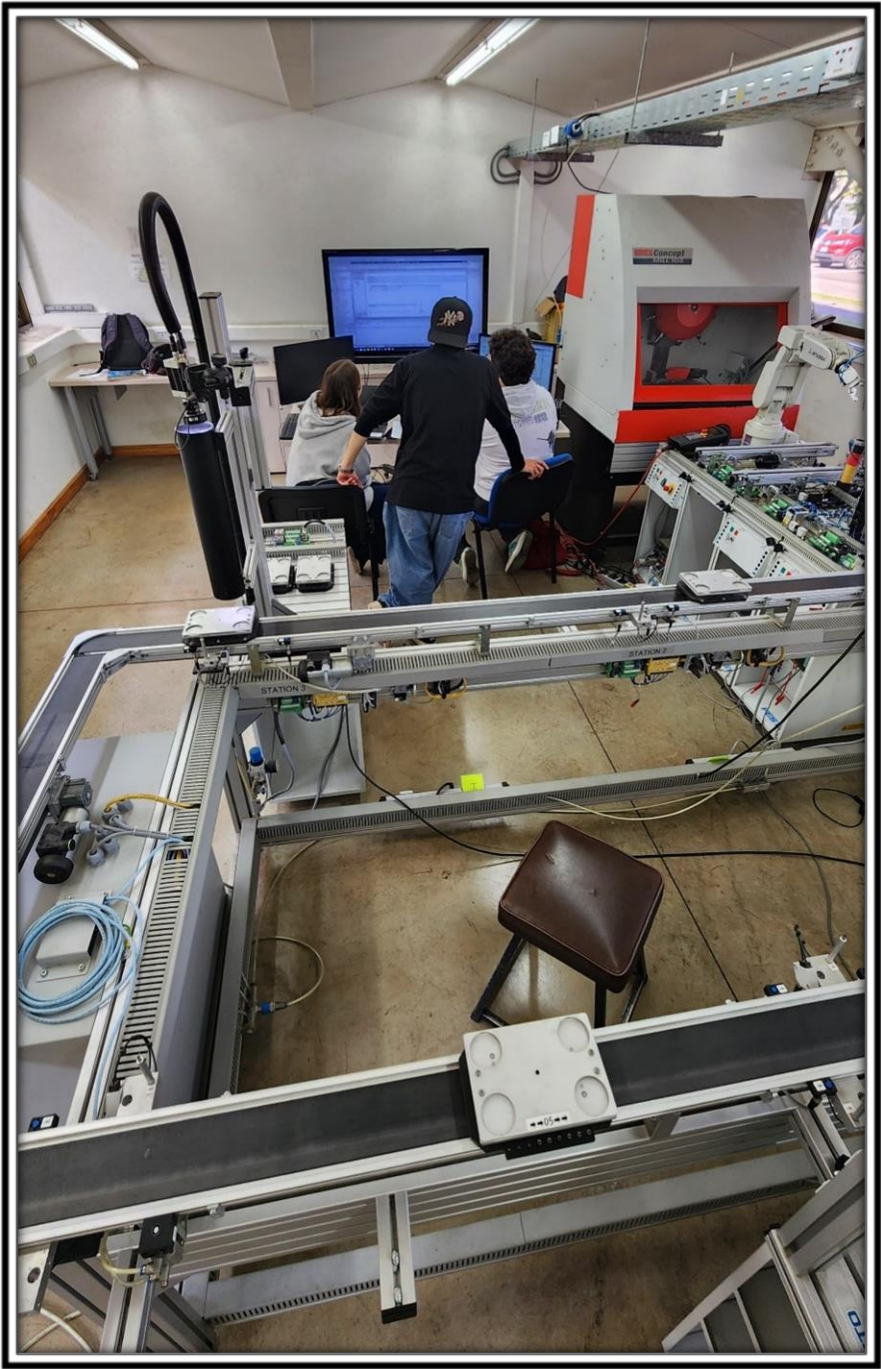


Ilustración 1-13. *Celda flexible*

Fuente: Propia

1.5.1.2 Taller de estructura:

-Cortadora por plasma portátil ESAB POWERCUT-1250/1500

Presión de aire comprimido: Entre 6.2 y 10.3 Bar (90-150 PSI).



Ilustración 1-14. ESAB POWERCUT-1250/1500

Fuente: Propia

-Mesa cortadora por plasma ECUT SuperCut 1530

Presión de aire comprimido: Entre 5 y 7 Bar (72 a 101 psi).



Ilustración 1-15. Mesa cortadora por plasma

Fuente: www.ecut.cl

Laboratorio turbo maquinas:

-Banco didáctico neumático e hidráulico

Presión de aire comprimido: Entre 4 y 6 Bar.



Ilustración 1-16. Banco didáctico

1.5.1.3 Taller de Mecánica automotriz:

-Elevador hidráulico de 2 columnas

Presión de aire comprimido: Entre 7 y 8 Bar.



Ilustración 1-17. Elevador hidráulico de 2 columnas

Fuente: Propia

-Elevador de 4 columnas TLT440W

Presión de aire comprimido: Entre 6 y 7 Bar.

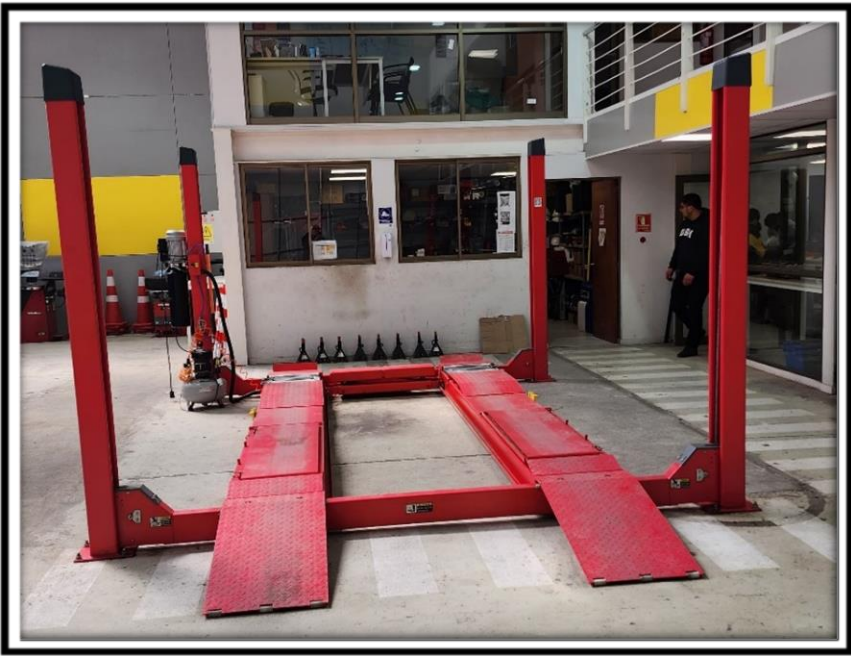


Ilustración 1-18. Elevador de 4 columnas TLT440W

Fuente: propia

Laboratorio de inyección:

-Diesel injector test bench

Presión de aire comprimido: 10 Bar.



Ilustración 1-19. Inyector Diesel

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUALMENTE IMPLEMENTADO

Actualmente en la sede Concepción de la USM, el “sistema de aire para instrumentación” (el cual se compone de varios sistemas independientes) se enfrenta a un aumento de la demanda de aire comprimido, que a su vez exige que el aire cumpla con normativas en la calidad del aire (Quitar presencia de Humedad).

Adicionalmente producto de que existen varios sistemas de aire para instrumentación, en caso de estar funcionando de forma simultánea generan exceso de contaminación acústica e ineficiencia operativa durante la realización de actividades prácticas. A continuación, un cuadro con información técnica de compresores que se utilizan en los talleres.

Taller Mecatrónica	SCHULZ	CSL 15 BR	Pistones	140 PSI	3 HP	220 V	200 L	425 L / min
Taller Estructura	Duba	H8-4.5/5Hd	Pistones	142 PSI	3 HP	220 V	200 L	366 L / min
Taller Fluidos	SCHULZ	MS-V-20/350	Pistones	157 PSI	5 HP	220 / 380 V	350 L	566 L / min
Taller Mecánico	DRESSER	TA-20/50	Pistones	157 PSI	5,5 HP	220 / 380 V	250 L	566 L / min
Taller Automotriz	SCHULZ	TA-20/50	Pistones	175 PSI	5 HP	220 380 V	350 L	566 L / min
Total Caudal Teórico Desplazamiento				175 PSI max 21,5 HP			2489 L /Min	

Tabla 2-1. Total caudal teórico desplazamiento

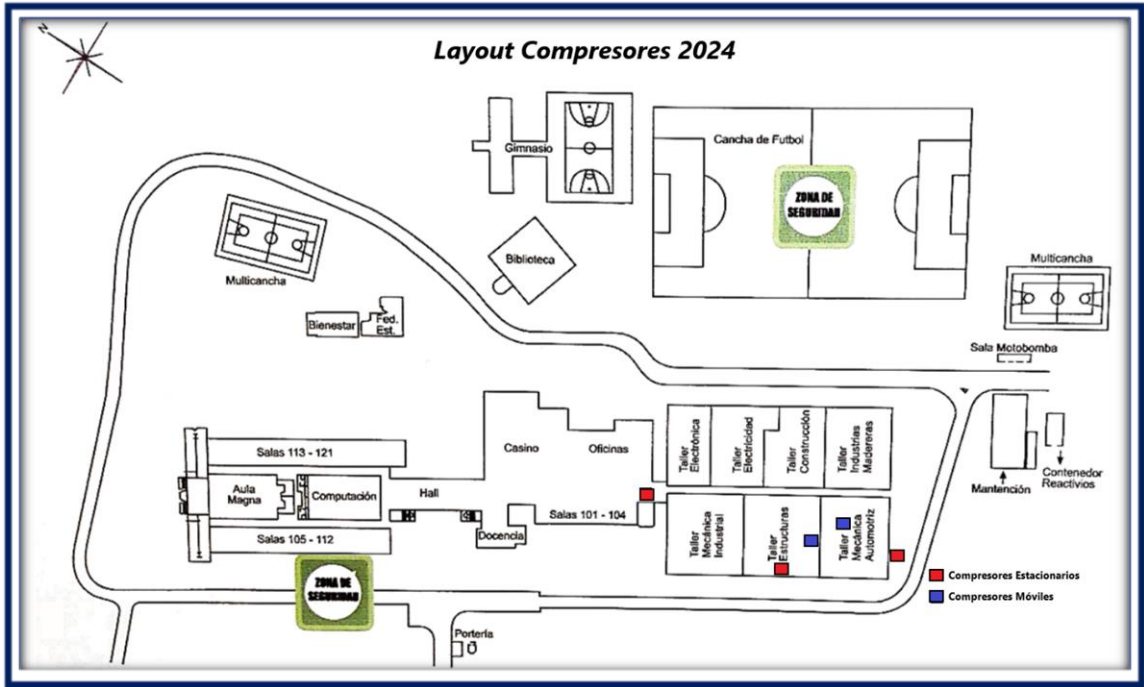
Fuente: Departamento de mecánica USM, Sede Concepción

2.1 PROCEDIMIENTO ACTUAL DE USO DE AIRE PARA INSTRUMENTACIÓN

Los compresores utilizados en los talleres del departamento de mecánica para la generación de aire para instrumentación son varios y de distintas capacidades. Para hacer uso de un equipo que se alimenta de esta energía de se debe primero asegurar de que la purga haya sido realizada previamente en el compresor correspondiente, luego encenderlo y esperar a que el estanque se llene, cada sección de donde se requiere de este aire tiene un FLR para la regulación de presión y lubricación según la especificación de cada equipo.

2.2 LAYOUT

A continuación, se mostrará una representación gráfica de la planta indicando la ubicación de los compresores distribuidos por los talleres del departamento de mecánica USM Sede Concepción.



Fuente: Universidad USM, Sede Concepción

2.3 CONTEXTO ACTUAL EN TALLERES

2.3.1 Mecánica Industrial:

Este taller es alimentado por un sistema de aire de instrumentación estacionario el cual cuenta con un depósito de 500L a 11 Bar de capacidad instalado en el Laboratorio de Control programable. El taller cuenta con centros de mecanizado CNC modernos, habiendo uno que requiere entre 6 y 7 Bar dependiendo de la cantidad de herramientas automáticas y la frecuencia de cambios, que están dispuestos principalmente para las carreras de mecánica industrial y mantenimiento industrial, y hay un área seccionada que corresponde a un Laboratorio de Mecatrónica donde hay un brazo robótico que su labor consiste en realizar funciones de Pick and Place con una ventosa que crea un vacío al acelerar aire comprimido en una sección estrecha, que mediante un PLC al activar la electroválvula correspondiente, permite que el aire comprimido fluya hacia el eyector que actúa como una bomba de vacío. Adicionalmente hay dos laboratorios de mecatrónica los cuales tienen tomas que llegan hasta sus respectivas salas, en el primer piso está el Laboratorio de Celda Flexible que utiliza 5,5 Bar de presión y en el segundo piso el Laboratorio de control que cuenta con un estanque de almacenamiento con capacidad superior de 500L y con una presión máxima de 11 Bar, permitiendo reducir la condensación evitando que llegue a los múltiples equipos simuladores de válvulas de control lo que usan 5 Bar para actuar.

2.3.2 Estructura:

El taller no cuenta con una red de aire comprimido, sin embargo, cuenta con dos laboratorios, uno se alimenta con un compresor móvil y el otro con un compresor estacionario, ambos dentro del taller, lo que aumenta la contaminación acústica y la ineficiencia operativa (condensación, sobre consumo). El laboratorio ubicado en el taller corresponde a mecatrónica donde incorporaron un brazo robótico ubicado al final de un simulador de cinta transportadora para realizar paletizado, este equipo también utiliza ventosas que requieren de 6 Bar de presión del compresor móvil para actuar. Y la sala correspondiente al Laboratorio de turbomáquinas que cuenta con una serie de Bancos didácticos neumático e hidráulico alimentados por una presión de 4 a 6 Bar del sistema fijo.

2.3.3 Mecánica automotriz:

La Red implementada para el taller de Mecánica automotriz y que alimenta principalmente a los elevadores de dos columnas (entre 7 y 8 Bar), los que requieren de esta energía para liberar el sistema de seguros permitiendo que el elevador descienda al igual que el accionamiento de instrumentación secundaria para realizar ajustes mientras el vehículo está elevado. Y en el laboratorio de inyección donde también se utiliza el aire comprimido para accionar un banco de inyección por Diesel, se le suministran 10 Bar de presión los que dejan realizar entre 5 y 7 pruebas, esto permite trabajar con presión residual y simular el trabajo de un inyector. En este tipo de sistema, el aire comprimido actúa en lugar del combustible, aplicando presión de manera similar a como lo haría el sistema diésel de alta presión en un motor convencional, permitiendo observar y analizar el funcionamiento del inyector en condiciones controladas.

Esta Red ha sufrido una serie de modificaciones tanto en la entrada del aire al comienzo de la red (salida del compresor) como en las salidas (tomas de alimentación de equipos).

El elevador de 4 columnas que utiliza entre 6 y 7 Bar de presión de aire comprimido que es producido por un compresor móvil de baja capacidad (independiente de la red) y que hace el trabajo de forma regular, este aire se dirige hacia un cilindro neumático que acciona la bomba hidráulica. En este sistema, el aire comprimido no eleva directamente el elevador, sino que proporciona energía para accionar la bomba hidráulica de manera automática y sin intervención manual.

2.3.4 Mantenimiento:

En este taller hubo un tiempo que contaba con un compresor móvil el cual fue retirado por cambios en la configuración del taller. Actualmente requiere de aire para hacer funcionar un banco de válvulas, instrumentación y para limpieza. El banco de válvulas logra funcionar con un sistema de tanques contenedores de aire a presión recargables con los que se realizan las pruebas para las actividades prácticas.

2.4 DATOS TÉCNICOS COMPRESORES ESTACIONARIOS

En las siguientes paginas se presentarán las fichas técnicas de los compresores con sistema estacionario existente en los talleres de la universidad.

2.4.1 Compresor de Mecatrónica y Taller de Mecánica industrial.

Datos Compresor			
N.º de Ficha:	001-CP-001 MECATRONICA	Revisión:	001-2017
Marca:	SCHULZ	Modelo:	CSL 15 BR
Serie:	3275111	Año:	2012
ÍTEM	CARACTERÍSTICA	DETALLE	
1	Modelo de Compresor	CSL 15 BR	
2	Marca del Compresor	SCHULZ	
3	Procedencia del Compresor	BRASIL	
4	Unidad compresora (cabezal)	En "V" 2 Pistones	
5	Material, Carcaza del Cabezal	ASTM A516 GRADO 70	
6	Tipo de Accionamiento (Trasmisión)	Por Correa	
7	Tipo de Refrigeración (Refrigerado)	Por Aire	
8	Presión de Trabajo	140 PSI	
9	Desplazamiento del aire	425 Lts. / Min. /	
10	Potencia del Motor	3 HP	
11	Alimentación Eléctrica	220V / 50 Hz.	
12	Protección del Motor	IP 55	
13	Sistema de Partida	Partidor directo o guarda motor	
14	Nivel Sonoro 1 metro de distancia	NA	
15	Capacidad de Estanque	200 LITROS	
16	Estanque de Acero (manto)	Carbono ASTM A516 GRADO 70	
17	Conexiones de Salida del Aire	1X1/2 LLAVE DE BOLA	
18	Descripción del Acumulador Manual	1X1/4 LLAVE DE BOLA	
19	Manómetro de Presión	1X1/4	
20	Protección del Cabezal, correa y motor	Rejilla metálica	
21	Dimensiones:		
22	Largo	1100 mm	
23	Alto	920 mm	
24	Ancho	500 mm	
25	Peso	99 kg	

Tabla 2-2. Compresor de Mecatrónica

Fuente: Protocolo de inspección para garantizar la integridad mecánica de recipientes acumuladores en compresores de aire, Edgardo Cretier (2018)

2.4.2 Compresor en sala de Laboratorio Turbomáquinas

Datos Compresor			
N.º de Ficha:	001-CP-003 TALLER DE FLUIDOS	Revisión:	001-2017
Marca:	SCHULZ	Modelo:	MS-V-20/350
Serie:	5010005	Año:	S/I
Ítem	Característica	Detalle	
1	Modelo de Compresor	MS-V-20/350	
2	Marca del Compresor	SCHULZ	
3	Procedencia del Compresor	BRASIL	
4	Unidad compresora (cabezal)	En "V" 2 Pistones	
5	Material, Carcaza del Cabezal	ASTM A516 GRADO 70	
6	Tipo de Accionamiento (Trasmisión)	POR CORREA	
7	Tipo de Refrigeración (Refrigerado)	POR AIRE	
8	Presión de Trabajo	157 PSI	
9	Desplazamiento del aire	566 Lts. / Min.	
10	Potencia del Motor	5 HP	
11	Alimentación Eléctrica	220/380 V / 50 Hz.	
12	Protección del Motor	IP 54	
13	Sistema de Partida	Partidor directo o guarda motor	
14	Nivel Sonoro 1 metro de distancia	NA	
15	Capacidad de Estanque	350 LITROS	
16	Estanque de Acero (manto)	Carbono ASTM A516 GRADO 70	
17	Conexiones de Salida del Aire	1X1/2 LLAVE DE BOLA	
18	Descripción del Acumulador Manual	1X1/4 LLAVE DE BOLA	
19	Manómetro de Presión	1X1/4	
20	Protección del Cabezal, correa y motor	REJILLA METALICA	
21	Dimensiones:		
22	Largo	1220 mm	
23	Alto	1000 mm	
24	Ancho	580 mm	
25	Peso		



Tabla 2-3. Compresor de Laboratorio Turbomáquinas

Fuente: Protocolo de inspección para garantizar la integridad mecánica de recipientes acumuladores en compresores de aire, Edgardo Cretier (2018)

2.4.3 Compresor en Taller de Mecánica Automotriz.

Datos Compresor			
N.º de Ficha:	001-CP-005 TALLER AUTOMOTRIZ	Revisión:	001-2017
Marca:	SCHULZ	Modelo:	S/I
Serie:	2650130	Año:	S/I
Ítem	Característica	Detalle	
1	Modelo de Compresor	TA-20/50	
2	Marca del Compresor	SCHULZ	
3	Procedencia del Compresor	BRASIL	
4	Unidad compresora (cabezal)	En "V" 2 Pistones	
5	Material, Carcaza del Cabezal	ASTM A516 GRADO 70	
6	Tipo de Accionamiento (Trasmisión)	Por correa	
7	Tipo de Refrigeración (Refrigerado)	Por aire	
8	Presión de Trabajo	175 PSI	
9	Desplazamiento del aire	566 Lts. / Min.	
10	Potencia del Motor	5.0 HP	
11	Alimentación Eléctrica	220/380 V / 50 Hz.	
12	Protección del Motor	IP 54	
13	Sistema de Partida	Partidor directo o guarda motor	
14	Nivel Sonoro 1 metro de distancia	NA	
15	Capacidad de Estanque	350 LITROS	
16	Estanque de Acero (manto)	Carbono ASTM A516 GRADO 70	
17	Conexiones de Salida del Aire	1X1/2 LLAVE DE BOLA	
18	Descripción del Acumulador Manual	1X1/4 LLAVE DE BOLA	
19	Manómetro de Presión	1X1/4	
20	Protección del Cabezal, correa y motor	Rejilla metálica	
21	Dimensiones:		
22	Largo	1220 mm	
23	Alto	986 mm	
24	Ancho	566 mm	
25	Peso		

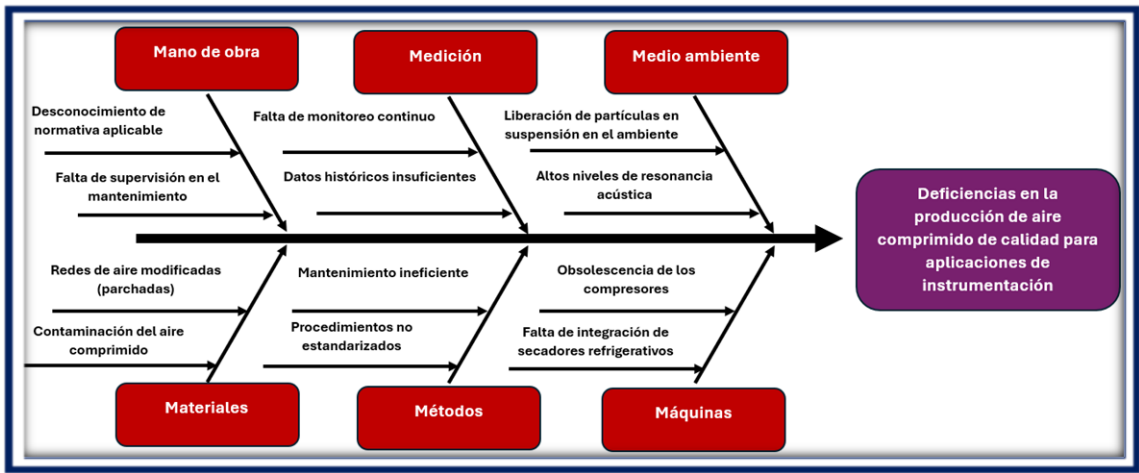
Tabla 2-4. Compresor en Taller de Mecánica Automotriz

Fuente: Protocolo de inspección para garantizar la integridad mecánica de recipientes acumuladores en compresores de aire, Edgardo Cretier (2018)

2.5 DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS ACTUALES DE AIRE PARA INSTRUMENTACIÓN

2.5.1 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

Método analítico detallado que integra las experiencias y competencias disponibles en las áreas de estudio, métodos, fabricación, mantenimiento y calidad. Es un enfoque inductivo y cualitativo diseñado para examinar de manera integral los componentes de un sistema o instalación, identificando: tipos de fallas reales, causas probables, consecuencias, y las medidas necesarias para mitigar dichas consecuencias. Este análisis facilita la planificación preventiva al identificar fallas potenciales, orientando las estrategias de mantenimiento y gestión de inventarios de repuestos. A continuación, un AMFE mediante la herramienta de análisis Ishikawa de la problemática actual:



Fuente: Propia

Síntesis: Haciendo una recopilación de todos los antecedentes de los sistemas de aire para instrumentación actuales en los talleres de la Sede, se puede decir, que si bien la mayoría de los compresores cumplen con los requerimientos mínimos para los que se les da utilidad, es imprescindible implementar un nuevo sistema de aire comprimido bajo estándares de calidad, que el nuevo compresor a implementar sea más silencioso, contenga secador y filtro de aire para producir aire seco lo que aumentará la confiabilidad en la operación de todos los equipos e instrumentación alimentados por esta forma de energía. De esta forma se cumple con la sostenibilidad. Además, se debe dejar un registro de plan de mantenimiento a la red con toda la data técnica para las intervenciones futuras.

CAPÍTULO 3: DISEÑO SOLUCIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El diseño se centra en la implementación de un sistema de aire comprimido eficiente y seguro, considerando las necesidades de calidad del aire, normativa aplicable y mantenimiento futuro.

Por esta razón la solución a implementar considera sacar de funcionamiento los cinco compresores distribuidos por los talleres del departamento de mecánica y ubicar un nuevo compresor moderno y de mayor capacidad en un área estratégica para posteriormente crear una red de aire de instrumentación centralizada con un diseño eficiente el cual permita que el flujo de aire circule a lo largo de toda la red, haciendo provecho del alto potencial del compresor.

El proyecto se divide en dos etapas. La primera etapa consta en la construcción de la sala del compresor y la segunda etapa consiste en realizar la intervención a lo largo de los talleres para hacer la instalación de tuberías con una especificación ASME A53 grado B, SCH 40 con las respectivas bajadas en espacios estratégicos para realizar de forma eficiente las mantenciones futuras a la red de aire de instrumentación.

La primera etapa da comienzo con la selección del compresor que, tras considerar los problemas planteados anteriormente, se contacta a varios fabricantes o proveedores, a los que se les presentan los antecedentes de que los sistemas actuales productores de aire comprimido para instrumentación no cuentan en su mayoría con un estanque aparte para el almacenamiento de aire comprimido ni tampoco con un sistema de tratamiento del aire como equipos de filtrado y secado. Considerando además la contaminación acústica generada por los compresores que son de pistones.

3.1.2 Selección del compresor

Mediante la realización de una investigación y estudio sobre compresores, se determinó que un compresor de tornillo moderno es un equipo notablemente más silencioso que los compresores de pistón y al momento de realizar la cotización a proveedores y fabricante, se les hace entrega de una tabla con recopilación de data técnica y la suma de todos los caudales de los compresores de pistón implementados actualmente (Tabla 2-1) en el Departamento de Mecánica. Dando como resultado un caudal teórico de 2489 L/Min $\approx$ 2.49 m³/Min.

Razón por la que se selecciona el compresor de tornillo rotativo ASK 34T Kaeser con secador incorporado que cuenta con un caudal configurable de hasta 3.4 m³/Min y 8Bar de presión de trabajo, también se considera la integración de equipos secundarios como un estanque de almacenamiento de 11Bar 1000 NL, un filtro de aire comprimido, set componentes de instalación con respectivo juego de control y Manómetro.



Ilustración 3-20. Compresor y equipos secundarios

Fuente: Propia

3.2 PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO

3.2.1 Construcción de sala para el compresor.

- Desmontaje de sala de compresor actualmente instalada.
- Fabricación de losa de hormigón de 16 m² de 8 pulgadas de espesor adosada al taller de automotriz.
- Paredes de vidrio termo panel (con vidrio con blíndale).
- La nueva sala para el compresor se contempla adosada a la pared existente del taller de automotriz, dado lo anterior se contempla la fabricación de 3 paredes nuevas. Se contempla el uso de la cuarta pared la existente.
- Construcción de 3 celosías (1 celosía de acceso de aire y 2 celosías de salida de aire para permitir derivar aire para calefacción al taller o al exterior.
- El techo se considera en zinc 5V de 0,2 mm espesor.

3.2.2 Montaje de equipos en sala de compresores.

- Confección de fundación (losa) de 4*4*0,10 (m) incluye malla acma.
- Maniobras de levante e izaje según corresponda, para el posicionamiento de equipos sobre losa de hormigón.
- Montaje de equipos sobre losa de hormigón.
 - Compresor de tornillo rotativo ASK 34T Kaeser (una unidad).
 - Filtro de aire comprimido F46KE (una unidad).
 - Realizar bypass para mantenciones al filtro.
 - Depósito de aire comprimido 1000/11 ST (una unidad).
 - Manómetros y accesorios depósito de aire comprimido.
- Anclaje de compresor y depósito de aire comprimido a losa de nueva sala de compresores mediante utilización de pernos de anclaje y fijación química (resina epóxica).
- Suministro y montaje de cañerías para interconexión de los equipos en material acero carbono ASTM A53 grado B (sin costura), sch.40, galvanizado en caliente.

3.2.3 Puesta en marcha del equipo.

- Habilitación de venteos y drenajes, en puntos altos y bajos respectivamente.
- Verificación de hermeticidad, se verifica la hermeticidad de toda la extensión de la cañería de aire de instrumentación, durante la puesta en marcha, mediante el uso de detector de fugas.
- Entrenamiento a personal del departamento de mecánica de puesta en marcha del equipo.

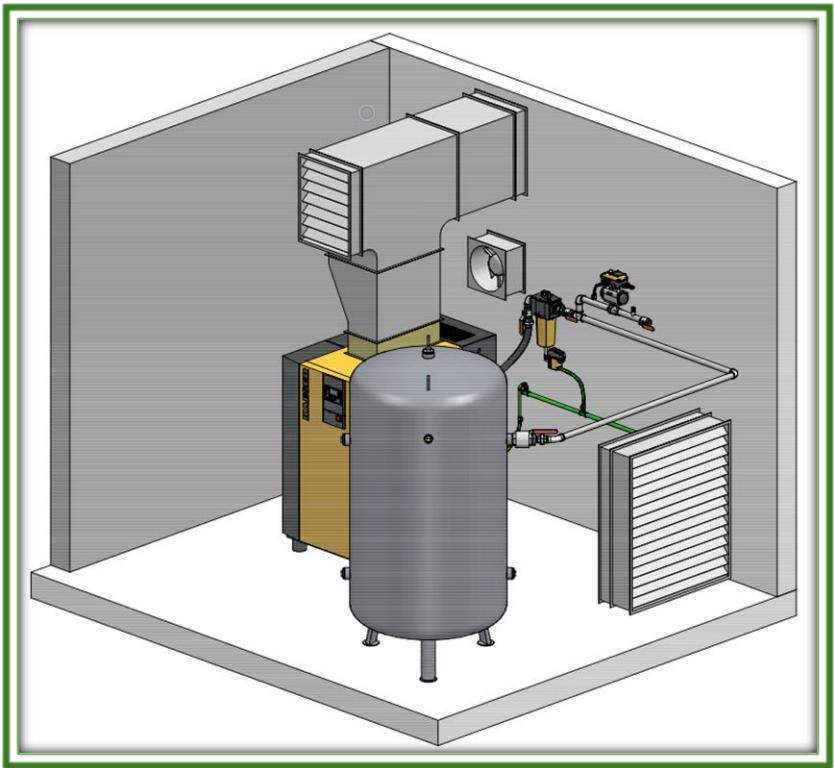


Ilustración 3-21. Sala compresor

Fuente: Fabricante, Kaeser

3.2.4 CARTA GANTT ETAPA 1

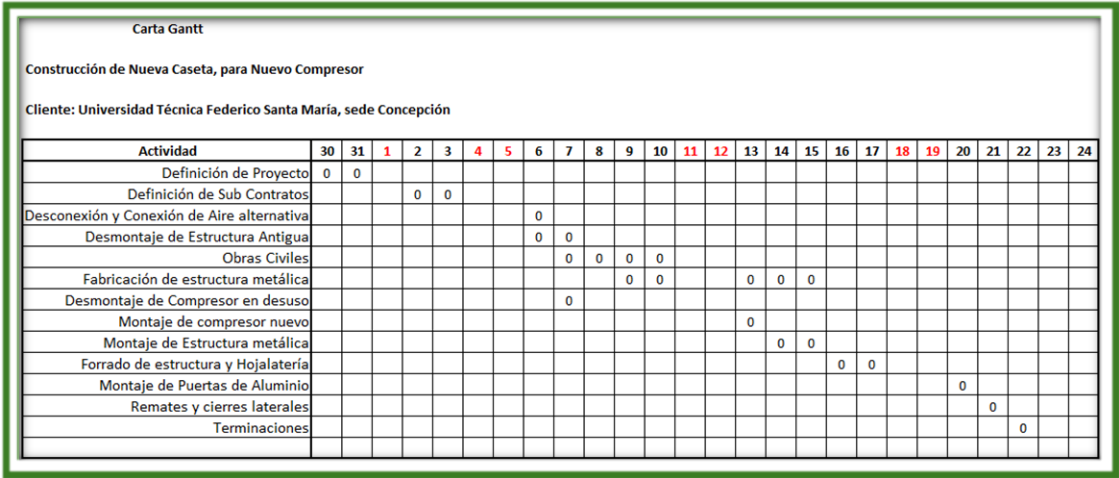


Tabla 3-4. Carta Gantt referencial de actividades a realizar por empresa contratada, duración aproximada de un mes con el tiempo en días

3.3 SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO

3.3.1 Fabricación y montaje de sistema de cañería piping red de aire.

- Dimensionamiento y confección de planos y documentos.
- Especificaciones técnicas y gestión de compra de cañerías y fittings.
- Fabricación y montaje de circuitos de cañerías proyectados, aproximadamente 300 metros lineales.
- Se utilizará material para la fabricación de cañerías con un criterio de presión máxima de prueba: 150,00 PSIG, mediante la especificación de cañerías PU32 que recomienda un acero carbono ASTM A53 grado B, (sin costura) Sch.40, galvanizado en caliente.
- Para la red principal de distribución de aire se considera un diámetro interno de 2 pulgadas y para las bajadas a los puntos de consumo se considera un diámetro interno de 1 pulgada, se considera válvulas de bola en cada bajada.
- Las uniones de cañerías se consideran roscada y enflangeadas, además en algunos puntos considerar uniones soldadas.
- Confección y emisión de planos As built del proyecto de piping.
- Se considera el pintado de las cañerías (considera color azul).

3.3.2 Fabricación y montaje de soportes mecánicos de red de distribución de aire

- Especificaciones técnicas de compra de soportes mecánicos.
- Fabricaciones de soportes en perfiles galvanizados en caliente
- La ejecución de los soportes estará dada por la condición de donde va a ir proyectada la cañería
- El anclaje de los soportes mecánicos se realizará a estructuras existentes, mediante pernos de anclaje o uniones soldadas.

Versión T con secador refrigerativo Integrado (agente refrigerante R-513A)									
Modelo	Presión de servicio bar	Caudal *) instalación completa a presión m³/min	Presión máx. de servicio bar	Potencia nominal motor kW	Modelo secador refrigerativo	Dimensiones an x prof x al mm	Conexión de aire compri- mido	Nivel de presión acústica **) dB(A)	Peso kg
ASK 28 T	6	3,17	6	15	ABT 40	800 x 1460 x 1530	G 1 ¼	65	580
	7,5	2,86	8						
	10	2,40	11						
	13	1,93	15						
ASK 34 T	6	3,87	6	18,5	ABT 40	800 x 1460 x 1530	G 1 ¼	67	600
	7,5	3,51	8,0						
	10	3,00	11						
	13	2,50	15						
ASK 40 T	6	4,45	6	22	ABT 40	800 x 1460 x 1530	G 1 ¼	69	620
	7,5	4,06	8						
	10	3,52	11						
	13	2,94	15						

Tabla 3-5. Especificaciones técnicas del compresor

Fuente: Kaeser compresores

3.3.3 CÁLCULOS CAIDA DE PRESIÓN

Mediante el diseño del isométrico realizado (ver anexos) en la adaptación a planta mediante planos, la sumatoria total en metros lineales o rectos da un total de 299,52 metros, 209,46 m de tubería de 2” de diámetro interno y 90,06 m de 1”. Para realizar un cálculo de caída de presión aproximativo se debe considerar un 60% más de la longitud de la tubería recta para incluir las medidas de la grifería.

Longitud nominal = 90,06m × 1,6 = 144.096m

Cálculo de la caída de presión

Caudal

2.5

m³/min

Longitud nominal

144.096

m

Presión de servicio absoluta

7.5

bar

Diámetro interior de la tubería

25.4

mm

Caída de presión

0.81

bar

La longitud nominal de la tubería se calcula por adición de la longitud de la tubería recta y las longitudes equivalentes de las griferías montadas.

Es posible hacer un cálculo aproximativo de las longitudes equivalentes de las griferías mediante el programa que acompaña el texto o se puede suponer aproximadamente un suplemento de un 60 % de la longitud de la tubería recta, es decir, longitud nominal = longitud recta de la tubería x 1,6.

El cálculo es válido para tuberías lisas.

Fuente: <https://cl.kaeser.com/servicios/conocimiento/calculadora/caida-de-presion/>

$Longitud\ nominal = 209,46m \times 1,6 = 335,136m$

Cálculo de la caída de presión

Caudal	2.5	m³/min
Longitud nominal	335.136	m
Presión de servicio absoluta	7.5	bar
Diámetro interior de la tubería	50.8	mm
Caída de presión	0.06	bar

La longitud nominal de la tubería se calcula por adición de la longitud de la tubería recta y las longitudes equivalentes de las griferías montadas.

Es posible hacer un cálculo aproximativo de las longitudes equivalentes de las griferías mediante el programa que acompaña el texto o se puede suponer aproximadamente un suplemento de un 60 % de la longitud de la tubería recta, es decir, longitud nominal = longitud recta de la tubería x 1,6.

El cálculo es válido para tuberías lisas.

Fuente: <https://cl.kaeser.com/servicios/conocimiento/calculadora/caida-de-presion/>

$Caída\ de\ presión\ Δ = 0,81bar + 0.06\ bar = 0,87bar$

Esta caída de presión es demasiado alta, por lo que, si manipula de esta forma el compresor, tendría pérdidas de eficiencias considerables, el fabricante recomienda que la máxima caída de presión sea de 0,05 bar. Por lo que, añadiendo 1 válvula para la estrangulación del flujo de aire ubicada estratégicamente (ver anexo P & ID), se realiza el cálculo con la longitud lineal total hasta el final del taller de mecánica automotriz 170,41m, lográndose cumplir con el límite máximo permisible de caída de presión.

Longitud nominal = 170,656 m × 1,6 = 272,656 m

Cálculo de la caída de presión

Caudal	2.5	m³/min
Longitud nominal	272.656	m
Presión de servicio absoluta	8	bar
Diámetro interior de la tubería	50.8	mm
Caída de presión	0.05	bar

La longitud nominal de la tubería se calcula por adición de la longitud de la tubería recta y las longitudes equivalentes de las griferías montadas.

Es posible hacer un cálculo aproximativo de las longitudes equivalentes de las griferías mediante el programa que acompaña el texto o se puede suponer aproximadamente un suplemento de un 60 % de la longitud de la tubería recta, es decir, longitud nominal = longitud recta de la tubería x 1,6.

El cálculo es válido para tuberías lisas.

Fuente: <https://cl.kaeser.com/servicios/conocimiento/calculadora/caida-de-presion/>

3.4 REQUERIMIENTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE NUEVA RED DE AIRE

3.4.1 Normativa y Estándares aplicables para Sistemas de Aire Comprimido.

Normas Nacionales (NCh):

En Chile, muchas normas internacionales son adoptadas como normas chilenas, NCh que reflejan estándares como ISO 9001, ISO 14001, y otros relevantes aplicables en sistemas neumáticos de instrumentación. Estas son emitidas por el Instituto Nacional de Normalización (INN), el cual supervisa la acreditación y certificación en el país.

ASME: La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos es una organización profesional que ha desarrollado códigos técnicos aplicables al diseño, construcción, inspección y pruebas de equipos, como calderas y recipientes a presión, entre otros.

ISO: La Organización Internacional de Normalización promueve el desarrollo de normas internacionales aplicables a la fabricación, el comercio y la comunicación en diversas industrias, con excepción de las áreas eléctrica y electrónica. Estas normas fomentan la uniformidad en la gestión organizacional.

API: El Instituto Americano del Petróleo establece prácticas recomendadas y procedimientos orientados a promover condiciones de trabajo seguras y saludables en el sector del petróleo y el gas.

ANSI: El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares busca la estandarización de productos, servicios, procesos, sistemas y competencias en los Estados Unidos.

DIN: El Instituto Alemán de Normalización se enfoca en garantizar la calidad de los productos industriales y científicos a través de la creación de estándares técnicos.

Estas organizaciones han desarrollado un sistema interconectado de normas internacionales que contribuyen significativamente a la gestión de la integridad mecánica. Este marco normativo reduce el riesgo de fallas catastróficas, explosiones, daños ambientales y lesiones en instalaciones industriales.

3.4.2 Normas Internacionales ISO:

ISO 9001:2015 (Gestión de calidad):

Ligada a la infraestructura y los procesos de soporte, asegura que los sistemas relacionados con los activos cumplan con los estándares de calidad y mejoren la satisfacción del cliente.

ISO 45001:2018(Seguridad y salud ocupacional):

Proporciona un marco para gestionar riesgos relacionados con la seguridad del personal, lo que es esencial en operaciones que involucran equipos que trabajan a altas presiones.

3.4.3 Normas de Instrumentación y Neumática:

Norma ISO 8573-1(Calidad del aire comprimido):

La norma ISO 8573.1 establece un sistema de clasificación detallado para los contaminantes presentes en el aire comprimido, garantizando que cumpla con los estándares de pureza exigidos en aplicaciones industriales. Este enfoque es crucial para asegurar la eficiencia, seguridad y calidad de los procesos industriales.

Tipos de Contaminantes

Partículas Sólidas:

Son impurezas físicas que ingresan al sistema desde diversas fuentes, como el desgaste de componentes, contaminación ambiental o corrosión interna de las tuberías. Su tamaño varía, y su presencia puede disminuir el rendimiento de los equipos, afectar la integridad del sistema y comprometer la calidad del producto final.

Agua:

Se presenta en forma de vapor o líquido, principalmente debido a la condensación generada durante la compresión o la infiltración externa. Una concentración excesiva de agua puede provocar corrosión en componentes, obstrucciones en las líneas y facilitar el crecimiento de microorganismos, afectando la confiabilidad del sistema.

Aceite:

Proviene de los lubricantes empleados en compresores o de fuentes externas al sistema. La contaminación por aceite puede dañar equipos, comprometer la calidad del producto final y, en ciertos casos, generar riesgos de seguridad operativa.

Importancia de la Clasificación

La norma ISO 8573.1 permite:

- Establecer controles rigurosos para la calidad del aire comprimido.
- Reducir riesgos asociados a contaminantes en procesos críticos.
- Garantizar la durabilidad y el rendimiento óptimo de los equipos.
- Cumplir con regulaciones industriales específicas, mejorando la sostenibilidad y la confiabilidad de las operaciones.

Tabla ISO para definir calidad de aire:

Compressed air quality classification as per ISO 8573-1 (2010):

Particles			
Class	max. particle count per m³ of a particle size with d [µm] ^{*)}		
	0.1 < d ≤ 0.5	0.5 < d ≤ 1.0	1.0 < d ≤ 5.0
0	e.g. Consult KAESER regarding pure air and clean-room technology		
1	≤ 20,000	≤ 400	≤ 10
2	≤ 400,000	≤ 6,000	≤ 100
3	Not defined	≤ 90,000	≤ 1,000
4	Not defined	Not defined	≤ 10,000
5	Not defined	Not defined	≤ 100,000
Class	Particle concentration C _p in mg/m³ ^{*)}		
6	0 < C _p ≤ 5		
7	5 < C _p ≤ 10		
X	C _p > 10		

Water	
Class	Pressure dew point, in °C
0	e.g. Consult KAESER regarding pure air and clean-room technology
1	≤ − 70 °C
2	≤ − 40 °C
3	≤ − 20 °C
4	≤ + 3 °C
5	≤ + 7 °C
6	≤ + 10 °C
Class	Concentration of liquid water C _w in g/m³ ^{*)}
7	C _w ≤ 0.5
8	0.5 < C _w ≤ 5
9	5 < C _w ≤ 10
X	C _w > 10

Oil	
Class	Total oil concentration (liquid, aerosol + gaseous) [mg/m³] ^{*)}
0	e.g. Consult KAESER regarding pure air and clean-room technology
1	≤ 0.01
2	≤ 0.1
3	≤ 1.0
4	≤ 5.0
X	> 5.0

^{*)} At reference conditions 20 °C, 1 bar(a), 0% humidity.

Tabla 3-6. Tabla ISO para definir calidad de aire:

Fuente: Fabricante

ASME B31.3:

Tuberías de proceso: se encuentran típicamente en las refinerías de petróleo, en plantas químicas, farmacéuticas, papeleras, de semiconductores y criogénicas, y en plantas y terminales relacionados con el procesamiento.

El Código establece requisitos de ingeniería considerados necesarios para el diseño y la construcción seguros de tuberías a presión.

DIN 1945:

Establece los procedimientos para realizar pruebas de aceptación y evaluar el rendimiento termodinámico de compresores de desplazamiento positivo, que incluyen tipos como los compresores de pistón y de tornillo.

El objetivo principal de la norma es garantizar que los compresores cumplan con los criterios de rendimiento especificados, asegurando su eficiencia y confiabilidad en diversas aplicaciones industriales.

ANSI 150:

Define la presión máxima que pueden soportar bridas, válvulas y otros componentes bajo especificaciones como cantidad de perforaciones, grosor y diámetro. Es esencial para garantizar la seguridad y eficiencia en sistemas presurizados

CAPÍTULO 4: EVALUACION ECONOMICA

4.1 ESTUDIO DE COSTOS PARA RENOVACIÓN RED DE AIRE

4.1.1 Costos de adquisición de equipos

Valor compresor de tornillo rotativo ASK 34T Kaeser con secador incorporado + Estanque de almacenamiento 11Bar 1000NL + Filtro de aire comprimido + Set componentes de instalación + Juego Control, Manómetro.

\$15.557,05 US + IVA

4.1.2 Costos mano de obra

Duración	Costos mano de obra proyecto completo			Total
1 Mes	Etapa 1	Supervisor	\$1.200.000	\$1.200.000
		Ingeniero Civil	1.000.000	1.000.000
		Trabajadores (3)	\$800.000	\$2.400.000
1 Mes	Etapa 2	Supervisor	\$1.200.000	\$1.200.000
		Ingeniero Civil	1.000.000	1.000.000
		Trabajadores (4)	\$800.000	\$3.200.000
			Suma	\$10.000.000

Tabla 4-1. Costos Mano de Obra en CLP

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Realizar el proyecto de implementar una red de aire comprimido para instrumentación centralizada toma al menos 6 meses considerando la envergadura de la materialización del proyecto.

Hacer una red de aire comprimido a altas presiones debe realizarse bajo estándares de calidad para priorizar la eficiencia operativa y generar un ambiente seguro.

Se recomienda colocar una válvula al final del taller automotriz cortando el flujo que va en dirección al taller de mantenimiento y solo abrirla en caso de que se necesite hacer uso de aire comprimido para instrumentación en dicho taller.

BIBLIOGRAFÍA

- Ivor F. da Cunha (2007). COMPRESSED AIR.
- Deppert, Werner (2001). Dispositivos neumáticos.
- Heinz P. Bloch AND John J. Hoefner (1996). Reciprocating Compressors.
- Compresores de tornillo Serie ASK (Catálogo). www.kaeser.com
- Edgardo Cretier (2018). Protocolo de inspección para garantizar la integridad mecánica de recipientes acumuladores en compresores de aire.
- Llanquileo Núñez, Yessica Mabel (2022). Implementación de banco hidráulico y neumático en laboratorio USM.

ANEXOS



P&ID.final.png



ISOMETRICO SEBASTIÁN BELTRÁN FIGUEROA-Modelo-1.pdf