

UNIVERSIDAD CENTRAL



VICERRECTORÍA ACADÉMICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**REDISEÑAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA
NEUMÁTICO BASADO EN LAS NORMAS INTECO PARA EL
TALLER GARAGE VEINTIUNO**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ESTUDIANTE: ALBERT DANIEL RODRÍGUEZ CERDAS

TUTOR: ING. MARIO ARCE

SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA

Agosto, 2024

DECLARACION JURADA

CÉDULA DE IDENTIDAD

SOLICITUD DE DEFENSA

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL LECTOR

CARTA DEL FILÓLOGO

CARTA DE ENTENDIMIENTO

CONTENIDO

DECLARACION JURADA	I
CÉDULA DE IDENTIDAD.....	II
SOLICITUD DE DEFENSA.....	III
CARTA DEL TUTOR.....	IV
CARTA DEL LECTOR	V
CARTA DEL FILÓLOGO	VI
CARTA DE ENTENDIMIENTO.....	VII
CONTENIDO	VIII
TABLAS	XIV
FIGURAS.....	XV
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.....	XVII
EPÍGRAFE	XVIII
RESUMEN.....	XIX
CAPÍTULO I. PROBLEMA	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 ANTECEDENTES	4
1.4.1 <i>Antecedentes nacionales</i>	5

1.4.2 Antecedentes internacionales	7
1.5 PROYECCIONES	9
1.5.1 Alcances	9
1.5.2 Limitaciones	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 SISTEMAS NEUMÁTICOS	12
2.2 COMPRESOR	13
2.3 COMPRESIÓN	13
2.3.2 Compresión de desplazamiento positivo	14
2.3.3 Compresión dinámica	14
2.3.4 Compresores de desplazamiento positivo	14
2.4 TIPOS DE COMPRESORES	15
2.4.1 COMPRESORES DINÁMICOS	15
2.4.2 Compresor dinámico centrífugo radial	15
2.4.3 Compresor dinámico centrífugo axial	15
2.5 COMPRESORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	16
2.5.1 Compresor de aire de tornillo	16
2.5.2 Compresor de aire de pistón	16
2.5.3 Compresor de aire de émbolos rotativos	17
2.5.4 Compresor de aire de paletas	17
2.5.5 Compresor de aire de Scroll	18
2.6 SECADORES DE AIRE	20
2.6.1 Secador refrigerado	20
2.6.2 Secador no cíclico	21
2.6.3 Secador cíclico	21
2.6.4 Secadores de adsorción	22
2.6.5 Secadores de adsorción regenerados por purga	22
2.6.6 Secadores regenerados por purga caliente	22

2.6.7 Secadores regenerados por el calor de la compresión	23
2.7 FILTROS.....	23
2.7.1 Filtrado de superficie.....	23
2.7.2 Filtración con carbón activado.....	24
2.7.3 Filtración profunda	24
2.8 DISEÑO DE INSTALACIONES.....	25
2.9 PRESIÓN DE TRABAJO	26
2.10 CAÍDA DE LA PRESIÓN	26
2.11 CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE	28
2.12 CALCULO DE AIRE COMPRIMIDO POR SOFTWARE	28
2.13 DETECCIÓN DE FUGAS	30
2.14 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE TUBERÍAS.....	31
2.15 FACTOR DE AMPLIACIÓN	35
2.16 INTECO	35
2.17 CALIDAD DE AIRE COMPRIMIDO: NORMA ISO 8573-1:2010.....	36
2.18 SEÑALIZACIÓN DE LA TUBERÍA: NORMA ISO 20560	38
2.19 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.....	38
2.19.1 Visión/Misión	38
2.19.2 Antecedentes históricos	39
2.19.3 Ubicación geográfica.....	39
2.19.4 Estructura organizacional	40
2.19.5 Tipo de servicio	40
2.19.6 Descripción general del servicio productivo.....	41
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	42
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	44
3.2.1 Método de la presente investigación	44
3.2.2 Planteamiento del problema.....	44

3.2.3	<i>Construcción del marco teórico</i>	44
3.2.4	<i>Desarrollo de la investigación</i>	44
3.2.5	<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	45
3.3	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	45
3.3.1	<i>Dueño de la empresa</i>	45
3.3.2	<i>Catálogos de fabricantes</i>	45
3.3.3	<i>Fabricantes de herramientas</i>	45
3.3.4	<i>Fabricantes de accesorios</i>	46
3.3.5	<i>Normas INTECO</i>	46
3.4	VARIABLES DE ANÁLISIS.....	46
3.5	INSTRUMENTOS.....	49
3.5.1	<i>Entrevistas</i>	49
3.5.2	<i>Observación</i>	49
3.5.3	<i>Fuentes abiertas</i>	49
3.5.4	<i>Recorrido</i>	50
3.6	PROCESOS DE LA RECOLECCIÓN Y EL ANÁLISIS DE DATOS.....	50
CAPÍTULO IV. EL SISTEMA NEUMÁTICO ACTUAL.....		51
4.1	LUGAR DE ESTUDIO.....	52
4.2	SISTEMA NEUMÁTICO ACTUAL.....	53
4.3	COMPOSICIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO ACTUAL.....	53
4.3.1	<i>Compresor</i>	53
4.3.2	<i>Red de distribución</i>	55
4.3.4	FILTROS DE AIRE.....	57
4.4	CONSUMO Y HERRAMIENTAS.....	58
4.5	COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL SISTEMA NEUMÁTICO ACTUAL.....	63
4.4.1	TUBERÍA.....	63
4.4.2	MANGUERAS.....	64
4.4.3	FILTROS Y REGULADORES DE AIRE.....	64

CAPÍTULO V. REDISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO	65
5.1 PROPUESTA 1° CONDICIONES INICIALES	66
5.1.1 Kit del compresor	66
5.1.2 Secador de aire.....	67
5.1.3 Tubería	68
5.1.4 Red de distribución	71
5.1.5 Filtro de aire.....	74
5.1.6 Pérdidas de presión	76
5.1.7 Presupuesto 1°	78
5.2 PROPUESTA 2° CONDICIONES INICIALES	79
5.2.1 Kit del compresor	79
5.2.2 Tubería	81
5.2.3 Red de distribución	81
5.2.4 Filtros	82
5.2.5 Secador de aire.....	82
5.2.6 Presupuesto 2°	83
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS	87
APÉNDICES Y ANEXOS	91
APÉNDICE 1: DIAGRAMA UNIFILAR	92
APÉNDICE 2: FILTROS	93
APÉNDICE 3: TUBERÍA TRANSAIR	94
APÉNDICE 4: KIT DE COMPRESOR DEWALT	95
APÉNDICE 5: SECADOR DE AIRE ABAC	96
APÉNDICE 6: COMPRESOR DE AIRE ABAC	97

ANEXO 1: NORMA ISO 20560	98
ANEXO 2: NORMA ISO 8573	99

TABLAS

Tabla 2.1: Nomograma para el dimensionamiento de la tubería de aire comprimido.....	33
Tabla 2.2: Longitud equivalente en metros para accesorios de tuberías.....	34
Tabla 2.3: Calidad de aire.....	37
Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico.....	47
Tabla 3.2: Diagrama de flujo.....	50
Tabla 4.1: Secciones de trabajos.....	60
Tabla 4.2: Herramientas neumáticas.....	62
Tabla 5.1: Consumo de herramientas.....	72
Tabla 5.2: Tabla de diámetros de tubería.....	74
Tabla 5.3: Filtro regulador SHPI.....	76
Tabla 5.4: Presupuesto 1° de materiales y equipos.....	78
Tabla 5.5: Consumo total de herramientas.....	79
Tabla 5.6: Tabla de diámetros de tubería.....	82
Tabla 5.7: Presupuesto 2° de materiales y equipos.....	83

FIGURAS

Figura 2.1: Sistema neumático	13
Figura 2.2: Tipos de compresores	19
Figura 2.3: Tipos de filtrados	25
Figura 2.4: Distribución de red.....	25
Figura 2.5: Caídas de presión	27
Figura 2.7: Calculadora KAESER.....	29
Figura 2.8: Calculadora Parker.....	30
Figura 2.9: Cálculo de diámetro de tubería	32
Figura 2.10: Porcentaje de ampliación.....	35
Figura 2.11: Mapa satelital del Taller Garaje Veintiuno	40
Figura 2.12: Organigrama del taller Garaje Veintiuno.....	40
Figura 2.13: Diagrama de trabajo	41
Figura 4.1: Localización del taller	52
Figura 4.2: Compresor actual	54
Figura 4.3: Placa de datos de compresor	55
Figura 4.4: Punto de trabajo final.....	56
Figura 4.5: Red de distribución	56
Figura 4.6: Filtro de aire 1.....	57
Figura 4.7: Filtro de aire 2.....	58
Figura 4.8: Pistola por gravedad 1.....	61
Figura 4.9: Pistola por gravedad 2.....	61
Figura 4.10: Lijadora orbital.....	62
Figura 5.1: Placa de datos de compresor	67
Figura 5.2: Secador refrigerado.....	68
Figura 5.3: Materiales para tubería.....	70
Figura 5.4: Tubería de aluminio.....	71
Figura 5.5: Plano de la nueva red de distribución.....	72
Figura 5.6: Cálculo de diámetro de tubería propuesta 1.....	73
Figura 5.7: Filtro regulador	75
Figura 5.8: Calculadora de caída de presión propuesta 1.....	78

Figura 5.9: Kit de compresor marca ABAC propuesta 2°80

Figura 5.10: Cálculo de diámetro de tubería propuesta 2°81

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Dedico esta investigación a mi madre Ana Maritza y a mi padre Marco Tulio, quienes me han apoyado en todo este recorrido para llegar a este momento. Me enseñaron lo importante de estudiar y de esforzarse para ser una mejor persona cada día, con toda la experiencia que han acumulado ellos para orientarme a tomar las mejores dediciones para ser una persona con valores.

Agradezco a mis hermanos y compañeros de trabajo porque me brindaron el apoyo necesario con sus palabras y acciones, que me motivaron a seguir hacia delante, porque también me dedicaron el tiempo cuando lo necesité para realizar esta investigación. De igual forma, les agradezco a las personas que compartieron su conocimiento conmigo para guiarme en esta investigación.

EPÍGRAFE

"Un científico en su laboratorio no es un mero técnico: es también un niño que se enfrenta a fenómenos naturales que lo impresionan como si fueran cuentos de hadas"

Marie Curie

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal desarrollar un sistema neumático que cumpla con las normas INTECO y que, a la vez, genere la cantidad de aire necesario para el buen funcionamiento del Taller Garaje Veintiuno.

Se diagnostica el sistema neumático actual mediante fotos del lugar, visitas y entrevista al encargado para recopilar información de los equipos instalados, de los tipos de materiales y de los accesorios utilizados en la red de aire.

Se realiza el estudio de consumo total del taller mediante información de placas de datos de los equipos y herramientas, así como de manuales de fabricantes para obtener el consumo en CFM de los equipos y herramientas.

En la propuesta del nuevo sistema neumático se consideraron las normas INTECO que indican los requisitos necesarios para las actividades realizadas en un taller de enderezado y pintura. También se realizó el cálculo del sistema neumático, la selección de tubería, los accesorios con software especializado, las tablas de fabricantes y las fórmulas necesarias.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Taller Garaje Veintiuno se emplea el sistema neumático en los diferentes procesos para realizar enderezado y pinturas de vehículos automotores. En el taller no se cuenta con un sistema de distribución de aire para el servicio en sus diferentes estaciones, de manera que para ese propósito la aplicación se hace utilizando mangueras de considerable longitud que permiten el acople a las herramientas situadas en el lugar en donde serán usadas cuando necesario, ya que no se cuenta con otra solución si el taller no se amplía apropiadamente y para que así pueda contar con esa generación de aire en el futuro.

Además, el utilizar mangueras para la aplicación de aire ocasiona pérdidas de este por fugas en conexiones y también desgastes en los acoples, al ser muy repetitivo el uso. Consecuentemente, esto ocasiona más consumo energético, desgaste de las mangueras y desgaste de los acoples de conexión rápida.

La elección del sistema actual no se hizo bajo un estudio ingenieril de las condiciones o de la situación de uso actual del lugar en estudio.

Por lo mencionado, como resultado de este estudio se propondrá finalmente plantear un sistema neumático que resuelva la problemática anteriormente explicada en el Taller Garaje Veintiuno, de manera que con él se resuelva la problemática y que a la vez se cumpla con las normas o regulaciones exigidas para su buen funcionamiento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Rediseñar e implementar un sistema neumático basado en las normas INTECO para el Taller Garaje Veintiuno.

1.2.2 Objetivos específicos

- Efectuar un diagnóstico del sistema neumático actual del Taller Garaje Veintiuno con base en las normas INTECO.
- Medir el consumo actual del sistema neumático.
- Analizar los componentes y accesorios del sistema actual del Taller Garaje Veintiuno
- Aplicar las normas INTECO en el rediseño del sistema neumático para el taller

1.3 JUSTIFICACIÓN

La importancia de los sistemas neumáticos en la industria es muy alta, ya que es una de las formas de energía más utilizadas en las empresas para realizar muchos trabajos de manufactura de productos, por ejemplo, en talleres de mecánica, de enderezado y pintura, de plantas avícolas y cárnicas, de automatización de procesos, etc.

Los sistemas neumáticos, que son un gran aporte para la industria, también tienen que cumplir con normas nacionales e internacionales de calidad de aire, diseño y

gestión de energía, y cumplir con los requisitos exigidos para que puedan ser empleados en las diferentes áreas de la industria

El sistema neumático en el Taller Garaje Veintiuno es de gran importancia, ya que en él se utilizan herramientas neumáticas esenciales para realizar pulido de superficies, aplicar pintura mediante pistolas de aire que ayudan a tener mejores acabados en las superficies, y limpieza mediante pistolas de aire.

El taller le presta sus servicios a clientes particulares y al Instituto Nacional de Seguros bajo cumplimiento de ciertos requisitos, de ahí la importancia de que tenga un sistema neumático óptimo y que cumpla con las normas que se piden para avalar dichos sistemas, para que garanticen eficiencia y seguridad al trabajar con él.

1.4 ANTECEDENTES

Los sistemas neumáticos tienen una larga historia pues es uno de los sistemas más antiguos, y son nuestro sistema respiratorio ya que es el que realiza la succión y la expulsión del aire que respiramos. Un sistema neumático transmite la energía con la finalidad de mover y hacer funcionar máquinas y mecanismos; por tanto, se puede decir que la neumática se sirve de solo el aire comprimido con el fin de generar el movimiento propiciado por la energía del aire. El origen de la neumática se remonta al 2500 a.C con la utilización de muelles de soplado y, posteriormente, fue en el mundo griego, hace ya más de 20 siglos, cuando se construyó un camión neumático que comprimía el aire de los cilindros. Ya en el siglo XIX, en la industria se comienza a utilizar el aire comprimido de forma continuada, en herramientas neumáticas, instalaciones de redes de aire, compresores, etc.

1.4.1 Antecedentes nacionales

1. En la tesis de José Miguel Bonilla Gutiérrez, titulada ‘Diseño de la red principal de aire comprimido de la planta CEMEX, en Colorado de Abangares, Costa Rica’ se hace referencia al diseño de una red de aire comprimido en la que primero se realiza el estudio de la red de ese momento para obtener medidas de caídas y fugas en el sistema. Posteriormente se crea una base de datos cuyos resultados sirvieron como base para el diseño de la nueva red de aire. Como resultado del estudio se hace una propuesta de mejoras para el futuro de la planta y se presenta el estudio del costo respectivo para determinar si es conveniente implantar el nuevo sistema.

2. En la tesis de José Gregorio Venegas Mora, titulada “Evaluación y propuesta de rediseño del sistema de aire comprimido en la Planta procesadora de pollo, SRL Cargill, Costa Rica” se evalúa, primero que todo, el sistema que utiliza la empresa en cuanto a consumo y uso del aire, y se hace un levantamiento actualizado de planos del sistema actual. También se realiza un análisis energético del sistema para obtener consumos, para con esto proponer una mejora en ese sistema. La propuesta que hace el autor se divide en dos opciones de diseño, complementada con el estudio financiero respectivo para determinar su rentabilidad.

3. Dumas Ramírez Zamora, en su tesis titulada “Rediseño de red de distribución de aire comprimido en Planta Geotérmica Pailas I”, realiza, en primer lugar, un análisis del sistema de aire de la planta que propone para actualizar el sistema en uso. Primeramente, se localizan las causas de fugas y las caídas de aire en el sistema de aire y después se recomiendan las mejoras que se deberían hacer en la planta. Se

plantea el plan de inversión en el proyecto y el efecto que tendría en cuanto a producción en la planta, que le permita llegar a sus metas con los posibles retrasos.

4. En la tesis de Keily Castro Gómez, titulada “Rediseño de la red de distribución de aire comprimido para la empresa Utitec Medical”, su autora se centra en tres puntos principales: análisis, rediseño y viabilidad económica de un sistema de aire comprimido para dicha compañía. En dicho análisis se estudia el sistema actual para obtener porcentajes de fugas, demanda máxima de la compañía, y la calidad del aire, ya que al ser una empresa de manufactura medica tiene que cumplir con las normas internacionales del caso. Se procede al rediseño del sistema de aire para lograr reducir fugas y cumplir con la demanda de la compañía. Se realiza un análisis financiero basado en el VAN y la TIR, y en el tiempo de retorno de la inversión en el proyecto, para conocer si es rentable o no.

5 La tesis de Emmanuel Jiménez Solís, titulada “Evaluación y mejora del sistema de aire comprimido de la planta de fibrocemento Plycem” se orienta a disminuir el consumo energético del sistema para disminuir gastos. El primer paso fue elaborar una lista de los equipos y determinar su consumo, y efectuar mediciones de dichos equipos para compararlos con el manual o con el fabricante de los equipos. También se hace un análisis de los datos obtenidos para obtener el porcentaje de pérdidas y caídas de aire que generan un mayor consumo del sistema. Al final se presenta el diseño que podría generarle un ahorro económico a la empresa en relación con el ahorro en energía.

1.4.2 Antecedentes internacionales

1 En la tesis de Dalton John Celi Conde y Juan Fernando Moreno Paida, titulada “Propuesta de rediseño de la red de aire comprimido para la planta de Cerámicos Graiman”, se plantea el rediseño de la red de aire comprimido. Primeramente, se analiza la situación actual de pérdidas de presión de las tuberías mediante software especializado, con el cual se puede analizar la velocidad del flujo para recomendar que se hagan modificaciones. Luego se pasa a dimensionar las tuberías y luego se elabora el nuevo diseño con base en la información obtenida del análisis del primer paso. Al final se presenta una propuesta de diseño con posible ahorro si se aplicara el nuevo diseño del sistema.

2 En la tesis de Raúl Andrés Carrión Campana, titulada “Diseño y construcción de un sistema aire comprimido para el uso de herramientas neumática”. los primeros pasos seguidos fueron obtener datos de las herramientas que se van a usar en el taller, para conocer el caudal que necesitan para su operación óptima. Con los caudales que necesitan las herramientas se calculan las tuberías y se selecciona el compresor más apto para el total del caudal necesario. Como paso final se recomiendan los filtros necesarios para el sistema diseñado.

3 En este otro caso, Carlos Andrés Villota, Luis Miguel Caicedo Franco y Johan Sebastián Zúñiga Téllez, en su tesis titulada “Diseño e implementación de un sistema de aire comprimido para el prototipo de planta de manufactura flexible del Laboratorio de Ingeniería Industrial, ubicado en la Unidad Central del valle de la ciudad de Tuluá”,

plantean una investigación aplicada en la que el primer paso es la elaboración de un plan de trabajo del área en estudio, y para decidir sobre los componentes del laboratorio. Al decidir sobre el primer punto, seguidamente se levantan planos de componentes del sistema y del manual de operación del aire comprimido. En él, al realizar el diseño también se presenta un análisis de costo-beneficio del proyecto para analizar si es adecuada su aplicación en el laboratorio.

4. En el trabajo de graduación de Gabriel Barrera Santos, titulada “Diseño de un sistema de aire comprimido para la empresa MONCAR de Santa Clara”, en el primer paso se identifican los componentes de un sistema de aire comprimido conforme con la exigencia del taller. Posteriormente, se basa en el uso de las normas de diseño para que cumpla con los requisitos necesarios para sus funcionamientos. Luego, se hace el cálculo de las tuberías y de las caídas de presión y volumen del depósito de almacenamiento. Al final se hace una propuesta económica para la implementación del diseño, considerando la necesidad de adquirir un software con todos los aspectos importante del trabajo.

5. En la tesis de Hernán Alberto Manzo Pin, titulada “Rediseño del sistema de aire comprimido en una fábrica de paneles y perfiles metálicos utilizando tubería de aluminio”, se rediseña un sistema teniendo en cuenta que el actual ya está deteriorado y lo importante de rediseñar uno nuevo. Lo siguiente fue seleccionar los componentes más adecuados para el sistema nuevo, según las operaciones que se ejecutan en la empresa. Al final de la investigación el autor realiza un estudio económico para conocer la rentabilidad del sistema propuesto de sistema de aire comprimido.

1.5 PROYECCIONES

En la presente investigación se busca la solución del problema en estudio mediante la obtención de un rediseño del sistema neumático actual, siguiendo adecuadamente las normas INTECO.

Se trabaja mediante visitas al lugar, consulta a encargados del taller y mediante el estudio de los accesorios que constituyen el sistema neumático actual para entender qué tan adecuado es.

Mediante las herramientas neumáticas con que cuenta el taller se podrán conocer la cantidad de consumo y las condiciones que requieren para el mejor funcionamiento de estas.

Al diseñar el nuevo sistema con aplicación de las normas se obtendrá un sistema neumático que cumpla con los requerimientos, que a la vez será el adecuado para las actividades que se realizan en el taller.

Al obtener el diseño del sistema neumático nuevo con el uso de diferentes tipos de materiales, componentes y accesorios se podrá proponer el diseño más adecuado para para que lo pueda implementar en el corto o en el largo plazo.

1.5.1 Alcances

Al realizar e instalar este rediseño bajo el cumplimiento de las normas, el taller contaría con un sistema neumático que le garantice seguridad y eficiencia. Con el nuevo rediseño se optimizarían la distribución y el dimensionamiento del aire que necesita el taller sin un gasto adicional de energía. Esto porque, aunque el sistema actual cumple con el objetivo de realizar las operaciones diarias del taller, no está en condiciones de poder cumplir con los requisitos que contienen las normas.

1.5.2 Limitaciones

Al no ser un taller de dimensiones grandes no cuenta con el registro de diseño de un sistema neumático actual para analizarlo. El taller no cuenta con planos de distribución y localización de espacios de trabajo. Por ejemplo, una de las limitaciones que tiene es que en el taller no se cuenta con un departamento de mantenimiento o encargado que registre caídas de presión, fugas o reparaciones del sistema neumático. Aunque el taller no es muy antiguo, muchas de las placas de las herramientas no son visibles como para un levantamiento de los consumos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

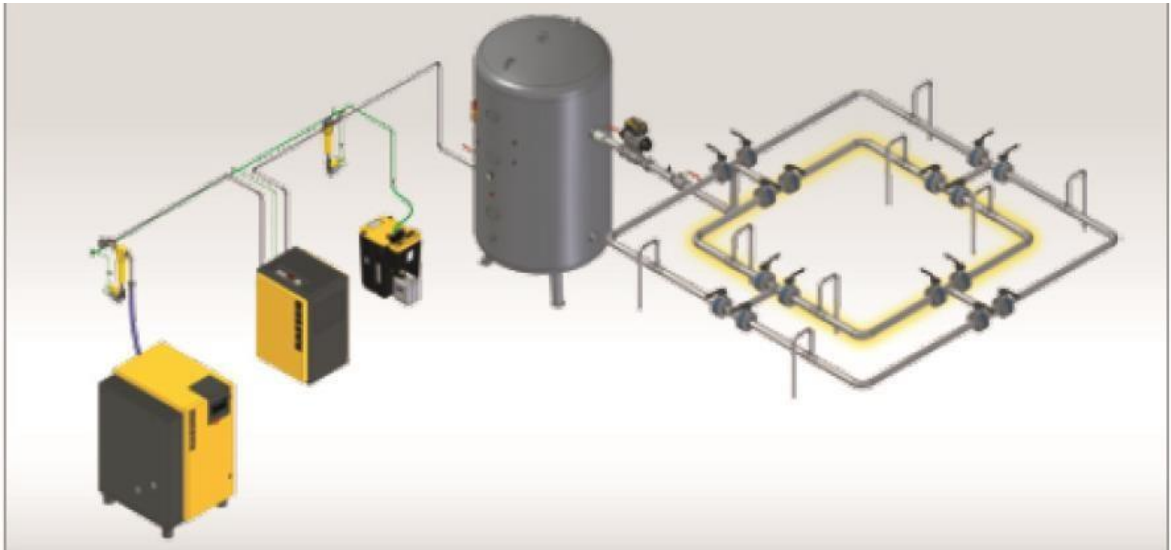
2.1 Sistemas neumáticos

Los sistemas neumáticos son sistemas que utilizan el aire u otro gas como medio para la transmisión de señales o para generar potencia, o en ambos casos. Dentro del campo de la neumática la tecnología se ocupa, sobre todo, de la aplicación del aire comprimido en la automatización industrial (ensamblado, empaquetado, etc.)

Los sistemas neumáticos se usan mucho en la automatización de máquinas y en el campo de los controladores automáticos. Los circuitos neumáticos que convierten la energía del aire comprimido en energía mecánica tienen un amplio campo de aplicación (martillos y herramientas neumáticas, dedos de robots, etc.), por la velocidad de reacción de los actuadores y por no necesitar un circuito de retorno del aire.

En los sistemas neumáticos el movimiento del émbolo de los cilindros de los actuadores es más rápido que en los mecanismos hidráulicos. (Por ejemplo, el taladro y el martillo neumático responden muy bien a las exigencias requeridas en esos casos).

Figura 2.1: Sistema neumático



Fuente: Aire comprimido káiser, 2021

2.2 Compresor

En su forma más simple, un compresor de aire es un equipo que crea y mueve aire presurizado. El aire a presión proporciona una gran fuerza, que se puede utilizar para alimentar muchos tipos diferentes de herramientas, aplicaciones e industrias.

(Chicago pneumatic, 2020)

2.3 Compresión

Existen dos principios genéricos de compresión de aire (o gas): la compresión de desplazamiento positivo y la compresión dinámica. Los compresores de desplazamiento positivo incluyen, entre otros, los alternativos (pistón), Scroll y diferentes tipos de compresores rotativos (tornillo, uña, paletas).

2.3.2 Compresión de desplazamiento positivo

El aire se aspira en una o varias cámaras de compresión, en las que queda confinado. El volumen de cada cámara disminuye gradualmente y el aire se comprime internamente. Cuando la presión alcanza la relación de presiones establecida se produce la apertura de una lumbrera o una válvula, y el aire se descarga al sistema de salida debido a la reducción continua del volumen en la cámara de compresión. (Atlas Copco,2020, p.13)

2.3.3 Compresión dinámica

El aire se aspira entre los álabes de un rodete que gira con rapidez y acelera a gran velocidad. Después se descarga a través de un difusor, en el que la energía cinética se transforma en presión estática. La mayoría de los compresores dinámicos son turbocompresores con un patrón de flujo axial o radial. Todos están diseñados para grandes caudales volumétricos. (Atlas Copco,2020, p.13)

2.3.4 Compresores de desplazamiento positivo

Una bomba de bicicleta es la forma más simple de un compresor de desplazamiento positivo, en el cual el aire se aspira en un cilindro y se comprime por medio de un pistón. El compresor de pistón tiene el mismo principio de funcionamiento y utiliza un pistón cuyo movimiento ascendente y descendente se realiza mediante una biela y un cigüeñal. Si se usa solamente un lado del pistón para la compresión, se denomina compresor de simple efecto. Si se usan los lados superior e inferior del pistón se denomina compresor de doble efecto. (Atlas Copco, 2020, p.13)

2.4 Tipos de compresores

2.4.1 Compresores dinámicos

Este tipo de compresores de aire hacen uso de la energía cinética para lograr comprimir el aire. En pocas palabras, aceleran la velocidad del aire, y luego otra parte del mecanismo lo retrasa, y así se convierte en una fuerza centrífuga en forma de presión o en una fuerza de trabajo mayor.

Normalmente, este tipo de compresores generan la alta velocidad del rotor, a partir de otro gas caliente generado previamente en un paso atrás del proceso, con lo que se complementa y cierra el sistema.

2.4.2 Compresor dinámico centrífugo radial

En este tipo de compresor el aire entra a la parte central del rotor (elemento que gira en el mecanismo interno), guiado por la campana de aspiración. El rotor, que gira a una alta velocidad, lanza el aire hacia un difusor situado en su respaldo, y finalmente es llevado al cuerpo impulsor, para que luego el aire siga su proceso con una fuerza mayor de trabajo.

2.4.3 Compresor dinámico centrífugo axial

Este compresor trabaja con el mismo principio del radial, con la diferencia de que el recorrido del aire para ser comprimido es llevado a cabo de manera paralela al eje de rotación. Tanto el tipo de compresor radial como el axial son utilizados para flujos y

canales de aire muy grandes, por ejemplo turbinas, o para el funcionamiento de motores de avión.

2.5 Compresores de desplazamiento positivo

2.5.1 Compresor de aire de tornillo

Este compresor de aire es el ideal para empresas e industrias que buscan eficiencia, calidad, productividad y costos de producción y mantenimientos bajos. El compresor de tornillo tiene un proceso de compresión de aire continuo. Se compone de dos tornillos, macho y hembra, que rotan al mismo tiempo en sentido contrario, como los engranajes de un reloj. El espacio que queda entre estos crea una cámara en la que se produce la compresión del aire, que aumenta la presión a medida que se reduce el espacio que hay entre las dos piezas. Es un proceso lineal desde la aspiración del aire atmosférico al sistema hasta su salida con una mayor presión. (link compresores, 2019)

2.5.2 Compresor de aire de pistón

Este tipo de compresor de aire es el más común y conocido por su relación de eficiencia y su rendimiento/costo relativamente bajo. Básicamente, el proceso de compresión se lleva al cabo en el interior de un cilindro, en el que el aire entra a la cámara y en que su volumen es reducido por el ascenso del pistón, para luego ser liberado con una presión muchísimo mayor, lo que corrobora la teoría de Boyle-Mariotte y su ley de los gases. La continuidad del movimiento del pistón se debe al uso de un cigüeñal-biela.

En el proceso para el desplazamiento del pistón se requiere el uso de un aceite que facilite el movimiento a fin de obtener una calidad de aire baja. Para las líneas productivas o trabajos que requieran una calidad de aire óptima existe el compresor de pistón con membrana. En resumen, es una “tela” ubicada en la superficie del pistón, que impermeabiliza el aire tomado de la cámara de compresión de los aceites y lubricantes usados en el mecanismo. (Link compresores, 2019)

2.5.3 Compresor de aire de émbolos rotativos

Este tipo de compresor de desplazamiento positivo tiene un mecanismo supremamente fácil de entender. Se compone de dos rotores de lóbulo que normalmente tienen forma de ocho (bilobulares); o los trilobulares, que son como los primeros, pero con un módulo más. Estas dos piezas giran al mismo tiempo y velocidad, pero en sentido contrario, para así generar unas cámaras y desplazar el aire, en donde por función de la contrapresión con la que se encuentran en la salida del equipo se realiza la compresión de aire. (Link compresores, 2019)

Su flujo de aire es realmente mínimo en comparación con el de compresores del tipo de pistón o tornillo, que tienen uno mayor. En resumen, son compresores de aire de muy baja presión, que en la industria son usados como soplantes o aceleradores del aire atmosférico. (Link compresores, 2019)

2.5.4 Compresor de aire de paletas

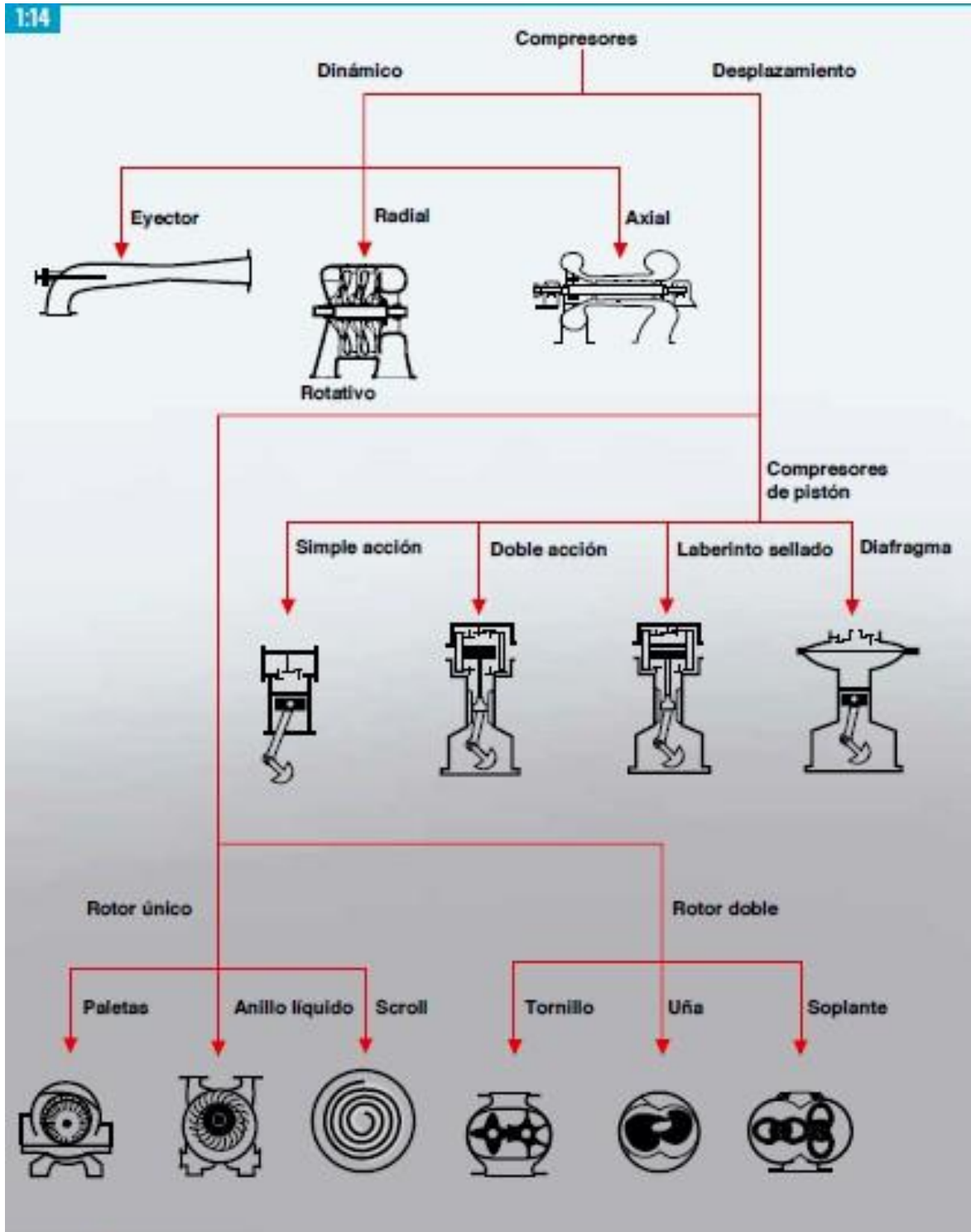
Estos compresores de desplazamiento positivo consisten en la instalación de manera excéntrica (que está fuera o apartada del centro) de un rotor de paletas

flotantes en el interior de una carcasa. La aspiración del aire se inicia en el espacio más amplio de estas cámaras y, a medida que va girando este espacio, se va disminuyendo, gracias al diseño excéntrico de las paletas y a la ubicación del rotor. Así, en el proceso el volumen del aire disminuye gradualmente. Se cumple así nuevamente la ley de Boyle-Mariotte en la que, a menor volumen de un gas (en este caso el aire) su presión aumenta, y son inversamente proporcionales. Esto para que finalmente, en el punto de menor espacio de la cámara de aire, el aire esté comprimido para ser liberado. (link compresores, 2019)

2.5.5 Compresor de aire de Scroll

Este tipo de compresor de desplazamiento positivo no es muy conocido en el mercado, pero es una opción en el momento de necesitarse calidades de aire sin residuales de aceite. Puede ser usado en industria médica y alimentaria. Muy bien, este compresor de aire principalmente tiene dos espirales idénticas, una fija (la superior), que en el centro tiene la zona de liberación del aire comprimido, y la otra es orbitante (rotor). Están dispuestas una frente a la otra, en contacto directo.

Figura 2.2: Tipos de compresores



2.6 Secadores de aire

Los secadores son la línea de defensa más importante contra la humedad en el aire comprimido y, por lo tanto, contra la corrosión dañina y los microorganismos peligrosos. La tecnología adecuada puede proteger eficazmente su sistema y sus productos finales, y, por lo tanto, eso permite ahorrar en muchos costos y en complicaciones. (Atlas Copco,2020)

Obviamente, sería fácil utilizar los secadores más eficaces, es decir, aquellos que pueden ayudar a cumplir incluso con los requisitos de calidad del aire más exigentes, para proporcionar una protección óptima del sistema. (Atlas Copco,2020)

2.6.1 Secador refrigerado

Los secadores frigoríficos son el tipo más común de secador. Constan de un intercambiador de calor aire-aire y con un intercambiador de calor aire-refrigerante. Eliminan la humedad del aire comprimido mediante la condensación. (Atlas Copco, 2020)

Los secadores frigoríficos pueden refrigerarse por aire o por agua. Enfrían el aire caliente o húmedo que sale del compresor. En la primera etapa esto ocurre en el intercambiador de calor aire-aire y, en la segunda etapa, en el intercambiador de calor aire-refrigerante. A medida que desciende la temperatura, la humedad contenida en el

aire se condensa y, a continuación, se puede drenar del aire comprimido con la ayuda de un purgador de agua. (Atlas Copco,2020)

2.6.2 Secador no cíclico

Estos secadores hacen funcionar al compresor de refrigeración continuamente y utilizan una válvula de derivación de gas caliente para redirigir el refrigerante, incluso a menos de plena carga. (Atlas Copco,2020)

Los secadores no cíclicos son una buena solución para operaciones con las que se desea mejorar la calidad del aire comprimido, y para reducir los costos de inversión. Se trata de máquinas muy sencillas y fiables que cuentan con opciones mínimas para simplificar tanto de su diseño como de su funcionamiento. En resumen, estos secadores frigoríficos ofrecen el menor costo de inversión inicial, a la vez que suministran aire comprimido seco y limpio. (Atlas Copco, 2020)

2.6.3 Secador cíclico

A diferencia de las versiones no cíclicas, los secadores cíclicos utilizan equipos adicionales, como controladores de frecuencia o masa térmica, lo que les permite encender y apagar en función de la demanda de aire comprimido que entra en el secador. Como resultado, son más eficientes energéticamente. (Atlas Copco,2020)

Aunque los secadores cíclicos son más caros, su mayor eficiencia se traduce en unos costos del ciclo de vida más bajos, especialmente en operaciones con una demanda de

aire fluctuante. Son muy confiables y ofrecen la comodidad de una instalación sencilla, un tamaño reducido y un bajo nivel sonoro. (Atlas Copco, 2020)

2.6.4 Secadores de adsorción

Desecante es un material que adsorbe la humedad. Uno de los desecantes más conocidos es el gel de sílice contenido en las pequeñas bolsas, incluidas en el envase de los productos para mantenerlos secos. (Atlas Copco,2020)

También conocido como material higroscópico, el desecante se utiliza en secadores para adsorber la humedad contenida en el aire comprimido. El aire fluye sobre el material, sale de la humedad y, por lo tanto, se seca. (Atlas Copco,2020)

2.6.5 Secadores de adsorción regenerados por purga

Estos secadores son más adecuados para caudales de aire más pequeños. Su proceso de regeneración se lleva a cabo con la ayuda de aire comprimido expandido (“purgado”). Requiere aproximadamente de 15% a 20% de la capacidad nominal del secador, a 7 bar(e) de presión de trabajo. (Atlas Copco, 2020)

2.6.6 Secadores regenerados por purga caliente

Los secadores calientan el aire de purga y se expanden por medio de un calentador de aire eléctrico y, por lo tanto, limitan el flujo de purga requerido a aproximadamente 8%. Este tipo utiliza 25% menos de energía que los secadores sin regeneración térmica. (Atlas Copco, 2020)

2.6.7 Secadores regenerados por el calor de la compresión

Estos secadores se regeneran con el calor disponible del compresor. En lugar de evacuar el calor del aire comprimido en un refrigerador, posteriormente el aire caliente se utiliza para regenerar el desecante. Este tipo de secador puede proporcionar un punto de rocío a presión típico de 20 °C y sin añadir energía. (Atlas Copco,2020)

2.7 Filtros

Los filtros en el sistema de aire comprimido reducen los niveles de contaminantes. Pueden minimizarse a un nivel aceptable para el aire operativo o eliminarse por completo si es necesario. Se utilizan principalmente tres métodos diferentes para la filtración de aire comprimido y gases; y para filtración superficial, filtración profunda y filtración con carbón activo. (Chicago Pneumatic, 2024)

2.7.1 Filtrado de superficie

Un filtro de superficie actúa como tamiz. Las partículas que son más grandes que los agujeros en el elemento del filtro se adhieren a la superficie, mientras que las partículas más pequeñas pasan. Al ajustar el orificio del material del filtro se puede determinar la capacidad del filtro para separar partículas de hasta un cierto tamaño. Cuando el orificio del filtro está obstruido la presión cae y el elemento del filtro debe limpiarse o reemplazarse. El material de un filtro de superficie puede ser de fibras de celulosa, polietileno o metal sinterizado. (Chicago Pneumatic, 2024)

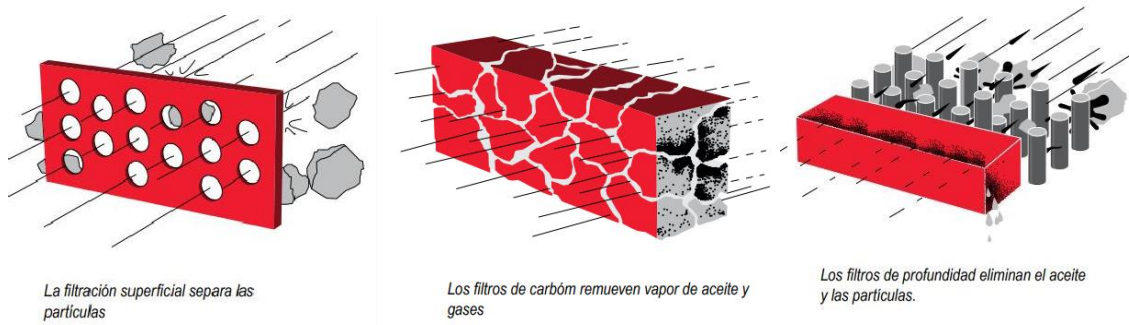
2.7.2 Filtración con carbón activado

Al filtrar por medio de un lecho de carbón activo se absorben tanto los vapores de aceite como ciertos gases. El aire comprimido es, por lo tanto, inodoro e insípido. Normalmente, el carbón activo en un elemento de filtro absorbe aceite hasta en aproximadamente 15% de la cantidad del peso de carbón, antes de saturarse. Cuando el carbón está saturado se reemplaza el elemento del filtro. Este tipo de filtro siempre debe ir precedido de un filtro de profundidad en el que se separen las gotas de aceite. El aire comprimido también debe secarse mediante secado al aire, antes de la filtración a través de carbón activado. (Chicago Pneumatic,2024)

2.7.3 Filtración profunda

La filtración profunda separa el aceite y las partículas del aire comprimido mediante un filtro de fibras de vidrio. Las gotas de aceite quedan atrapadas en las fibras, el aceite se presiona a través de ellas y, finalmente, se drena mediante una válvula de drenaje en la parte inferior de la carcasa del filtro. Las partículas sólidas quedan atrapadas entre las fibras. Cuando el material del filtro se ha saturado por la contaminación, la presión, a través del filtro cae y se debe reemplazar el elemento del filtro. El filtro separa el aceite de manera más eficiente, cuando la presión del aire tiene una temperatura baja (+20 °C o menos) y cuando la velocidad del aire a través del filtro es correcta. (Chicago Pneumatic, 2024)

Figura 2.3: Tipos de filtrados

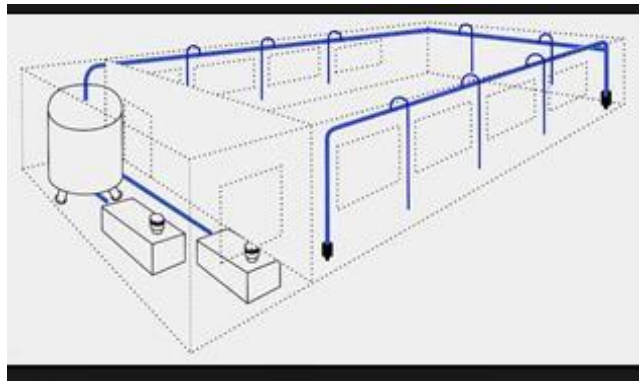


Fuente: Chicago pneumatic.2024

2.8 Diseño de instalaciones

Al diseñar una red de aire comprimido hay que tomar ciertas decisiones, de modo que se adapte a las necesidades del usuario, ofrezca la máxima economía de funcionamiento y esté preparada para una posible ampliación. La base es la aplicación o el proceso en el que se utilizará el aire comprimido. Por lo tanto, hay que empezar por conocer esos detalles como punto de partida de todas las demás actividades del diseño.

Figura 2.4: Distribución de la red



Fuente: Mecatronica.com, 2021

Hay que calcular o evaluar las necesidades de aire, la capacidad de reserva y el espacio para ampliaciones futuras. La presión de trabajo es un factor clave, ya que afecta de forma significativa el consumo de energía. A veces puede resultar económico usar diferentes compresores para distintos rangos de presión. La calidad del aire comprimido no reside solo en el contenido de agua, pues cada vez está más relacionada también con los aspectos medioambientales. Los olores y el contenido de microorganismos son factores también importantes que pueden afectar la calidad del producto o incidir en los rechazos de producción. (Atlas Copco, 2020, p.15)

2.9 Presión de trabajo

Los equipos neumáticos de una instalación determinan la presión de trabajo necesaria. La presión de trabajo correcta no depende solo del compresor, sino también del diseño del sistema de aire comprimido y sus tuberías, válvulas, secadores, filtros, etc.

Cada tipo de equipo puede necesitar una presión diferente dentro del mismo sistema. Normalmente, el valor de presión más alto es el que determina la presión de la instalación. Para los otros equipos se instalarán válvulas reductoras de presión en el punto de consumo. (Atlas Copco, 2020, p.15)

2.10 Caída de la presión

La caída de la presión aumenta rápidamente con el caudal. Si se prevén cambios de consumo, tiene sentido, desde el punto de vista económico, adaptar la instalación a estas condiciones. (Atlas Copco, 2020, p.15)

Figura 2.5: Caídas de presión

$$\Delta p = \frac{\beta \cdot v^2 \cdot L \cdot p}{R \cdot T \cdot D}$$

Donde:

Δp = caída de presión en bar
 β = coeficiente de resistencia
 v = velocidad del aire en m/s (*)
 L = longitud de la tubería en metros
 p = presión de la red en bar
 R = constante del aire (29.27)
 T = temperatura absoluta en °K
 D = diámetro interior de la tubería en mm.
 G = caudal en Kg/hora (1.293x60 Nm³/min)

(*) $v < 6$ m/s en la tubería principal
 $10 < v < 20$ m/s en tuberías secundarias

Fuente: Estructplan, 2019.

Figura 2.6: Caídas de presión

Descripción	Caída de presión, bar
Usuario final	6
Filtro final	0,1–0,5
Sistema de tuberías	0,2
Filtro de polvo	0,1–0,5
Secador	0,1
Rango de regulación del compresor	0,5
Máxima presión de trabajo del compresor	7,0–7.8

Fuente: Atlas Copco. Diseño de instalaciones, 2014

2.11 Cálculo del consumo de aire

El consumo nominal de aire comprimido se determina en función de los distintos consumidores. Se calcula sumando el consumo de todas las herramientas, máquinas y procesos que se conectarán, teniendo en cuenta su factor de utilización basado en la experiencia. También deben tenerse en cuenta desde el principio las fugas, el desgaste y los cambios previsibles en el futuro.

Figura 2.7: Depósito de aire

$$V = \frac{0.25 \times q_c \times p_1 \times T_0}{f_{\max} \times (p_U - p_L) \times T_1}$$

V = Volumen del depósito de aire (l)

q_c = Capacidad del compresor (l/s)

p_1 = Presión de entrada del compresor (bar(a))

T_1 = Temperatura máxima de entrada del compresor (K)

T_0 = Temperatura del aire comprimido en el depósito (K)

$(p_U - p_L)$ = Diferencia de presión ajustada entre carga y descarga

f_{\max} = Frecuencia máxima de carga (para los compresores Atlas Copco corresponde 1 ciclo cada 30 segundos)

Fuente: Atlas Copco. 2023

2.12 Cálculo de aire comprimido por software

Es importante realizar el cálculo de consumo de aire comprimido para determinar el caudal del compresor, y, generalmente, se realizan con altos factores de seguridad, lo que implica compresores de gran capacidad de entrega de aire con excesivos gastos

operativos de mantenimiento por un bajo factor de carga, en razón de que los periodos de mantenimiento se basan en las horas de marcha y no en las de carga, y en una alta potencia específica. (Kaiser. 2021)

Con la calculadora KAESER Toolbox se puede determinar el potencial de optimización de su estación de aire comprimido. La recomendación es minimizar la pérdida de presión de la instalación y evitar las pérdidas que se dan en marcha, en vacío, mediante tuberías de succión adecuadas, un depósito de tamaño correcto y los componentes más indicados para las tuberías. En la empresa se cuenta con las herramientas de cálculo adecuadas para esos fines. (Kaiser. 2021)

Figura 2.7: Calculadora KAESER

Unidades del SI
 Unidades EE.UU.

Por favor, use el punto como marca de decimales. (No se usan puntos para separar las unidades, decenas ni centenas de mil).

Cálculo de la caída de presión

Flujo volumétrico	<input type="text" value="0"/>	m ³ /min
Longitud nominal	<input type="text" value="0"/>	m
Presión de servicio absoluta	<input type="text" value="0"/>	bar
Diámetro interior de la tubería	<input type="text" value="0"/>	mm
Caída de presión	<input type="text" value="0"/>	bar

Fuente: Kaeser. 2023

Figura 2.8: Calculadora Parker

The image shows a web application titled "Transair Flow Calculator". It is divided into two main sections: "Project Data" and "Project Results".

Project Data:

- Project Name:
- Customer contact:
- Date:
- Gas:
- Pressure: bar(g)
- Flow: Scfm
- Length: m
- Max pressure drop: bar(g) or %
- Network:
- Transair range:

Project Results:

- Sizing
 - Transair® pipe diameter:
 - Transair® max flow:
 - Gas velocity:
- Pressure drop
 - Transair® aluminium pipe: (highlighted in yellow)
 - New steel pipe:
 - Corroded steel pipe:

Buttons: "Size diameter" (bottom left), "Request for quotation" (bottom right). A "Units" icon is also present.

Fuente: Parker, 2023

2.13 Detección de fugas

La detección de fugas se puede realizar por medio de la inspección visual y de sonido. En este caso, el ingeniero de mantenimiento pasa a lo largo de la planta en busca de las fugas. Mas, este es un método basado en el criterio humano, ya que si la fuga se encuentra en un sitio que no es accesible para el oído humano la fuga no puede ser detectada.

Existen detectores de fugas por ultrasonido que funcionan cuando el aire comprimido viaja por las tuberías y sus componentes. Se mueven como un flujo laminar, es decir, que todas las partículas se mueven en la misma dirección en forma paralela. Al haber una fuga en la red de distribución la corriente de aire alrededor de la

fuga cambia a ser un flujo turbulento, es decir, que el aire se mueve en todas direcciones (MR PERÚ, 2018).

EL aire turbulento emite un sonido o ruido que es interpretado por los detectores ultrasónicos. Este sonido no es audible, pero el detector por medio de unos audífonos lo transforma a frecuencias audibles. La onda producida varía según la amplificación del sonido. Los detectores ultrasónicos filtran los sonidos de fondo para realizar una detección de fugas eficiente (MR PERÚ, 2018).

2.14 Cálculo y selección de tuberías

Con la ayuda de las siguientes reglas se pone un punto de partida para el dimensionamiento de las tuberías (Bonilla, 2014):

- Mantener la pérdida de presión en un valor menor a 2% desde el compresor hasta el usuario. Se admite 3% en redes muy extensas. Por lo tanto, lo recomendable es minimizar la distancia y la cantidad de accesorios.
- Se debe establecer un límite de velocidad del aire en la tubería.
- Establecer un límite aceptable de pérdidas por fugas. Se recomienda un valor menor a 5% y en casos de redes extensas de 10%.
- Considerar un factor de ampliaciones en la tubería para prever la instalación de equipo nuevo o hacer modificaciones en la demanda. Se recomienda un valor de 20%.

Una vez establecidos estos parámetros y tomando en cuenta el caudal de aire que pasará por dicha tubería, se procede a utilizar los nomogramas o a utilizar los softwares disponibles en la actualidad.

Figura 2.9: Calculo de diámetro de tubería

$$d = \sqrt[5]{\frac{(450 * q_c^{1,85} * L_{eq})}{(\Delta P * P)}}$$

Donde:

q_c : flujo de aire comprimido [l/s].

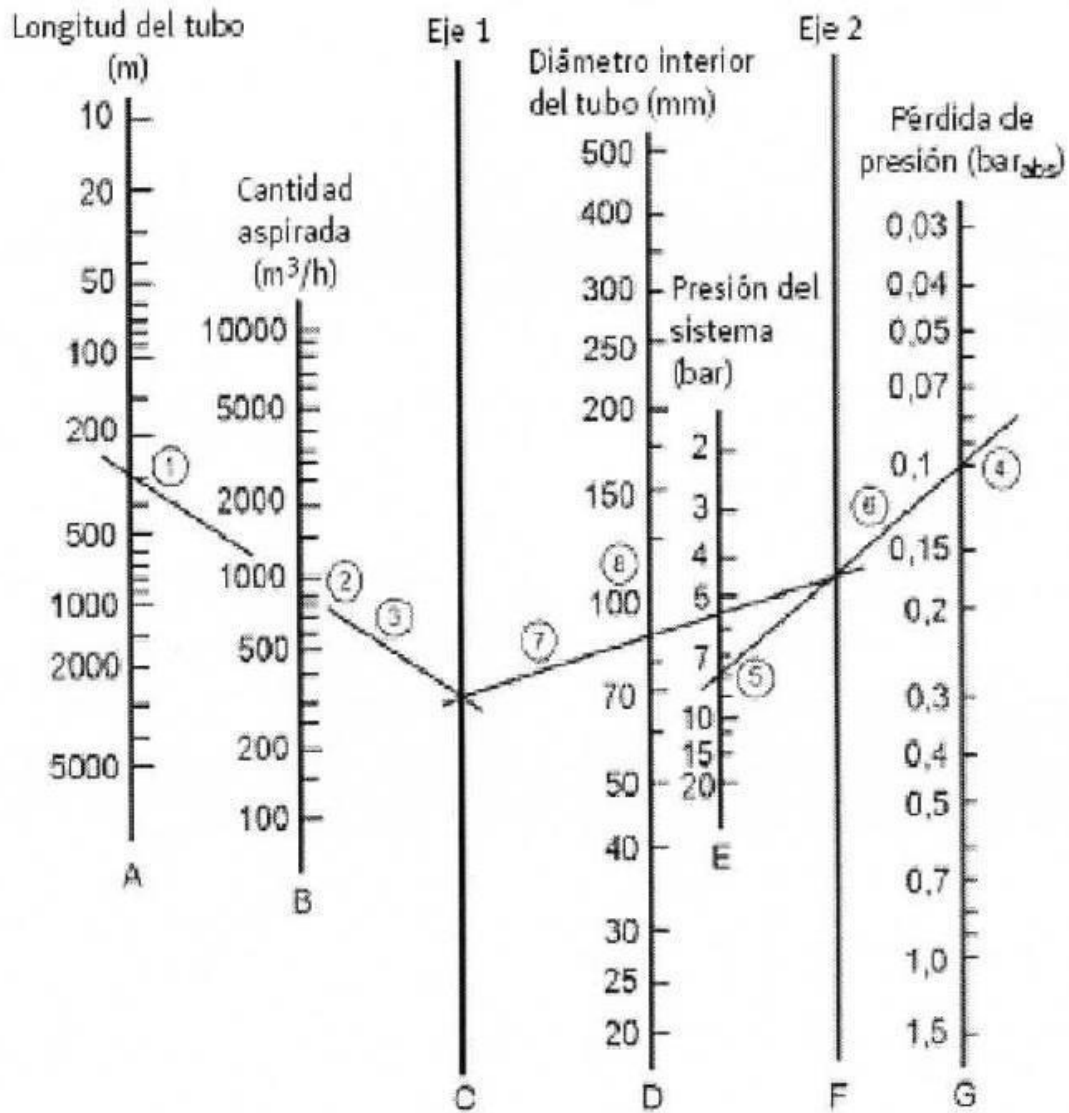
L_{eq} : longitud equivalente de tubería [m].

ΔP : caída de presión [bar].

P : presión [bar(a)].

Fuente: Garro (2017)

Tabla 2.1: Nomograma para el dimensionamiento de la tubería de aire comprimido

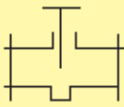
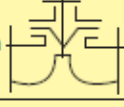




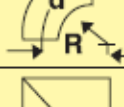



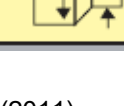


Fuente: Garro (2017)

La longitud equivalente corresponde a la longitud de la tubería física y a una estimación de caída de presión que genera un accesorio en función de la longitud de

tubería. En la tabla 2.2 se muestran las estimaciones de longitud para cada tipo de accesorio que se podría colocar en una red de aire comprimido.

Tabla 2.2: Longitud equivalente en metros para accesorios de tuberías

Longitud equivalente en metros												
Componente		Diámetro interior de la tubería en mm (d)										
		25	40	50	80	100	125	200	250	250	300	400
Válvula de bola totalmente abierta		0,3 5	0,5 8	0,6 10	1,0 16	1,3 20	1,6 25	1,9 30	2,6 40	3,2 50	3,9 60	5,2 80
Válvula de diafragma totalmente abierta		1,5	2,5	3,0	4,5	6	8	10	-	-	-	-
Válvula angular totalmente abierta		4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo		7,5	12	15	24	30	38	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta		2,0	3,2	4,0	6,4	8,0	10	12	16	20	24	32
Codo R = 2d		0,3	0,5	0,6	1,0	1,2	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6	4,8
Codo R = d		0,4	0,6	0,8	1,3	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4
Ángulo 90°		1,5	2,4	3,0	4,5	6,0	7,5	9	12	15	18	24
Te, salida en línea		0,3	0,4	1,0	1,6	2,0	2,5	3	4	5	6	8
Te, salida angular		1,5	2,4	3,0	4,8	6,0	7,5	9	12	15	18	24
Reductor		0,5	0,7	1,0	2,0	2,5	3,1	3,6	4,8	6,0	7,2	9,6

Fuente: Atlas Copo (2011)

2.15 Factor de ampliación

El sistema de aire comprimido operará para la demanda calculada por lo que se debe tener su ampliación en el corto y en el mediano plazos, ya que posteriormente resultará más caro económicamente y más complicado de realizar. (KaeserTalk,2021)

En este caso se debe considerar el dimensionamiento de la sala de compresores y el tamaño del compresor, así como el tratamiento del aire comprimido y la red neumática. Los diámetros de las tuberías se deben dimensionar considerando el caudal de la futura expansión. El tope de reserva en la generación se limita en 20% para evitar ineficiencias energéticas. (Kaeser Talk, 2021)

Si el porcentaje de ampliación disponible en la tubería resulta ser un valor negativo esto indica que la tubería está saturada y que el caudal máximo fue superado.

Figura 2.10: Porcentaje de ampliación.

$$\% \text{ de ampliación} = \frac{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{actual}}}{Q_{\text{máx}}} 100$$

Fuente: Fallas (2018).

2.16 INTECO

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, por sus siglas INTECO, es una asociación privada sin ánimo de lucro, creada en 1987 con alcance internacional para

ofrecerles soluciones a los diversos sectores y promover el desarrollo sostenible de las sociedades en las que opera. (INTECO, 2024)

En los periodos 2018-2020 y 2023-2025, INTECO ha ocupado uno de los 20 cargos en el Consejo Directivo de la ISO* y en la presidencia del COPANT, lo que representa un beneficio para Costa Rica, ya que cuanto más fuerte sea su ente nacional de normalización, mayores serán las oportunidades y herramientas que los diferentes grupos de interés (consumidor, estado, empresas, sociedad) puedan aprovechar. (INTECO,2024)

INTECO es un instituto técnico, independiente, representativo y apto para desarrollar y ofrecer los estándares técnicos requeridos por el país. En INTECO se entiende la calidad como un mecanismo fundamental para garantizar la transparencia, la eficiencia y la mejorar competitividad en cualquier proceso. (INTECO, 2024)

El INTECO es reconocido por la Ley N.º 8279 como el ente nacional de normalización que ha sido declarado de utilidad pública para los intereses del Estado. En él se representa a Costa Rica ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización, como ISO, IEC, COPANT. (INTECO,2024)

2.17 Calidad de aire comprimido: Norma ISO 8573-1:2010

Los sistemas de aire comprimido utilizan como combustible aire atmosférico, pero este contiene diversos contaminantes, como son el polvo, la suciedad, los microorganismos, diferentes gases, humedad, aceites, hidrocarburos, refrigerantes. Todos estos contaminantes provocan que disminuya la vida útil de los usuarios del

sistema de aire comprimido, lo cual provoca que tengan un desgaste prematuro, y que se den la oxidación y la corrosión, no solo de los equipos usuarios sino también de los componentes y las tuberías de la red de aire comprimido. Además, todos estos contaminantes provocan una baja pureza o calidad en el aire, el cual es primordial para ciertas áreas de trabajo de la industria.

La calidad de aire se define por medio de parámetros específicos que deben cumplir con la calidad del aire respecto al equipo o proceso que se va a suministrar. Cada industria, según su área de trabajo, sea alimenticia, médica, eléctrica, metalmecánica, entre otras, tiene sus propios estándares de calidad. La International Standards Organisation (ISO) estableció los parámetros de la calidad del aire por medio de la norma ISO 8573-1: 2010 Compressed Air, que según la siguiente tabla establece:

Tabla 2.3: Calidad del aire

ISO 8573-2010 Clase de Calidad Clase 0	Partículas Sólidas			Agua/humedad	Aceite (aerosol)
	Máximo número de partículas por m ³ Tamaño de partícula d es en micras (µm)			Punto de rocío	Concentración líquido y vapor
	0.10 ≤ d ≤ 0.5	0.5 ≤ d ≤ 1.0	1.0 ≤ d ≤ 5.0	°C/°F	mg/m ³
1	≤ 20,000	≤ 400	≤ 10	≤ -70 / -94	≤ 0.01
2	≤ 400,000	≤ 6,000	≤ 100	≤ -40 / -40	≤ 0.1
3	-	≤ 90,000	≤ 1,000	≤ -20 / -4	≤ 1
4	-	-	≤ 10,000	≤ +3 / +37.4	≤ 5
5	-	-	≤ 100,000	≤ +7 / +44.6	-
6	-	-	-	≤ +10 / +50	-
0	Según lo especificado por el usuario del equipo en función de la evaluación de riesgos. Más estricto que la clase 1			Especificado por el usuario	Especificado por el usuario

Fuente: Lufirsur, 2023

2.18 Señalización de la tubería: Norma ISO 20560

Esta norma ofrece información sobre seguridad para los sistemas de tuberías expuestas, relacionada con el contenido del sistema de tuberías y las amenazas asociadas, con el fin de prevenir accidentes, reducir los riesgos para la salud y proporcionar información en caso de emergencia. En este documento no se cubren las tuberías enterradas. La señalización de seguridad de las amenazas en un área no forma parte de él; pero también se puede utilizar para estructuras marinas y barcos (INTECO, 2022).

2.19 Identificación de la empresa

A continuación, se mencionan los detalles más importantes de la empresa Taller Garaje Veintiuno, de la que se realiza el estudio.

2.19.1 Visión/Misión

Seguidamente se indican la visión y la misión de la empresa:

Visión

"Ser reconocidos en el mercado como expertos en su área trabajo. Aspiramos a ser el taller de referencia para nuestros actuales y futuros clientes. (Taller Garaje Veintiuno, 2024).

Misión

"Ofrecer soluciones fiables y duraderas en los trabajos de reparación de carrocería y pintura automotriz; así como asesorar a los actuales y futuros clientes para

que puedan tomar las decisiones más acertadas para la reparación de sus automóviles. (Taller Garaje Veintiuno, 2024).

2.19.2 Antecedentes históricos

El taller fue fundado por una persona gracias a su experiencia de más de 18 años en talleres de enderezado y pintura automotriz. Sus primeros pasos los dio como operario en taller, en lo que empezó a fortalecer todo el conocimiento que ya tenía; pero era más teórico que práctico. Al pasar los años y gracias a su experiencia se convirtió en jefe de taller y así pudo desarrollarse en el área de administración, lo que le dio el conocimiento necesario para dirigir un taller y poder conocer, solicitar y administrar recursos de materia prima, y, así mismo, de personal y trato al cliente.

Después de varios años de estar en el mercado como empleado toma la decisión de ser un emprendedor, por lo que abre su propio negocio, el Taller Garaje Veintiuno. Este taller se centra en enderezado y pintura para clientes privados y públicos. El taller le presta servicios al Instituto Nacional de Seguros, por lo cual tiene que cumplir con varios requisitos para poder ser proveedor de este tipo de servicio y, a la vez, este servicio al cliente público es una excelente carta de presentación para sus futuros clientes.

2.19.3 Ubicación geográfica

El taller se encuentra ubicado en la provincia de San José, Goicochea, Calle Blancos, 200 metros al este de la plaza de fútbol de Calle Blancos, en Bodegas La Herradura.

Figura 2.11: Mapa satelital del Taller Garaje Veintiuno

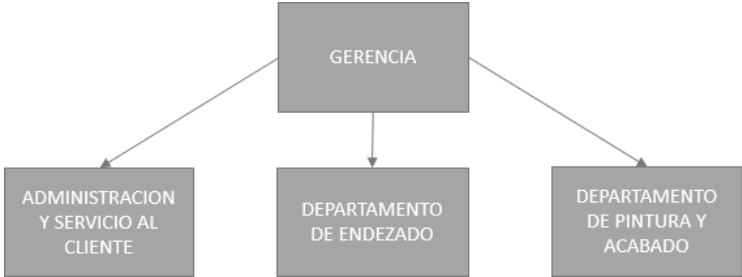


Fuente: Google Maps, 2023

2.19.4 Estructura organizacional

Seguidamente, el organigrama de la empresa:

Figura 2.12: Organigrama del Taller Garaje Veintiuno



Fuente: Taller Garaje Veintiuno., 2024

2.19.5 Tipo de servicio

Se realizan trabajos de enderezado y pintura de automóviles, motos, camiones de pequeños y mediados tamaños, a los cuales se les reparan la estructura y las latas o

coberturas, para que después sean pasadas al área de acabado y pintura. En el área de acabados se realizan el retoque de las piezas, de estructura o de pintura, hasta dejar la superficie correcta mediante el uso de herramientas y el uso de productos, para que luego se les apliquen la pintura y los acabados finales.

2.19.6 Descripción general del servicio productivo

Figura 2.13: Diagrama de trabajo



Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

Una investigación científica es muy parecida a cualquier otro tipo de investigación, solo que más rigurosa y organizada, y se realiza cuidadosamente. Esto se aplica tanto a estudios cuantitativos como a cualitativos o mixtos. Es sistemática porque implica que hay una disciplina para realizar la investigación científica y que no se dejan los hechos a la casualidad, sino que tiene que haber un porqué. Es empírica porque se recolectan y analizan datos. Es crítica ya que se evalúa y mejora de manera constante. Puede ser más o menos controlada, más o menos flexible o abierta; más o menos estructurada, pero nunca caótica y sin método (Hernández, 2013, p XXIV).

La investigación cuantitativa es secuencial y probatoria, y lleva un orden por seguir en el que una etapa precede a la siguiente y no se pueden eludir pasos. El orden es riguroso, aunque, desde luego, se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación; se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica (Hernández, 2013, p. 129).

En esta investigación se tiene el propósito de rediseñar e implementar un sistema neumático basado en las normas INTECO para el Taller Garaje Veintiuno, para lo cual se estudiará primeramente el sistema neumático actual del taller, a fin de conocer su grado de eficiencia. También se investigará sobre esas normas con el fin de aplicarlas a sistemas neumáticos de manera que el nuevo diseño se ajuste a ellas.

3.2 Método de investigación

3.2.1 Método de la presente investigación

Esta investigación se divide en cuatro pasos o etapas que deberán seguirse para que se cumpla con los objetivos planteados.

3.2.2 Planteamiento del problema

En esta etapa se plantea el problema como una pregunta, clara y directa, sin rodeos. Se delimitan los objetivos que se espera alcanzar para no perder la dirección de lo que se quiere investigar. Se plantean también los alcances, hasta donde se quiere profundizar, y se da la justificación de por qué se quiere realizar el estudio.

3.2.3 Construcción del marco teórico

Se recopila información que abarque todos los aspectos posibles. La información será la relacionada con sistemas neumáticos y en especial de aire comprimido, compresores, filtros, tuberías, consumos y normas aplicables a sistemas neumáticos de fuentes bibliográficas o de referencias consolidadas.

3.2.4 Desarrollo de la investigación

Seguidamente se explica el funcionamiento del sistema neumático actual como parte de la investigación. Para eso se presentan las correspondientes variables del sistema, tales como el consumo de aire actual, las pérdidas en el sistema y la capacidad máxima que se requiere para satisfacer la demanda de consumo.

También se realiza el cálculo del nuevo diseño para verificar que cumpla con las normas indicadas para los sistemas neumáticos.

3.2.5 Conclusiones y recomendaciones

Finalmente, se llega a conclusiones y se hacen recomendaciones para la implementación del nuevo diseño, en cuanto a si cumple o no con las normas en lo que respecta a las necesidades actuales de los trabajos que se realizan y, en el mismo sentido, ante una futura expansión del taller.

3.3 Fuentes de información

3.3.1 Dueño de la empresa

Mediante entrevista se recopilará información sobre las actividades y su duración, para así registrar los tiempos de consumo de aire y de horas pico del uso del sistema neumático

3.3.2 Catálogos de fabricantes

Mediante la información de fabricantes se analiza, y se selecciona el kit de aire comprimido más apto para el diseño del sistema neumático.

3.3.3 Fabricantes de herramientas

Mediante la información de fabricantes se recopila también información de consumo de aire para tenerla en cuenta en el diseño del sistema neumático.

3.3.4 Fabricantes de accesorios

De información obtenida de catálogos de materiales y accesorios se seleccionan los componentes más indicados según cumplan o no con las normas requeridas.

3.3.5 Normas INTECO

De las normas INTECO se aplicarán las que correspondan al diseño del sistema neumático.

3.4 Variables de análisis

Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
<ul style="list-style-type: none"> Diagnosticar el sistema neumático actual basado en las normas INTECO 	Normas	Que cumpla con lo necesario para que funcione todo el sistema basado en las normas	Consultar al dueño como es a la actividad en general del taller	Entrevista
<ul style="list-style-type: none"> Medir el consumo de las herramientas neumáticas actuales 	Consumo de aire	Es la cantidad de energía que ocupa el sistema para funcionar	Mediante información del manual de fabricantes	Documentación y entrevista
<ul style="list-style-type: none"> Analizar los componentes y accesorios que conforman el sistema 	Accesorios actuales (tubería, filtros, manguera, acoples rápidos)	Componentes aptos para el funcionamiento adecuado del diseño	Información de consumo por medio de catálogos	Documentación

actual del taller				
<ul style="list-style-type: none"> Implementar las normas Inteco en el rediseño del sistema neumático para el taller 	Aplicación de todo el sistema neumático bajo la norma INTECO	Normas de diseño que se toman en cuenta al realizarlo y que cumplan con los requisitos para que sea implementado	Normas ya establecidas que se toman como guía para el diseño	Documentación

Fuente: Elaboración propia, 2024

3.5 Instrumentos

3.5.1 Entrevistas

Las entrevistas son herramientas principalmente para la recolección de datos cualitativos y son populares como instrumentos para recopilar información debido a su flexibilidad. Las interacciones que se generan en una entrevista pueden presentarse de forma estructurada o semiestructurada para generar ideas y conceptos. (Cristina Ortega, 2022)

3.5.2 Observación

La observación es otra de las formas empleadas para recopilar información y consiste en observar a los individuos en su entorno natural, o en una situación que se presente de forma natural. Los procesos que se observan son normales. Pueden abarcar desde individuos hasta grupos y comunidades enteras. La recolección de datos es laboriosa y requiere mucho tiempo, y puede tener que repetirse para garantizar la fiabilidad. Sin embargo, los programas de observación basados en un conjunto de expectativas pueden facilitar la recolección de datos. (Cristina Ortega, 2022)

3.5.3 Fuentes abiertas

Para entender aún más se acude a fuentes abiertas para obtener datos valiosos. Se encuentra información pública y gratuita en páginas gubernamentales, universidades, instituciones independientes, organizaciones sin fines de lucro, grandes compañías, plataformas de análisis de datos, agencias, revistas especializadas, entre otras. (Diego Santos, 2022)

3.5.4 Recorrido

El recorrido metodológico de la investigación es el camino por seguir para alcanzar los propósitos que se han propuesto, lo cual implica identificar una teoría del conocimiento con la debida antelación para abordar la realidad por investigar. (Urbe, 2010)

3.6 Procesos de la recolección y el análisis de datos

Tabla 3.2: Diagrama de flujo



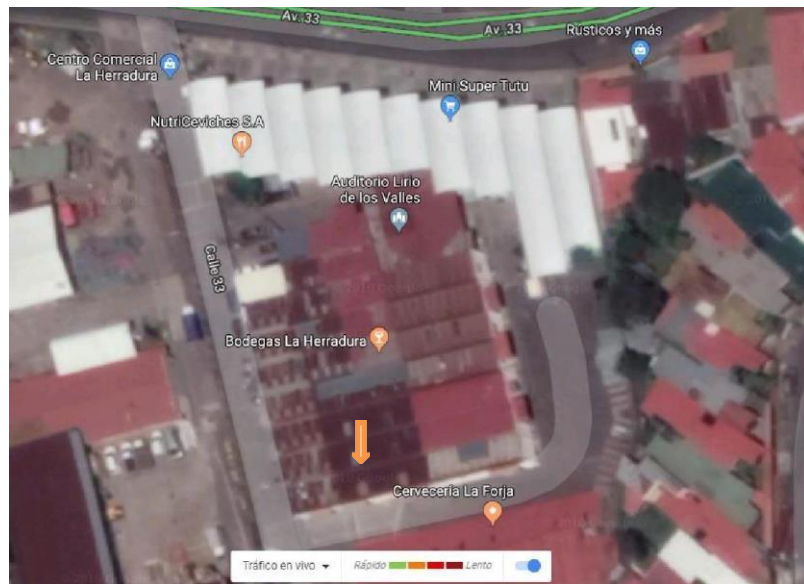
Fuente: Diagrama de investigación, 2017

CAPÍTULO IV. EL SISTEMA NEUMÁTICO ACTUAL

4.1 Lugar de estudio

El negocio o empresa de la que se hizo el estudio se llama Taller Garaje Veintiuno y está ubicada en San José, Costa Rica, en el cantón de Goicochea (Calle Blancos). Se encuentra a 9.9483 latitud y a -84.0649 longitud, en el complejo de bodegas Herradura. La bodega en donde está es la N.º 10, que tiene un área de 198 metros cuadrados de construcción; temperatura promedio 26°C, y humedad de 50%, en promedio.

Figura 4.1: Localización del taller



Fuente: Google maps, 2024

4.2 Sistema neumático actual

El sistema neumático actual con el que cuenta el taller es a base de aire. Es relativamente reciente, ya que al tener el negocio aproximadamente dos años de estar en el lugar actual se decidió invertir en la colocación del sistema neumático, dado que el local no contaba con uno a base de aire para sus actividades de enderezado y pintura.

En el sistema neumático actual se emplea un compresor, que se compró hace un año, aproximadamente, ya que al inicio de las actividades del taller se trabajaba con un compresor de varios años de tenerlo.

Cuando se implementó el sistema neumático actual esto no se hizo bajo un criterio o según un diseño ingenieril que conllevara la aplicación de normas técnicas, cálculos de consumo de aire, red de distribución, tipo de compresor, tipo de filtros, etc. El sistema neumático está basado más bien en la experiencia y el aprendizaje empírico del que realizó la instalación del sistema.

4.3 Composición del sistema neumático actual

4.3.1 Compresor

El sistema neumático actual está compuesto por un solo compresor de marca DeWALT, modelo DXCM602 de 3.5 HP, para comprimir aire con una capacidad de entrega de 11.5 a 13.4 CFM, según la presión de funcionamiento; y con una presión máxima de 175 PSI. El compresor viene con su propio tanque de almacenamiento de 60 galones de fábrica, ya que es un kit completo.

El local en donde está el taller actualmente no cuenta con un cuarto de máquinas, dado que el espacio es reducido. Aunque en Costa Rica no hay una norma que indique dónde deben ir localizados los sistemas neumáticos por seguridad de los usuarios finales, este sí debe cumplir con normas de seguridad de nivel internacional relativas a la fabricación y las pruebas del sistema.

Figura 4.2: Compresor actual



Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024.

Figura 4.3: Placa de datos del compresor



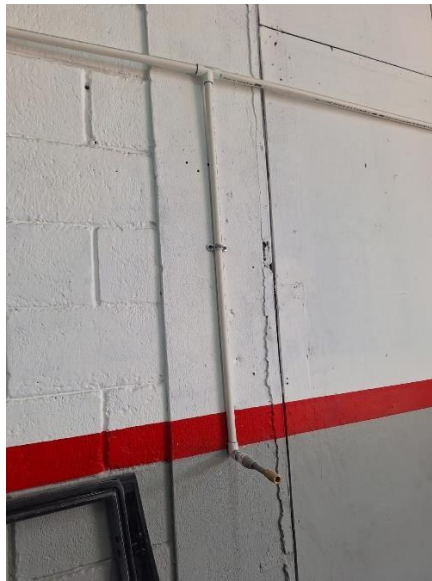
Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024

4.3.2 Red de distribución

La red de distribución de aire en el taller cuenta con tubería tipo PVC para uso de agua de 1/2 ", la cual fue utilizada por su fácil instalación y por su precio económico. La red de distribución no está señalizada como lo indica la norma ISO 20560, y falta indicar el gas o líquido que transporta, el color del líquido o gas que contiene y la dirección del flujo.

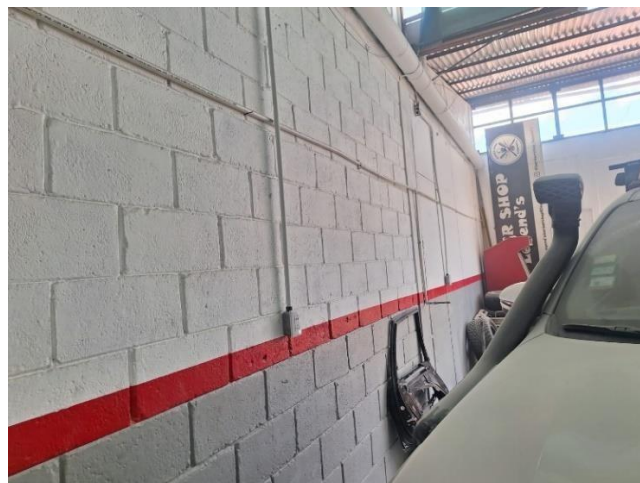
La red de distribución no cuenta con el cálculo del diámetro de la tubería, y falta agregar el cuello de ganso en la red que va hacia el punto del trabajo final.

Figura 4.4: Punto de trabajo final



Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024

Figura 4.5: Red de distribución



Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024

4.3.4 Filtros de aire

El sistema neumático actual cuenta con filtros de aire que son de segunda mano y sus especificaciones, marca y modelos no son visibles. Los filtros se seleccionaron según un método empírico y no se consideró criterio ingenieril, y tampoco se aplicó la norma 8573 referente a la calidad del aire.

Figura 4.6: Filtro de aire 1



Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024.

Figura 4.7: Filtro de aire 2.



Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024.

4.4 Consumo y herramientas

En el taller la mayoría de las herramientas son neumáticas las cuales son usadas en los trabajos de enderezado y pintura de carrocería. La distribución del sistema neumático está dividida en cuatro estaciones de trabajos. Entre ellas están un área de pintura llamada cabina, que es donde se realiza todo lo relacionado con la aplicación de pintura de la totalidad de la carrocería o de piezas por separado.

También se encuentran tres estaciones de trabajo en donde se realizan el desmontaje, el montaje de carrocería, el pulido, el enderezado y el lijado. A continuación, se presentan las herramientas con sus consumos y presiones de trabajo.

El consumo total en las actividades tiene que ser de aproximadamente 13.5 CFM, ya que esta es la capacidad máxima que puede entregar el compresor actual, aunque las estaciones de trabajo no siempre están trabajando al mismo tiempo. La distribución de los trabajos tiene que ser acorde con la disponibilidad del sistema neumático, ya que este tiene que generar el aire necesario para todas las herramientas por utilizar.

La actividad de más cuidado es la de pintado, dado que la presión de trabajo tiene que ser estable para la buena aplicación de las diferentes capas de pintura por colocar, y por el trabajo continuo, ya que puede ser aplicada a piezas pequeñas o a la totalidad de la carrocería. Cada sección de pintura es de aproximadamente cinco horas. En una carrocería total es cercana a 20 horas o a dos días de trabajo, y para estas secciones la presión de trabajo debe ser constante.

El caso de desmontaje y montaje es aleatorio, dependiendo de las piezas por reparar o de si la reparación se realiza dónde está colocada la pieza, y su manipulación es mínima en cuestión de tiempo; el tiempo promedio es de dos horas.

Seguidamente se presenta la duración en horas de los trabajos en los que se requiere usar el sistema neumático.

Es importante recalcar que las actividades en las que se usa el sistema neumático no siempre se realizan al mismo tiempo, pues eso va a variar dependiendo de la cantidad de trabajo que haya en el taller.

Tabla 4.1: Secciones de trabajos.

Secciones de trabajo		
		horas diarias
Aplicación de pintura total		5
Aplicación de pintura parcial		2
Desmontaje tiempo promedio		2
Montaje tiempo promedio		2
Polido		3
Lijado		3
Soplado de supercifie		1

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Las herramientas para realizar los diferentes trabajos de pintura se utilizan con dos pinturas diferentes. La elección de la herramienta por utilizar va a depender de la pieza que se vaya a pintar, o de si es un trabajo total de la carrocería para obtener detalles más finos.

Figura 4.8: Pistola por gravedad 1.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 4.9: Pistola por gravedad 2.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

La lijadora orbital es un equipo con el que se lija, como también se pule la superficie de la carrocería. Como esta herramienta es de bajas revoluciones se

consiguen acabados finos en la superficie, para después aplicar la pintura o aplicar dellates finales con el pulido a la superficie ya pintada.

Figura 4.10: Lijadora orbital.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Seguidamente se presentan las herramientas con sus consumos y presiones de trabajo.

Tabla 4.2: Herramientas neumáticas

Herramientas neumáticas			
	Marca	Presion de trabajo	consumo
Pistola por Gravedad	3 M	51 PSI	4.5 CFM
Pistola por Gravedad	Trumper	50 PSI	4 CFM
Lijadora orbital		90 PSI	3 CFM
Lijadora orbital		90 PSI	3 CFM
Pistola sopladora	3m	90 PSI	4.1 CFM
Pistola de impacto	Stanley	90 PSI	4 CFM
Pistola de impacto	Stanley	90 PSI	4 CFM

Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.5 Componentes y accesorios del sistema neumático actual

El sistema neumático actual del taller fue diseñado en forma empírica, ya que no se tienen planos de distribución de la red de aire comprimido ni un criterio de selección del compresor satisfactorio para realizar todas las actividades que requieran el uso del sistema neumático.

La elección de los componentes y accesorios no se hizo bajo un criterio de diseño que conlleve la aplicación de alguna norma INTECO en el lugar de estudio, aunque los sistemas neumáticos de aire comprimido y gases inertes en Costa Rica no están en 100% contemplados en las normas INTECO; pero sí se encuentran algunas otras que se aplican a los sistemas neumáticos para garantizar un buen diseño y su seguridad.

Los componentes y accesorios actuales están compuestos por tubería y figuras de PCV, mangueras para uso neumático, filtros de aire y reguladores de presión.

4.4.1 Tubería

La red de distribución del sistema neumático actual del taller es de aproximadamente 60 metros de tubería de tipo PCV de ½ “. La tubería actual que se utilizó para la red de distribución es para el uso de agua, no es la que se indica para el suministro de aire, aunque sí resiste altas presiones.

Las figuras como T, codos y uniones son de la misma aplicación de la tubería PVC para uso con agua. Todas las uniones con figuras se realizaron con pegamento PVC o con teflón para evitar fugas de aire.

4.4.2 Mangueras

Las mangueras para uso neumático se encuentran en las estaciones de trabajo y son mangueras de segunda mano que no contienen inscripciones en su superficie, que indiquen las presiones que estas pueden resistir. Las mangueras cuentan con acoples rápidos para su conexión a la red de suministro.

4.4.3 Filtros y reguladores de aire

La red de distribución cuenta con dos accesorios de filtros reguladores, todos en u. Los filtros reguladores no están fijos a la tubería pues son móviles según la necesidad de los trabajos por realizar. Se acoplan a la tubería más cercana a la estación de trabajo en donde se utilizará la herramienta neumática.

Estos accesorios no cuentan con etiqueta ni placa técnica para poder obtener las especificaciones; pero sí se pueden agregar a la red actual, ya que cumplen con la regulación de la presión para que se utilicen las diferentes herramientas.

CAPÍTULO V. REDISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

5.1 Propuesta 1° Condiciones iniciales

Para el nuevo diseño se tomará en cuenta el kit de compresor actual que está en funcionamiento en el taller, ya que el taller invirtió en adquirir este equipo. Las herramientas neumáticas serán las actuales, porque son las que están en uso en las diferentes actividades de enderezado y pintura de carrocería.

5.1.1 Kit del compresor

Para el diseño nuevo se considera el kit de compresor actual, ya que se adquirió hace menos de un año y ya se invirtió en equipo. El compresor actual es de una potencia de 3.7 hp, con un tanque de almacenamiento de 227.1 L, que ya trae incorporado el kit, y con un rango de 11.5 a 13.5 CFM que puede entrar.

Aunque la elección del compresor no se hará es importante mencionar que se colocará en un espacio libre del personal del taller, como se representa en el plano del taller, en que se visualizan la nueva distribución de la red neumática y el kit de compresor del taller.

En Costa Rica no se conoce ninguna norma ISO en la que se indique la ubicación de los equipos de los sistemas neumáticos para asegurarle al personal del área dónde se utilizará; pero en la industria la ubicación de los sistemas neumáticos normalmente es en cuartos o salas de máquinas por su facilidad de conexiones eléctricas y de mantenimiento.

Figura 5.1: Placa de datos del compresor.



Fuente: Taller Garaje Veintiuno, 2024

5.1.2 Secador de aire

En la selección del secador de aire se tomaron en cuenta las actividades que se realizan en el taller. Según indican los fabricantes de herramientas neumáticas para talleres de pintura automotriz, y basados en la norma ISO 8573-Calidad de aire, se recomienda un punto de rocío de +3°C.

También se selecciona este tipo de secador por su bajo costo comparado con los demás tipos de secadores y porque se encuentra en el mercado nacional. El secador es marca ABAC B6000 de punto de rocío de +3°C, 15 bar de presión máxima, 230 V.

Figura 5.2: Secador refrigerado.

PANEL DE CONTROL	Digital
PUNTO DE ROCÍO	+ 3°C
MÁX. TEMP. AMBIENTE	+ 45°C
MÁX. TEMP. ENTRADA AIRE	+ 55°C
PURGA	Inteligente Capacitiva

Modelo	Código	Pto. Rocío +5°C	Pto. Rocío +3°C	W	bar	Volt.	Conexión	L x W x H (mm)	Kg	€
DRY 20	4102000740	333	267	130	16	230/1/50	3/4" M	350 x 500 x 450	19	910
DRY 25	4102000741	417	350	130	16	230/1/50	3/4" M	350 x 500 x 450	19	1.010
DRY 45	4102000742	750	600	164	16	230/1/50	3/4" M	350 x 500 x 450	19	1.170
DRY 60	4102000743	1000	850	190	16	230/1/50	3/4" M	350 x 500 x 450	20	1.370
DRY 85	4102000744	1417	1200	266	16	230/1/50	3/4" M	350 x 500 x 450	25	1.470
DRY 130	4102000745	2167	1817	284	16	230/1/50	3/4" M	350 x 500 x 450	27	1.620
DRY 165	4102003223	2750	2350	609	13	230/1/50	1" H	370 x 500 x 764	44	1.730
DRY 210	4102003224	3500	3000	673	13	230/1/50	1" H	370 x 500 x 764	44	2.130
DRY 250	4102002718	4167	3600	793	13	230/1/50	1" 1/2 H	460 x 560 x 789	53	2.440
DRY 290	4102002719	4833	4100	870	13	230/1/50	1" 1/2 H	460 x 560 x 789	60	2.890
DRY 360	4102002720	6000	5200	1072	13	230/1/50	1" 1/2 H	460 x 560 x 789	65	3.300

Fuente: ABAC., 2020

5.1.3 Tubería

La tubería será de aluminio, de color azul. Esta tubería es de fácil instalación y presenta un bajo coeficiente de fricción y baja caída de presión, teóricamente. Esta tubería se escoge ya que es de color azul y cumple con la norma ISO 20560, que indica

el color del gas que se va a transportar por esa tubería, que en el caso del aire sería de color azul.

En Costa Rica varias empresas se dedican a la venta de tubería y accesorios para instalación de aire comprimido. Aunque también se encuentran otros materiales para la tubería y los accesorios, tales como hierro galvanizado, plástico, cobre y acero inoxidable. La tubería de aluminio es la que tiene un balance en lo económico y en el rendimiento en una instalación.

Algunas de las normas internacionales con las que deben cumplir los tubos para aire comprimido son: el ASME B31.3, el código que establece los requisitos para los materiales y componentes, diseño, fabricación, montaje, instalación, examen, inspección y prueba de tuberías; la certificación QUALICOAT, que es la garantía de la calidad del acabado de laca aplicado al tubo de aluminio, y la ISO 9001:2015, la de fabricado conforme al sistema de gestión de la calidad ISO.

La tubería de aluminio de varias marcas, como Transair y Sicomat, tiene la certificación ISO 8573: 2001 y la 2010 Clase 1.1.1. La certificación ISO 8573 establece las distintas clases de calidad de aire comprimido de los tres componentes principales presentes en cualquier sistema de aire comprimido: polvo, agua y grasa. La gama de aluminio ha superado satisfactoriamente las pruebas para alcanzar las mejores expectativas de esta norma.

Figura 5.3: Materiales para tubería.



Fuente: Ilsa, 2020.

Figura 5.4: Tubería de aluminio.



Fuente: Sicomat, 2020.

5.1.4 Red de distribución

Para el diseño de la red de distribución se contemplan los consumos de las herramientas que se usan para las diferentes actividades del taller. Es importante recalcar que el uso de las herramientas no es continuo en las estaciones de trabajo en donde se usan las herramientas solo en la cabina de pintado, caso en el que la actividad se realiza en forma continua por la aplicación de la pintura a las piezas o a la carrocería completa, lo que requiere un tiempo de tres a cinco horas.

Para los cálculos de la red de distribución se toma la presión de trabajo más alta ya que es la presión clave del sistema.

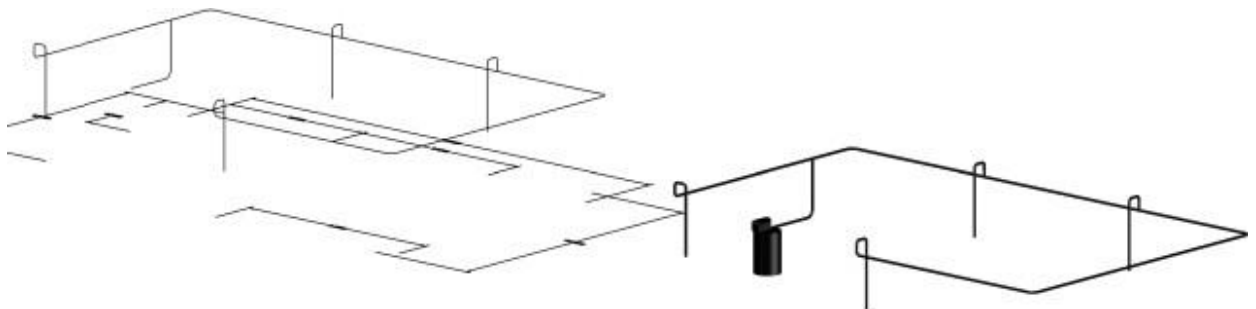
Tabla 5.1: Consumo de herramientas.

Herramientas neumaticas					
	Marca	Presion de trabajo	consumo	consumo	consumo
Pistola por Gravedad	3 M	51 PSI	4.5 CFM	2.123 l/s	0.127 m3/min
Pistola por Gravedad	Trumper	50 PSI	4 CFM	1.887 l/s	0.113 m3/min
Lijadora orbital		90 PSI	3 CFM	1.415 l/s	0.084 m3/min
Lijadora orbital		90 PSI	3 CFM	1.415 l/s	0.084 m3/min
Pistola sopladora	3m	90 PSI	4.1 CFM	1.934 l/s	0.116 m3/min
Pistola de impacto	Stanley	90 PSI	4 CFM	1.887 l/s	0.113 m3/min
Pistola de impacto	Stanley	90 PSI	4 CFM	1.887 l/s	0.113 m3/min
		total	26.6 CFM	12.548 l/s	0.750 m3/min

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La nueva red de distribución mostrada en la figura 5.1 cuenta con los siguientes accesorios y figuras:

Figura 5.5: Plano de la nueva red de distribución.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con el consumo total de las herramientas y con una caída de presión de 0.5 bar se realiza el cálculo del diámetro de la tubería de la red de distribución.

Figura 5.6: Cálculo del diámetro de la tubería propuesta 1ª.

Terms of use

Fuente: Transair, 2024.

El cálculo del diámetro de la tubería es de 16.5 mm, aproximadamente ½ pulgada calculada por software.

Aplicada la fórmula para el cálculo del diámetro de la tubería:

$$d = \sqrt[5]{\frac{(450 * q_c^{1.85} * L_{eq})}{(\Delta P * P)}}$$

Con los siguientes valores:

q_c : 12.548 l/s

ΔP : 0.5 bar

Leq: 63 metros

P. 7 bar

El diametro de la tubería es de 17.5 mm, casi igual al calculado con el software especialidazo. Tambien se puede seleccionar un diametro de 1" pero esto eleva el costo de la tubería.

Tabla 5.2: Tabla de diámetros de tubería.

Fluir			Longitud										Compresor (kw)
			164ft	328ft	492ft	984ft	1640ft	2460ft	3280ft	4265ft	5249ft	6561ft	
Nm³/h	NI/min	cfm	50m	100m	150m	300m	500m	750m	1000m	1300m	1600m	2000m	
10	167	6	16.5	16.5	16.5	16.5	25	25	25	25	25	25	1
30	500	18	16.5	25	25	25	25	40	40	40	40	40	3
50	833	29	25	25	25	40	40	40	40	40	40	40	5.5
70	1167	41	25	25	25	40	40	40	40	40	40	40	7.5
100	1667	59	25	40	40	40	40	40	40	50	50	50	11
150	2500	88	40	40	40	40	40	50	50	50	50	63	15
250	4167	147	40	40	40	50	50	63	63	63	63	76	25
350	5833	206	40	40	50	50	63	63	63	76	76	76	30
500	8333	294	40	50	50	63	63	76	76	76	100	100	45
750	12500	441	50	63	63	76	76	100	100	100	100	100	75

Fuente: Transair, 2024.

5.1.5 Filtro de aire

Los filtros de aire son de suma importancia ya que cumplen con la función de filtrar el agua y las partículas que contiene el aire que se comprimió como garantía de que no se dañan los equipos finales que trabajarán con este aire. También con este aire y con la implementación de los filtros se garantiza la calidad del aire que se utilizará, ya

que para algunas aplicaciones específicas tienen que cumplir con la Norma ISO 8573, que contempla la calidad del aire.

Los filtros serán también con regulador de presión, que se ubican en las estaciones de trabajo con la presión recomendada para las herramientas del taller. Los filtros cuentan con grado de filtración de igual o menor a 5 micras, que es el recomendado para los trabajos en talleres de enderezado y pintura automotriz.

Figura 5.7: Filtro regulador.



Fuente: Capris, 2024

Tabla 5.3: Filtro regulador SHPI

MODEL	Fluid	Port size	Filtering Grade	Pressure Range	Max pressure	Proof Pressure	Temperature	Drain Bowl Capacity	Oil Bowl Capacity	Weight
GCS 300-08	Air	1/4"	40 μ or 5 μ	1.5-9.0bar (0.15-0.9MPa) (21-128psi)	10.0bar (1.0MPa) (142Psi)	15.0bar (1.5MPa) (213Psi)	5-60°C	40cc	75cc	1300g
GCS 300-10	Air	3/8"	40 μ or 5 μ	1.5-9.0bar (0.15-0.9MPa) (21-128psi)	10.0bar (1.0MPa) (142Psi)	15.0bar (1.5MPa) (213Psi)	5-60°C	40cc	75cc	1300g
GCS 300-15	Air	1/2"	40 μ or 5 μ	1.5-9.0bar (0.15-0.9MPa) (21-128psi)	10.0bar (1.0MPa) (142Psi)	15.0bar (1.5MPa) (213Psi)	5-60°C	40cc	75cc	1300g

Fuente: SHPI, 2018.

5.1.6 Pérdidas de presión

Las pérdidas en cualquier sistema en el que se transporte un gas o líquido siempre van a estar presentes ya que habrá fricción en la tubería y fugas en la tubería, por los accesorios colocados; figuras que componen la tubería en el caso de un diseño nuevo, pero en caso de un sistema neumático ya existente se tiene que realizar un estudio más profundo, que incluya fugas en el sistema, si se puede con equipo especializado.

El equipo especializado que se utiliza es ultrasónico, que detecta las fugas que puedan presentar las tuberías. Este estudio se realiza frecuentemente en las empresas y es llevado por el departamento de ingeniería en mantenimiento, que registra los datos y los analiza. En caso de empresas más pequeñas se utilizan métodos más empíricos (espuma de jabón), debido a que usar el equipo de ultrasonido es de un alto costo por su precio, o adquirir un trabajo de estos. También está el uso de manómetros en

diferentes ubicaciones, para registrar las posibles caídas de presión en el sistema producidas por fugas en acoples, tubería o mangueras.

En este caso, al ser un rediseño del sistema neumático las pérdidas de presión son de suma importancia, porque se tienen que tener en cuenta para el diseño del nuevo sistema neumático, puesto que este puede afectar la presión del trabajo de los equipos neumáticos.

Con base en la figura 2.4 se deben tomar en cuenta las pérdidas de presiones que se tendrán por el uso de tubería. En el caso del nuevo diseño se incluye tubería de aluminio, ya que esta presenta una menor fricción con el flujo por transportar. En el sistema de tubería ya están incluidas las figuras que se necesitan para la red de distribución que se tomó en cuenta en el diseño.

Los accesorios, como filtros, se tienen en cuenta en el diseño porque estos se encuentran en cada estación de trabajo y a la salida del compresor. En el apéndice 1 se encuentran medidas del taller y un diagrama unifilar.

En el mercado se encuentra gran variedad de softwares gratuitos y de paga para el cálculo de estas pérdidas, para tomarlos en cuenta en un nuevo diseño. En este caso, con la ayuda del software de Kaeser se tiene un estimado de la caída de presión de la red de aire comprimido que se rediseñó.

Figura 5.8: Calculadora de caída de presión, propuesta 1a.

Cálculo de la caída de presión

Flujo volumétrico	<input type="text" value="0.750"/>	m³/min
Longitud nominal	<input type="text" value="63"/>	m
Presión de servicio absoluta	<input type="text" value="7"/>	bar
Diámetro interior de la tubería	<input type="text" value="16.5"/>	mm
Caída de presión	<input type="text" value="0.36"/>	bar

Fuente: Kaeser, 2024.

5.1.7 Presupuesto 1°

Se incluye una pequeña tabla de los materiales y equipos principales que se necesitarían para la aplicación del nuevo diseño. Los precios fueron suministrados por proveedores en Costa Rica.

Tabla 5.4: Presupuesto 1 de materiales y equipos.

Propuesta 1°		
Lista de materiales		
Secador	1	€670 450,00
Tubería	70 m	€3 500 000,00
Soporte y accesorios		€570 000,00
Filtros regulador	4	€100 000,00
Filtros regulador y lubricante	1	€54 000,00
Acople rápido	4	€28 000,00

Total	\$ 922 450,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.2 Propuesta 2° Condiciones iniciales

Para el desarrollo de la propuesta 2° del nuevo diseño se tomará en cuenta el kit de compresor nuevo de más CFM que satisfaga las necesidades para futuras ampliaciones, y teniendo en cuenta que se utilicen todas las estaciones de trabajo. Las herramientas neumáticas serán las actuales, ya que son las que están en uso en las diferentes actividades de enderezado y pintura de carrocería.

5.2.1 Kit del compresor

Para la selección del nuevo kit de compresor se tomará el consumo total de las herramientas. Para la aplicación se usa el factor de ampliación, que es de 10 a 20% para futuras ampliaciones en sistemas neumáticos.

Tabla 5.5: Consumo total de herramientas.

Herramientas neumáticas					
	Marca	Presion de trabajo	consumo	consumo	consumo
Pistola por Gravedad	3 M	51 PSI	4.5 CFM	2.123 l/s	0.127 m3/min
Pistola por Gravedad	Trumper	50 PSI	4 CFM	1.887 l/s	0.113 m3/min
Lijadora orbital		90 PSI	3 CFM	1.415 l/s	0.084 m3/min
Lijadora orbital		90 PSI	3 CFM	1.415 l/s	0.084 m3/min
Pistola sopladora	3m	90 PSI	4.1 CFM	1.934 l/s	0.116 m3/min
Pistola de impacto	Stanley	90 PSI	4 CFM	1.887 l/s	0.113 m3/min
Pistola de impacto	Stanley	90 PSI	4 CFM	1.887 l/s	0.113 m3/min
		total	26.6 CFM	12.548 l/s	0.750 m3/min

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Se tiene un consumo total de 26.6 CFM y se le aplica 10% de factor de ampliación, lo cual daría 29.26 CFM. Con este dato se selecciona el kit de compresor. El kit de compresor seleccionado es de marca ABAAC, modelo B6000, de 7.5 hp, con regulador incluido; 29.2 CFM, tanque de almacenamiento de 270 litros y se encuentra en el mercado nacional.

Figura 5.9: Kit de compresor marca ABAC propuesta 2°.

PRO B5900B 270 CT5,5
5,5 hp, 270 litros

Modelo	Código	HP	kW	L	l/min	rpm	Volt	bar	dB(A)-dB(WA)	L x W x H (mm)	Kg	€
CON RUEDAS (Incluye Regulador Salida)												
PRO A49B-100 CM3	4116000250			100								
PRO A49B-150 CM3	4116000251	3	2,2	150	444	1050	230/1/50	11	71 - 91	1305 x 501 x 1006	85	1.120
PRO A49B-200 CM3	4116000252			200						1437 x 573 x 1058	110	1.250
PRO A49B-200 CT3	4116000234	3	2,2	200	444	1050	400/3/50	11	71 - 91	1437 x 573 x 1058	110	1.250
PRO A49B-270 CT4	4116000237	4	3	270	553	1300	400/3/50	11	73 - 93	1532 x 607 x 1128	120	1.400
PRO A49B-270 CT5,5	4116000243			270	595				75 - 95	1532 x 607 x 1132	124	1.500
PRO B5900B-90 CT 5,5 <i>Quiet Work</i>	4116019684	5,5	4	90	653	1400	400/3/50	11	77 - 97	1060 x 570 x 940	95	1.830
PRO B5900B-270 CT 5,5	4116019770			270						1520 x 600 x 1250	170	1.750
PRO B6000-270 CT 7,5	4116020182	7,5	5,5	270	827	1400	400/3/50	11	82 - 102	1520 x 600 x 1250	180	2.380
PRO B7000-270 CT10	4116020782	10	7,5	270	1210	1300	400/3/50	11	82 - 102	1520 x 600 x 1250	199	2.920
SIN RUEDAS (No incluye Regulador Salida)												
PRO A49B-270 FM3	4116000253	3	2,2	270	444	1050	230/1/50	11	71 - 91	1532 x 456 x 1005	118	1.200

Fuente: ABAC, 2020.

5.2.2 Tubería

La tubería será la misma de la propuesta 1°, de aluminio de color azul. Esta tubería es de fácil instalación y presenta un bajo coeficiente de fricción y baja caída de presión, teóricamente. Esta elección se hace porque esta tubería es de color azul y cumple con la norma ISO 20560, que indica el color del gas que se va a transportar en esa tubería, que en el caso del aire sería de color azul.

5.2.3 Red de distribución

Con el nuevo consumo total en CFM se realiza el consumo del diámetro de la tubería. El consumo es de 29.2 CFM y se realiza el cálculo mediante el software de diámetro de tubería para aire comprimido.

Figura 5.10: Cálculo del diámetro de la tubería propuesta 2°.

The screenshot shows a software interface for calculating pipe diameter. It is divided into two main sections: 'Project Data' and 'Project Results'.

Project Data:

- Project Name: [Empty field]
- Customer contact: [Empty field]
- Date: [Empty field]
- Gas: Compressed Air (dropdown)
- Pressure: 7 bar(g)
- Flow: 29.2 Scfm
- Length: 63 m
- Max pressure drop: 0,35 bar(g) or 5 %
- Network: Straight line (dropdown)
- Transair range: Aluminium (dropdown)
- Buttons: 'Size diameter' and 'Request for quotation'

Project Results:

- Sizing:
 - Transair® pipe diameter: 25 mm (dropdown)
 - Transair® max flow: 71 Scfm
 - Gas velocity: 4.6 m/s
- Pressure drop:
 - Transair® aluminium pipe: 0.07 bar(g)
 - New steel pipe: 0.11 bar(g)
 - Corroded steel pipe: 0.21 bar(g)

Terms of use

Fuente: Transair, 2024

Se selecciona una tubería de 1" o de 25mm que puede trasegar hasta 41 CFM.

Tabla 5.6: Tabla de diámetros de tubería.

Fluir			Longitud										Compresor (kw)
			164ft	328ft	492ft	984ft	1640ft	2460ft	3280ft	4265ft	5249ft	6561ft	
Nm ³ /h	NI/min	cfm	50m	100m	150m	300m	500m	750m	1000m	1300m	1600m	2000m	
10	167	6	16.5	16.5	16.5	16.5	25	25	25	25	25	25	1
30	500	18	16.5	25	25	25	25	40	40	40	40	40	3
50	833	29	25	25	25	40	40	40	40	40	40	40	5.5
70	1167	41	25	25	25	40	40	40	40	40	40	40	7.5
100	1667	59	25	40	40	40	40	40	40	50	50	50	11
150	2500	88	40	40	40	40	40	50	50	50	50	63	15
250	4167	147	40	40	40	50	50	63	63	63	63	76	25
350	5833	206	40	40	50	50	63	63	63	76	76	76	30
500	8333	294	40	50	50	63	63	76	76	76	100	100	45
750	12500	441	50	63	63	76	76	100	100	100	100	100	75

Fuente: Transair, 2024.

5.2.4 Filtros

Los filtros seleccionados son los mismos de la propuesta 1° que cumplen con la Norma ISO 8573 de calidad.

5.2.5 Secador de aire

El secador refrigerado seleccionado es el mismo de la propuesta 1° ya que cumple con la Norma ISO 8573 de calidad.

5.2.6 Presupuesto 2°

Se realiza una pequeña tabla de los materiales y equipos principales que se necesitarían para la aplicación en el nuevo diseño. Los precios fueron suministrados por proveedores en Costa Rica.

Tabla 5.7: Presupuesto 2° de materiales y equipos.

Propuesta 2°

Lista de materiales y equipos

Kit de compresor	1	₡1 980 212,00
Secador	1	₡670 450,00
Tubería	70 m	₡4 550 000,00
Soporte y accesorios		₡570 000,00
Filtro regulador	4	₡100 000,00
Filtro regulador y lubricante	1	₡54 000,00
Acople rápido	4	₡28 000,00
Total		₡7 952 662,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio:

Conclusiones

- Se logró diagnosticar el sistema neumático de aire comprimido al determinar la situación actual del taller en aspectos como: el kit de compresor, la red de tuberías, y los accesorios que componen el sistema neumático actual del taller.
- Se hizo el estudio de consumo de los equipos mediante un análisis del consumo en CFM del taller, y se elaboraron tablas de datos con mediciones realizadas con información suministrada por el encargado del taller, y mediante datos de fábrica de herramientas.
- Se analizaron los equipos y accesorios que componen el sistema neumático actual bajo las normas INTECO.
- Se elaboraron dos propuestas de rediseño de la red de aire comprimido con aplicación de las normas INTECO sobre la calidad de aire requerido, transporte de fluidos para la selección de equipos y accesorios para los trabajos que se realizan en el taller.
- Es bueno recalcar que en Costa Rica los sistemas neumáticos no están cubiertas por muchas normas INTECO, pues las normas que se aplican en la industrial son pocas y se concentran en la calidad de aire de los sistemas neumáticos, sin tomar en cuenta factores de seguridad, aunque los mismos fabricantes del entorno de los sistemas neumáticos hacen recomendaciones para garantizar seguridad y eficiencia en los sistemas neumáticos.

Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de un sistema de neumática que cumpla con las normas INTECO para garantizar buenos resultados en los trabajos por realizar.
- Escoger filtros adecuados para los diferentes trabajos en el taller, en especial en la aplicación de pintura.
- Llevar un control de rutina de mantenimiento del sistema neumático, incluidos equipos, accesorios y control de fugas para mantener documentación sobre posibles eventos.
- En el nivel nacional reforzar o crear normas que aborden más los sistemas neumáticos en el país.

REFERENCIAS

ABAC (2020) *ABAC catálogo tarifa 2020*. Recuperado de

<https://www.abacaircompressors.com/content/dam/brands/ABAC/spain/catalogs/Catalogo-Tarifa-ABAC-2020-pags-med.pdf>

Atlas Copco (2014) *Manual de aire comprimido*. Bélgica, Atlas Copco

Atlas Copco (2024) *Razones por las que es esencial secar el aire comprimido*.

Recuperado de <https://www.atlascopco.com/es-mx/compressors/wiki/compressed-air-articles/drying-compressed-air>

Barrantes Echavarría, R. (1994). *Aire Comprimido*. Madrid, España: EDITORIAL PARANINFO.S.A.

DIMACO (2024) *Secador de aire*. Recuperado <https://dimacoequipos.com/secado-de-aire-comprimido>

Google maps. (2024). *Ubicación de Calle Blancos*. Recuperado de

<https://www.google.com/maps/@9.9479726,84.0648266,178m/data=!3m1!1e3?hl=es&entry=ttu>

Inteco. (2023). *Sistemas neumáticos*.

Recuperado de <https://erp.inteco.org/shop/inte-iso-4414-2018-sistemas-neumaticos-reglas-generales-y-requisitos-de-seguridad-para-los-sistemas-y-sus-componentes-2976#attr=>

Infraspeak Team (2023) *análisis de mantenimiento*. Recuperado de

<https://blog.infraspeak.com/es/analisis-de-los-5-por-ques/#:~:text=Consiste%20en%20un%20m%C3%A9todo%20interrogativo,nombre%20%E2%80%9C5%20por%20qu%C3%A9s%E2%80%9D>.

Kaesercompressor (2024) *Cálculo de la caída de presión en las tuberías*. Recuperado de <https://es.kaeser.com/servicios/conocimiento/calculadora/caida-de-presion/>

Kaesertalk (2020) *ABAC catálogo tarifa 2020*. Recuperado

<https://kaesertalk.com.ar/2020/03/20/como-funciona-un-sistema-de-aire-comprimido/>

Link compresores (2019) *tipos de compresores de aire y características*. Recuperado de

<https://www.linkcompresores.com.co/tipos-de-compresores-de-aire-y-caracteristicas/>

LinkedIn. (2023). *La Importancia de Medir el Aire Comprimido en la Industria para dar eficiencia y ahorra en tu instalación*.

Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-medir-el-aire-comprimido-en-industria-para-o24tf>

Parker (2017) *Transair Sistemas de tuberías avanzados para fluidos industriales*.

Recuperado de *análisis de mantenimiento*. Recuperado de

<https://www.parker.com/Literature/LPCE/New%20PDFs/CAT%20T0061%20ES.pdf>

Parker (2017) *Transair Flow Calculator*. Recuperado de *análisis de mantenimiento*.

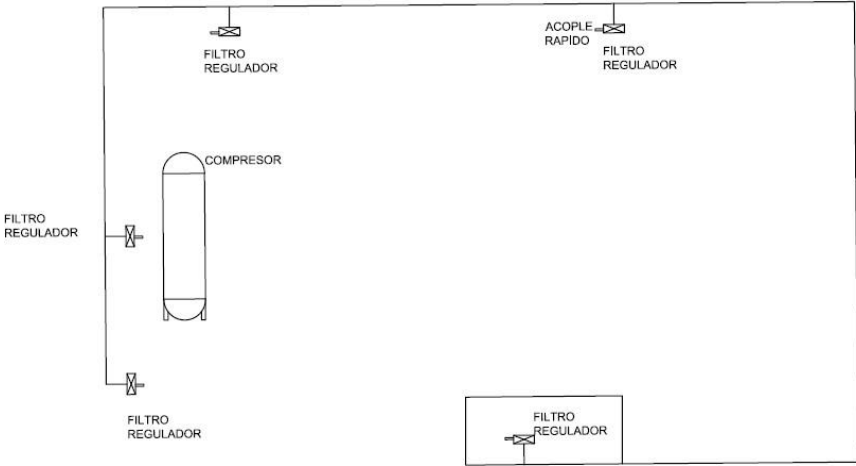
Recuperado de <http://tools.parkertransair.com/#/TransairFlowCalculator>

SHPI (2018) *SHPI Plastic Industrail*. Recuperado de

<https://www.shpi.com.tw/uploadfiles/1031/Catalog/Filter-Regulator.pdf>.

APÉNDICES Y ANEXOS

APÉNDICE 1: Diagrama unifilar



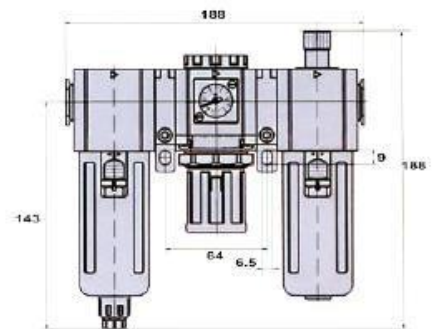
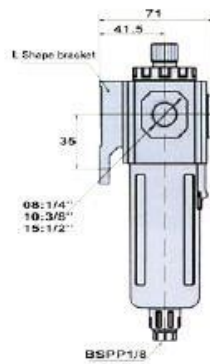
COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRAULICO	
FILTRO REGULADOR	de 1/2" a 1/2" de 5 µm DE FILTRACION
COMPRESOR DE AIRE	80 GALLONES 175 PSI 230 V
TUBERIA DE RED EN ALUMINIO	DE 1/2" PARA AIRE
SOPORTES DE TUBERIA	DE 1/2" PARA TUBERIA DE AIRE
ACOPLE RAPIDO	DE 1/2"



APÉNDICE 2: Filtros

GCS 300

Dimensions



Specification

MODEL	Fluid	Port size	Filtering Grade	Pressure Range	Max pressure	Proof Pressure	Temperature	Drain Bowl Capacity	Oil Bowl Capacity	Weight
GCS 300-08	Air	1/4"	40 μ or 5 μ	1.5-9.0bar (0.15-0.9MPa) (21-128psi)	10.0bar (1.0MPa) (142Psi)	15.0bar (1.5MPa) (213Psi)	5-60°C	40cc	75cc	1300g
GCS 300-10	Air	3/8"	40 μ or 5 μ	1.5-9.0bar (0.15-0.9MPa) (21-128psi)	10.0bar (1.0MPa) (142Psi)	15.0bar (1.5MPa) (213Psi)	5-60°C	40cc	75cc	1300g

APÉNDICE 3: Tubería Transair

Dimensionamiento de una red

Seleccione el diámetro Transair® para su aplicación en base al caudal y la longitud requeridos.
Valores estimados para una red de bucle cerrado a una presión de 8 bar y con una caída de presión del 5 %
No se tiene en cuenta la velocidad

Fluir			Longitud										Compresor (kw)
Nm³/h	NI/min	cfm	164ft 50m	328ft 100m	492ft 150m	984ft 300m	1640ft 500m	2460ft 750m	3280ft 1000m	4265ft 1300m	5249ft 1600m	6561ft 2000m	
10	167	6	16.5	16.5	16.5	16.5	25	25	25	25	25	25	1
30	500	18	16.5	25	25	25	25	40	40	40	40	40	3
50	833	29	25	25	25	40	40	40	40	40	40	40	5.5
70	1167	41	25	25	25	40	40	40	40	40	40	40	7.5
100	1667	59	25	40	40	40	40	40	40	50	50	50	11
150	2500	88	40	40	40	40	40	50	50	50	50	63	15
250	4167	147	40	40	40	50	50	63	63	63	63	76	25
350	5833	206	40	40	50	50	63	63	63	76	76	76	30
500	8333	294	40	50	50	63	63	76	76	76	100	100	45
750	12500	441	50	63	63	76	76	100	100	100	100	100	75
1000	16667	589	50	63	76	76	100	100	100	100	100	168	90
1250	20833	736	63	76	76	100	100	100	100	168	168	168	110
1500	25000	883	63	76	76	100	100	100	168	168	168	168	132
1750	29167	1030	76	76	100	100	100	168	168	168	168	168	160
2000	33333	1177	76	76	100	100	168	168	168	168	168	168	200
2500	41667	1471	76	100	100	100	168	168	168	168	168	168	250
3000	50000	1766	100	100	100	168	168	168	168	168	168	168	315
3500	58333	2060	100	100	100	168	168	168	168	168	168	168	355

APÉNDICE 4: Kit de compresor DeWALT

60 Gallon - Cast Iron Oil Lubricated Belt Drive Air Compressor

FEATURES & BENEFITS

- 175 PSI max pressure for optimum tool performance
 - Over 2X longer air tool run time**
 - 30% higher PSI**
- Cast iron, twin cylinder, oil lubricated pump features
 - Poly-v pulley and drive belt provides smooth operation with less vibration
 - High efficiency aluminum flywheel provides maximum air flow and lower start-up amps due to less starting inertia
 - Aluminum head and valve plate to maximize heat dissipation
 - High grade stainless steel valves
 - Superior O-Ring seals to eliminate oil leaks
- Heavy duty, 208-230 spread volt induction motor designed to operate at both 208 and 230 volt applications
- Large capacity, 60 gallon ASME* air receiver provides more air for longer run times on air tools such as ratchets, impacts, spray guns, hammers, etc
- Equipped with pressure gauge and on/off switch
- Tie down holes on platform sides to secure unit when transporting
- Supported by our Toll Free Customer Help Line



MODEL SPECIFICATIONS

Tank Size: 60 Gallon ASME*
Maximum Pressure: 175 PSI
CFM @ 40 PSI: 13.4
CFM @ 90 PSI: 11.5
Voltage: 208-230 Spread Volt
Running HP: 3.7
Certifications: CSA C-US*
Limited Warranty: 2 Year Pump
1 Year All Other Parts
Model: DXCM602
UPC: 8 46212 08367 3

.com Model: DXCM602.com
UPC: 8 46212 08375 8
Dimensions: 40" x 48" x 80"
Weight: 278 lbs

Dimensions: 24" x 24" x 78" • Weight: 237 lbs. • Pallet Qty: 1 • Truckload Qty: 104 (53' trailer)

*ASME - American Society of Mechanical Engineers • Certified to ULL1450 and CSA22.2 No 68 ** vs other 60 gallon 135 PSI compressors
Product style and configuration may vary.



APÉNDICE 5: Secador de aire ABAC

Tratamiento de Aire

Secador Frigorífico

Serie DRY



El mejor de su clase

Los secadores DRY nos aseguran un gran rendimiento y fiabilidad en condiciones extremas de trabajo.



Panel de Control DIGITAL



CARACTERÍSTICAS

PANEL DE CONTROL	Digital
PUNTO DE ROCCO	+ 2°C
MÁX. TEMP. AMBIENTE	+ 40°C
MÁX. TEMP. ENTRADA AIRE	+ 50°C
PURGA	Inteligente Capacitiva



Modelo	Código	Pto. Rocío +5°C	Pto. Rocío +2°C	W	bar	Volt.	Conexión	L x W x H (mm)	Kg	€
DRY 20	4102000740	333	267	130	16	230/150	3/4" M	350 x 500 x 450	19	810
DRY 25	4102000741	417	350	130	16	230/150	3/4" M	350 x 500 x 450	19	1.010
DRY 45	4102000742	750	600	164	16	230/150	3/4" M	350 x 500 x 450	19	1.170
DRY 60	4102000743	1000	850	190	16	230/150	3/4" M	350 x 500 x 450	20	1.370
DRY 85	4102000744	1417	1200	266	16	230/150	3/4" M	350 x 500 x 450	25	1.470
DRY 130	4102000745	2167	1817	284	16	230/150	3/4" M	350 x 500 x 450	27	1.820
DRY 165	4102002223	2750	2350	639	13	230/150	1" H	370 x 500 x 764	44	1.730
DRY 210	4102002224	3500	3000	673	13	230/150	1" H	370 x 500 x 764	44	2.130
DRY 250	4102002718	4167	3600	700	13	230/150	1" 1/2 H	460 x 560 x 790	53	2.440
DRY 290	4102002719	4833	4100	870	13	230/150	1" 1/2 H	460 x 560 x 790	80	2.890
DRY 360	4102002720	6000	5200	1072	13	230/150	1" 1/2 H	460 x 560 x 790	85	3.300
DRY 460	4102002721	7667	6500	1190	13	230/150	1" 1/2 H	580 x 590 x 800	80	3.760
DRY 530	4102002722	8833	7700	1446	13	230/150	1" 1/2 H	580 x 590 x 800	80	4.260
DRY 690	4102001584	11500	10000	1318	13	400/350	2" H	735 x 898 x 962	128	5.880
DRY 830	4102001585	13833	12000	1631	13	400/350	2" H	735 x 898 x 962	148	6.500
DRY 1040	4102001586	17333	15000	1889	13	400/350	2" H	735 x 898 x 962	158	7.300
DRY 1280	4102001587	21000	18000	2110	13	400/350	2" H	735 x 898 x 962	165	8.840

Condiciones de referencia: Presión Estática: 7 bar, Temperatura Aire Entrada: 20°C, Temperatura Ambiente: 20°C.

ACCESORIOS OPCIONALES

Modelo BY-PASS (No incluye filtro)	Código	Conexión	€
BY-PASS SOPORTE FILTROS DRY 20-130	4101000853	3/4" M	280



DRY 20-130

APÉNDICE 6: Compresor de aire ABAC

Compresor de Pistón

Correas 2 Etapas Serie PRO



Compresión doble etapa: mayor eficiencia energética

La gama ABAC tiene componentes muy fiables y una tecnología de eficiencia probada. Además, la durabilidad se funda con el confort que se puede esperar de esta máquina de alto rendimiento.

Rendimiento
Tecnología probada y bien establecida.

Fácil de usar
Claros indicadores de nivel de aceite

11 bar





Durabilidad
Componentes robustos





Refrigerador posterior con aletas para obtener un aire comprimido más frío.



Elemento de compresión de dos etapas con cilindro de fundido para mayor vida útil.

PRO B5900B 270 CT5,5
5,5 hp, 270 litros











Modelo	Código	HP	kW	L	litros	r/min	Volt	bar	~(A)~(V)~(Hz)	L x W x H (mm)	Kg	€
CON RUEDAS (Incluye Regulador Salida)												
PRO A49B-100 CM3	4118000250			100								
PRO A49B-150 CM3	4118000251	3	2,2	150	444	1050	230/1/50	11	71 - 91	1005 x 486 x 927	71	1.020
PRO A49B-200 CM3	4118000252			200						1305 x 501 x 1008	85	1.520
PRO A49B-200 CT3	4118000234	3	2,2	200	444	1050	400/3/50	11	71 - 91	1437 x 573 x 1058	110	1.350
PRO A49B-270 CT4	4118000237	4	3	270	553	1300	400/3/50	11	73 - 93	1437 x 573 x 1058	110	1.250
PRO A49B-270 CT5,5	4118000243			270	505				75 - 95	1532 x 607 x 1132	124	1.500
PRO B5900B-90 CT 5,5	4118019694	5,5	4	90	653	1400	400/3/50	11	77 - 97	1090 x 570 x 940	95	1.800
PRO B5900B-270 CT 5,5	4118019770			270						1520 x 600 x 1250	170	1.750
PRO B6000-270 CT 7,5	4118020182	7,5	5,5	270	827	1400	400/3/50	11	82 - 102	1520 x 600 x 1250	180	2.380
PRO B7000-270 CT10	4118020782	10	7,5	270	1210	1300	400/3/50	11	82 - 102	1520 x 600 x 1250	190	2.920
SIN RUEDAS (No incluye Regulador Salida)												
PRO A49B-270 FM3	4118000253	3	2,2	270	444	1050	230/1/50	11	71 - 91	1532 x 456 x 1005	118	1.200
PRO A49B-270 FT3	4118000249	3	2,2	270	444	1050	400/3/50	11		1532 x 456 x 1005	118	1.200
PRO A49B-270 FT4	4118000238	4	3	270	553	1300	400/3/50	11	73 - 93	1532 x 456 x 1005	120	1.300
PRO A49B-270 FT5,5	4118000244			270					75 - 95	1532 x 456 x 1005	124	1.400
PRO A49B-500 FT5,5	4118000246			500	505	1400				1950 x 530 x 1145	182	1.820
PRO B5900B-270 FT 5,5	4118019785	5,5	4	270	653	1400	400/3/50	11	77 - 97	1575 x 680 x 1150	167	1.650
PRO B5900B-500 FT 5,5	4118019812			500						2030 x 670 x 1400	244	2.050
PRO B6000-270 FT 7,5	4118020192			270					77 - 97	1520 x 600 x 1250	177	2.130
PRO B6000-500 FT 7,5	4118020252	7,5	5,5	500	827	1400	400/3/50	11	77 - 97	2030 x 670 x 1400	260	2.520
PRO B7000-270 FT10	4118020790			270						1520 x 600 x 1250	190	2.690
PRO B7000-270 FT10 (S/T)*	4118020794			270								3.010
PRO B7000-500 FT10	4118020852			500	1210	1300	400/3/50	11	82 - 102			3.100
PRO B7000-500 FT10 (S/T)*	4118020856			500						2030 x 670 x 1400	279	3.730

(S/T)* Incluye Armario Estufa/Plancha

20

ANEXO 1: Norma ISO 20560

Table 1 — Safety colour and basic identification colours

	Content of a pipe	Colour	
Safety colour	Hazardous substances	Yellow	
Basic identification colour	Gases in either gaseous or liquefied condition	Grey	
	Liquids and fixed materials (powder, granulates)	Black	
	Acids	Orange	
	Alkalis (leaches)	Violet	
	Firefighting medium	Red	
	Water	Green	
	Air	Blue	

The chromaticity coordinates of a basic identification colour shall fall within the relevant colour region specified in [Table 2](#). The luminance factor for each colour shall be as specified in [Table 2](#). To measure the chromaticity coordinates and luminance factor of pipe markings, the test method for ordinary materials specified in ISO 3864-4:2011, 5.2.1 can be used. The testing shall be carried out on finished markings or samples that are representative, with regard to the colour and surface texture, of the material used in the finished marking.

Table 2 — Colour regions for safety colour and basic identification colours: chromaticity coordinates and luminance factor for colours externally illuminated by CIE standard illuminant D65

ANEXO 2: Norma ISO 8573

with ISO 8573-4 and, when required, ISO 8573-8.

Where it is determined that there are particles with a size greater than 5 µm, then the classification of 1 to 5 cannot be applied.

Table 1 — Compressed air purity classes for particles

Class ^a	Maximum number of particles per cubic metre as a function of particle size, d^b		
	$0,1 \mu\text{m} < d \leq 0,5 \mu\text{m}$	$0,5 \mu\text{m} < d \leq 1,0 \mu\text{m}$	$1,0 \mu\text{m} < d \leq 5,0 \mu\text{m}$
0	As specified by the equipment user or supplier and more stringent than class 1		
1	$\leq 20\ 000$	≤ 400	≤ 10
2	$\leq 400\ 000$	$\leq 6\ 000$	≤ 100
3	Not specified	$\leq 90\ 000$	$\leq 1\ 000$
4	Not specified	Not specified	$\leq 10\ 000$
5	Not specified	Not specified	$\leq 100\ 000$
Class	Mass concentration ^b C_p mg/m ³		
6 ^c	$0 < C_p \leq 5$		
7 ^c	$5 < C_p \leq 10$		
X	$C_p > 10$		

^a To qualify for a class designation, each size range and particle number within a class shall be met.
^b At reference conditions; see Clause 4.
^c See A.3.2.2.

Licensed to Mrs. bydlowski
 ISO Store order #: 10.1341155/Downloaded: 2013.07.12

The humidity and liquid water purity classes are identified and defined in Table 2. Measurements shall be made in accordance with ISO 8573-3 and, when required, ISO 8573-9.

Table 2 — Compressed air purity classes for humidity and liquid water

Class	Pressure dewpoint °C
0	As specified by the equipment user or supplier and more stringent than class 1
1	≤ -70
2	≤ -40
3	≤ -20
4	$\leq +3$
5	$\leq +7$
6	$\leq +10$
Class	Concentration of liquid water ^a C_w g/m ³
7	$C_w \leq 0,5$
8	$0,5 < C_w \leq 5$
9	$5 < C_w \leq 10$
X	$C_w > 10$

^a At reference conditions; see Clause 4.

