



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**

**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA
CALIDAD EN LA RED DEL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTA
GRASAS Y ACEITES, S.A.**

JOSÉ PABLO GARCÍA MARROQUÍN

Asesorado por Inga. María del Rosario Colmenares

Guatemala, noviembre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN
LA RED DEL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTA GRASAS Y ACEITES, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ PABLO GARCÍA MARROQUÍN

Asesorado por Inga. María del Rosario Colmenares

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

EXAMINADOR	Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA RED DEL AIRE COMPRIMIDO EN PLANTA GRASAS Y ACEITES, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial con fecha noviembre de 2003.

José Pablo García Marroquín

ACTO QUE DEDICO

DIOS Por ser la luz que ha guiado mi vida y ser la fuente inagotable de sabiduría, fortaleza y determinación.

MIS PADRES Por haberme enseñado a luchar para alcanzar el éxito, además de ser el ejemplo de perseverancia, ambición y coraje. Dándole sentido al destino que he decidido forjarme.

MI ESPOSA que estando a mi lado hace posible que cada meta que alcance, tenga un sabor diferente, porque tengo la dicha y el honor de poder compartirlo con ella. Gracias amor por ser mi inspiración y la razón de mi existir.

MIS HERMANAS Por estar siempre apoyándome , en la buenas y en las malas, sobre todo por su amor incondicional.

MI SOBRINA Por haber venido alegrarnos la vida y ser otro motivo más para darle gracias a Dios.

MIS PADRINOS Por sus consejos y porque sé que siempre podré contar con ellos.

MI FAMILIA Con especial cariño les dedico este triunfo, especialmente a mi Tita y tío René por el acompañamiento que me dieron a lo largo de mi carrera.

MIS AMIGOS Por ser esa manifestación de Dios a través de la amistad y que me han demostrado el verdadero valor de ese sentimiento a lo largo de mi vida.

MIS CATEDRÁTICOS Por ser ese instrumento utilizado por Dios para ser formadores de profesionales y tener la disponibilidad de compartir sus conocimientos.

GRASAS Y ACEITES, S.A Por permitirme realizar mi trabajo de graduación, especialmente al Ing. Estuardo Castañeda, por su apoyo y amistad.

CON ESPECIAL AFECTO A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de éste objetivo, desde el principio hasta el día de hoy. Muchas bendiciones.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVIII
INTRODUCCIÓN	XIX

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA EN ESTUDIO

1.1 Antecedentes históricos de la empresa	1
1.1.1 Visión	1
1.1.2 Misión	1
1.1.3 Política de calidad	2
1.2 Grasas, aceites y sus productos	2
1.2.1 Propiedades	2
1.2.2 Fuentes de grasas y aceites	3
1.2.3 Materias primas	3
1.2.3.1 Aceite de soya	4
1.2.3.2 Aceite de girasol	4
1.2.3.3 Aceite de palmas	5
1.3 Procesos de producción y métodos de procesamiento	5
1.3.1 Derretimiento	5
1.3.2 Prensado y expulsado	6
1.3.3 Extracción por solventes	6
1.3.4 Degomado	6
1.3.5 Refinación	7
1.3.6 Blanqueo	7
1.3.7 Deodorización	7

1.3.8	Hidrogenación	8
1.3.9	Enfriamiento (<i>Winterización</i>)	8

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1	Generalidades del aire comprimido	9
2.1.1	Distribución de aire comprimido	9
2.1.1.1	Circuito cerrado	9
2.1.1.2	Circuito abierto	10
2.1.1.3	Circuito mixto	10
2.2	Componentes para la conducción, producción y secado	
	De aire comprimido	
11		
2.2.1	Introducción a los compresores	
11		
2.2.1.1	Métodos de compresión	11
2.2.1.1.1	Desplazamiento positivo	12
2.2.1.1.2	Flujo continuo	13
2.2.1.2	Principios básicos de operación	14
2.2.2	Accesorios	15
2.2.3	Válvulas	16
2.2.4	Sellantes	18
2.2.5	Tipos de manómetros	18
2.2.5.1	Manómetro de tubo U	19
2.2.5.2	Manómetro del tipo de cubeta o pozo	19
2.2.5.3	Barómetros del tipo bourdon	20
2.2.5.4	Manómetro de diafragma	20
2.2.5.5	Manómetro de fuelle	20
2.2.6	Unidades de mantenimiento	22
2.2.6.1	Filtros	23
2.2.6.2	Reguladores de presión	24
2.2.6.3	Lubricadores	26

2.2.7	Tubería	27
2.2.7.1	Tipos de tubería	28
2.2.7.1.1	Tubería de cobre	28
2.2.7.1.2	Tubería de acero	28
2.2.7.1.3	Tubería de hierro galvanizado	29
2.2.7.1.4	Mangueras	30
2.2.7.2	Capacidad o caudal determinado	30
2.2.8	Depósito de aire	31
2.2.9	Filtros de aire	33
2.2.10	Secadores de aire	34
2.2.10.1	Secadores frigoríficos	35
2.2.10.2	Secadores de adsorción	36
3.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA PLANTA GRASAS Y ACEITES S. A.	
3.1	Diagnóstico situacional del sistema de aire comprimido en la planta	39
3.1.1	Deficiencias del sistema	39
3.1.2	Efectos causados en el proceso por las deficiencias de aire comprimido	39
3.2	Información de diseño de la red de aire comprimido en la planta	40
3.2.1	Presión máxima en el sistema	40
3.2.2	Longitudes equivalentes para accesorios	40
3.2.3	Volumen de almacenaje	40
3.2.4	Longitud total de la localización del equipo que utiliza aire comprimido	42

4.	REDISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO PLANTA GRASAS Y ACEITES, S.A.	
4.1	Cálculo de tubería para el rediseño	45
4.2	Cálculo de diámetros de tubería para el rediseño	45
4.3	Cálculo de valvulería y accesorios	47
4.4	Cálculo de soportes para tubería según distancia	47
4.5	Instalación de secador de aire	49
4.5.1	Especificaciones	49
4.5.2	Requerimientos de instalación	51
4.5.2.1	Conexiones necesarias	51
4.5.3	Preparación para el arranque	52
4.6	Operación del secador de aire	52
5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	
5.1	Costos de materiales	55
5.1.1	Materiales utilizados en sistema actual	55
5.1.2	Materiales a utilizar en proyecto de mejora	56
5.2	Costos de mano de obra	58
5.2.1	Recurso humano necesario para la implementación de proyecto de mejora	59
5.2.2	Tiempo de realización de proyecto de mejora	59
5.3	Beneficio estimado con la implementación de proyecto	60
5.3.1	Consumo de energía en sistema actual	60
5.3.2	Consumo de energía con proyecto de mejora	60
5.3.2	Comparación de consumo de energía entre sistema actual y sistema mejorado	61
5.4	Cálculo total del proyecto	61
5.4.1	Tiempo estimado de recuperación de la inversión	61

6.	MANTENIMIENTO PROPUESTO DEL SISTEMA Y EQUIPO SECADOR DE AIRE	
6.1	Mantenimiento de compresores	63
6.1.1	Herramienta necesaria	63
6.1.2	Repuestos críticos	64
6.1.2.1	<i>Stock</i> de repuestos	64
6.1.3	Programación de mantenimiento preventivo	65
6.1.3.1	Personal asignado para el mantenimiento	66
6.2	Mantenimiento de tuberías	66
6.2.1	Fugas	66
6.2.1.1	Revisión de acoplamientos (accesorios)	68
6.2.1.1.1	Mantenimiento de acoplamientos	68
6.2.1.2	Revisión de válvulas	68
6.2.1.2.1	Mantenimiento de válvulas	68
6.2.1.3	Programación de mantenimiento preventivo	69
6.2.1.3.1	Personal asignado para mantenimiento	69
6.3	Mantenimiento del secador de aire	69
6.3.1	Componentes críticos del equipo	69
6.3.1.1	<i>Stock</i> de repuestos	70
6.3.2	Programación de mantenimiento preventivo	70
6.3.2.1	Personal asignado para mantenimiento	71
6.4	Seguridad industrial	72
6.4.1.	Equipo de protección personal	72
6.4.1.1	Auditivos	72
6.4.1.2	Visuales	72
6.4.2	Recomendaciones para el manejo de equipos utilizados en la implementación de proyecto nuevo	73
6.4.2.1	Compresores	73

6.4.2.2 Tubería de alta presión	74
6.4.2.1 Secador de aire	74
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXO	80

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Tipos de compresores	16
2	Tipos de válvulas	18
3	Tipos de manómetros	22
4	Unidades de mantenimiento	23
5	Filtro de aceite	25
6	Regulador	27
7	Lubricador de aceite	28
8	Filtro de aire	35
9	Esquema del flujo de aire y refrigerante, sistema típico de aire comprimido	38
10	Plano general de secador de aire <i>Kaeser</i>	50
11	Requerimientos de instalación de secador de aire	51
12	Panel de control de secador de aire	54
13	<i>Eco – Drain</i>	71
14	Diagrama de distribución de aire comprimido	81

TABLAS

I.	Longitud de tubería equivalente para accesorios y válvulas	17
II.	Diámetros de tuberías según presiones establecidas	32
III.	Flujo de aire normal y sistema de regulación del compresor	33
IV.	Relación de altura y presión barométrica	42
V.	Diámetros y longitudes de tubería totales del rediseño	45
VI.	Caudal requerido para el diseño	46
VII.	Longitudes de soporte de tubería	48
VIII.	Precios de materiales para diseño actual	
IX.	Precios de materiales para rediseño	57
X.	Costos de mano de obra	58
XI.	Cronograma de actividades	59
XII.	Mantenimiento de compresores	65
XIII.	Relación de fuga y potencia requerida	67
XIV.	Mantenimiento regular de secador de aire	70

GLOSARIO

Aceites	Son los alimentos grasos de origen vegetal, animal o marino que son líquidos a temperatura ambiente.
Aceite puro	Es el aceite virgen o refinado comestible proveniente de una sola especie vegetal, con un máximo de 3% de otro aceite comestible.
Aceite vegetal	Es el producto alimenticio compuesto de glicéridos, obtenido de frutas o semillas oleaginosas sanas, limpias y en buen estado de conservación; libre de impureza y de materias nocivas del cultivo o de los procesos de elaboración.
Aceite animal	Es el aceite obtenido de la grasa del cerdo, de vacunos, ovinos caprino o peces sanos y aptos para la alimentación.
Mezcla	Es el producto constituido por la mezcla de dos o más aceites comestibles puros.
Aceite crudo	Es el aceite tal y como se obtiene de la materia prima en estado natural por cualquier procedimiento mecánico o físico y que no ha sido sometido a ningún tratamiento, a excepción de los siguientes: filtración, decantación, centrifugación y desgomado.

- Aceite virgen** Es el aceite obtenidos de frutas o semillas oleaginosas por procedimientos mecánicos, en frío, sin la intervención de disolventes, que solo contienen los elementos propios del aceite de las semillas o frutas utilizadas.
- Semi - refinado** Es el aceite crudo que solo ha sido neutralizado y/o refinado.
- Aceite refinado** Es el aceite que ha sido sometido a los procesos de neutralización, decoloración, desodorización o cualquier otro proceso físico o químico necesario para su uso o aplicación.
- Grasas** Son los productos grasos de origen vegetal, animal o marino que son sólidos o semisólidos a temperatura ambiente.
- Grasas vegetales** Son las que provienen del tejido adiposo de animales sanos, declarados aptos para fines comestibles.
- Margarina** Es el alimento extensible, en forma de emulsión líquida o plásticas, usualmente del tipo agua-aceite obtenido principalmente de grasas o aceites comestibles que no proceden fundamentalmente de la leche.
- Mantequilla** Es el producto alimenticio obtenido exclusivamente de la leche de vaca, sometida al batido y amasado con o sin la adición de otros productos grasos, harina, agentes preservativos a excepción de sal común en un 3% máximo.
- Aire** Es un gas insípido, incoloro e inodoro que está compuesto de dos gases: nitrógeno 78.3% y oxígeno 20.99 %, además

contiene en pequeñas cantidades bióxido de carbono 0.003%, argón 0.94%, hidrógeno 0.01%, neón, helio, kriptón y xenón.

Aire húmedo Se dice que es un aire húmedo, cuando su composición presenta un porcentaje apreciable de vapor de agua. Generalmente el aire atmosférico es un aire húmedo.

Aire seco Recibe el nombre de aire seco, aquel cuyo contenido de vapor de agua es cero o despreciable. Para cuestiones de cálculo, se puede considerar al aire seco compuesto por 79% de nitrógeno y 21% de oxígeno.

Aire libre Es el aire en condiciones atmosféricas en cualquier lugar específico. En virtud de que la altitud, la presión barométrica y la altura pueden variar en diferentes lugares y horas.

Adsorción Adhesión o concentración de sustancias disueltas en la superficie de un líquido o alrededor de los cuerpos pulverulentos.

Barómetro Es un instrumento para medir la presión atmosférica. Un barómetro está constituido por un tubo transparente de longitud superior a 762 mm hundido verticalmente por un extremo en un recipiente abierto, que contiene mercurio.

Bulbo seco Es la temperatura reinante en la atmósfera y es una mezcla de aire y vapor de agua; ésta se mide con un termómetro ordinario.

Caudal	Es el volumen de agua o aire de una corriente que fluye en una dirección dada en la que se tiene en cuenta la velocidad, pérdidas por fricción del medio en la que es conducida, y su volumen está referido en tiempo y gasto, según dimensional. Ésta se puede expresar en metros cúbicos por minuto, galones por segundo, litros por hora.
Densidad	Es la relación entre la masa de un cuerpo y su volumen, expresado en kg / cm^3 .
Flujo uniforme	Éste tiene lugar cuando el módulo, la dirección y el sentido de la velocidad no varían de un punto a otro del fluido.
Fluido	Son sustancias capaces de fluir y que se adaptan a la forma de los recipientes que las contiene; todos los fluidos son incompresibles en cierto grado y ofrecen poca resistencia a los cambios de forma; los fluidos se pueden dividir en líquidos y gases; la diferencia es que los líquidos son prácticamente incompresibles y los gases son compresibles.
Humedad relativa	Cociente obtenido al dividir la presión parcial del vapor de agua existente en el aire, con la presión parcial que tendría, si el aire estuviese saturado en las mismas condiciones.
Preventivo	Es un trabajo programado de reparación en máquinas compresoras o líneas de conducción de aire comprimido, para evitar paros repentinos por desperfectos no contemplados.

Peso específico	El peso específico w de una sustancia es el peso de la unidad de volumen de dicha sustancia. Los pesos específicos pueden calcularse mediante la ecuación de estado de los gases $R = PV_s / T$ (Ley de Charles Boyle)
Presión	Son los efectos de una fuerza que actúa distribuida sobre una superficie. La fuerza puede ejercerla un sólido, un líquido o un gas. $P = \text{masa} / \text{área}$.
Atmosférica	Es la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie terrestre; esta presión no es constante para todos los puntos de la superficie terrestre, ya que está afectada por la altura. Se determina como presión atmosférica normal, la presión existente al nivel del mar cuyo valor es de 14.7 lb/plg ² , 1.033 kg / cm o 1 atmósfera.
Manométrica	Es la presión que se registra dentro de un sistema y nos da la presión que está por encima o debajo de la atmosférica.
Absoluta	Es la suma de las presiones atmosférica y manométrica.
Temperatura	Considerada como unidad de medida de energía de traslación de las partículas o una medida de la actividad molecular (y de la energía interna de los gases).
Volumen	Dimensión de un cuerpo o espacio ocupado por un cuerpo.
Específico	Es la relación entre el volumen de un cuerpo y su masa.
KAESSER	Secador de aire marca <i>KAESSER</i> .

RESUMEN

En la práctica se presentan muy a menudo los casos en que la calidad del aire comprimido desempeña un papel primordial.

Las impurezas en forma de partículas de suciedad u óxido . residuos de aceite lubricante y humedad dan origen muchas veces a averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de éstas.

Mientras que la mayor separación del agua de condensación tiene lugar en el separador, después de la refrigeración, la separación fina, el filtrado y otros tratamientos del aire comprimido se efectúan en el puesto de aplicación.

Hay que dedicar especial atención a la humedad que contiene el aire comprimido. El agua llega al interior de la red con el aire que aspira el compresor. La cantidad de humedad depende en primer lugar de la humedad relativa del aire, que a su vez depende de la temperatura del aire y de las condiciones climatológicas. La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un m³ de aire.

Para efectos de esta investigación, se ha determinado que en la planta, los instrumentos de medición y equipos neumáticos han sufrido daños severos por infiltración de humedad, por lo que mediante el nuevo diseño de la distribución, evitando pérdidas por accesorios, además de utilizar un caudal adecuado considerando el consumo de aire comprimido, se utilizarà un sistema de secado del aire por enfriamiento, el cual describiremos a continuación:

Secado por enfriamiento

Los secadores de aire comprimido por enfriamiento se basan en el principio de una reducción de la temperatura del punto de rocío.

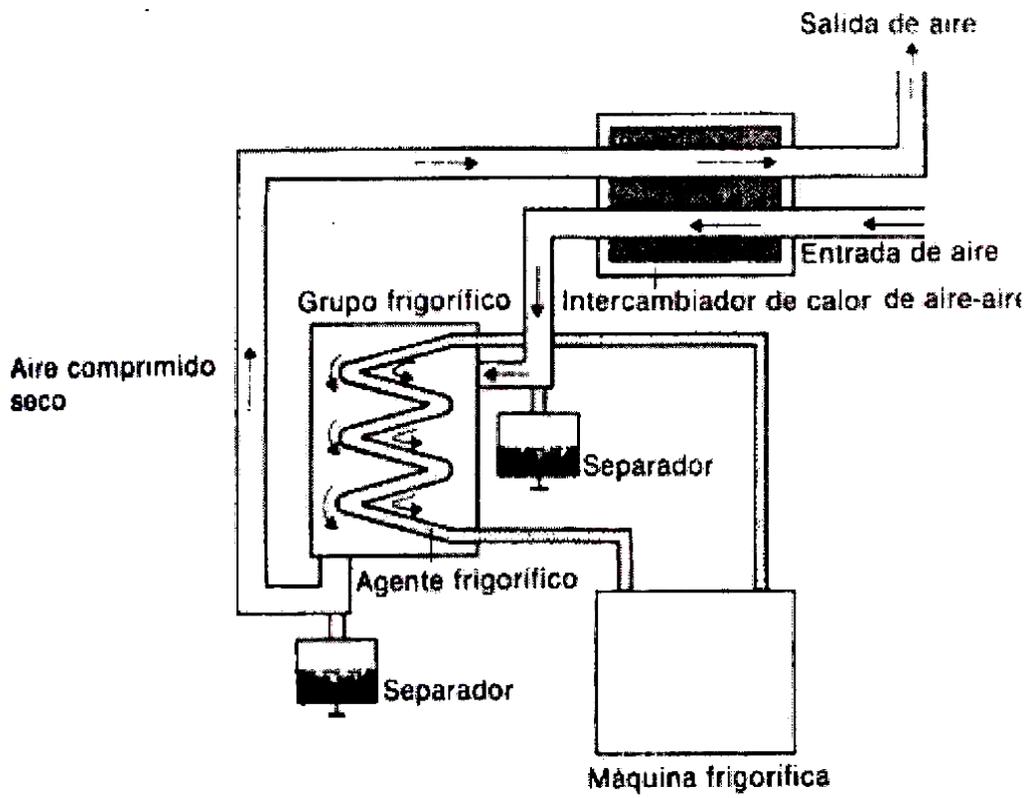
Se entiende por temperatura del punto de rocío aquella a la que hay que enfriar un gas, al objeto de que se condense el vapor de agua contenido. El aire comprimido a secar entra en el secador pasando primero por el llamado intercambiador de calor de aire – aire.

El aire caliente que entra en el secador se enfría mediante aire seco y frío proveniente del intercambiador de calor vaporizado.

El condensado de aire y agua se evacua del intercambiador de calor, a través del separador.

Este aire preenfriado pasa por el grupo frigorífico (vaporizador) y se enfría más hasta una temperatura de unos 274,7 K (1,7 °C). En este proceso se elimina por segunda vez el agua y aceites condensados.

Seguidamente se puede hacer pasar el aire comprimido por un filtro fino, al objeto de eliminar nuevamente partículas de suciedad.



Fuente: Operators Instruction Manual, Ingersoll-Rand, Air Compressor, Refrigerated air Dryes F Series. Pag 2

OBJETIVOS

Generales

1. Realizar un diagnóstico situacional de la red de aire comprimido instalado y determinar sus deficiencias respecto de las necesidades actuales de la planta y ahorro de energía eléctrica.
2. Diseñar un circuito de aire eficiente que permita cumplir con la demanda actual, utilizando la menor cantidad de unidades compresoras.
3. Instalar un equipo secador de aire comprimido para garantizar la calidad de aire y asegurar el funcionamiento óptimo de los sistemas neumáticos con que cuenta la planta.

Específicos

1. Aprovechar al máximo las unidades compresoras
2. Colocar accesorios y válvulas adecuadas para una mayor eficiencia en el sistema
3. Contar con operadores y mecánicos de sistemas neumáticos mejor capacitados
4. Desarrollar una análisis metodológico de las condiciones de la empresa.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación está basada en un estudio realizado en el rediseño del aire comprimido de la planta Grasas y Aceites S.A., en el que se han evaluado las condiciones actuales en cuanto a dimensiones, transporte, identificación del aire comprimido. Además, se ha considerado la implementación de un nuevo equipo, el cual consiste en un secador de aire comprimido. Esto se hace necesario debido a lo delicado de los equipos o instrumentos neumáticos, que al ser contaminados con humedad, no garantizan un funcionamiento óptimo.

El estudio tiene como finalidad elevar la productividad de los equipos que utilizan el suministro de aire comprimido. Este trabajo está estructurado en dos fases; la primera de investigación y la segunda de diseño e implementación, en donde se presentan figuras, tablas, planos, definiciones acerca de compresores, secadores de aire, etc. A continuación se dará un seguimiento según lo especificado en el montaje del nuevo equipo, así como la nueva distribución del aire comprimido.

En este trabajo de graduación se ha sugerido e implementado un nuevo diseño de la red actual, considerando las necesidades de la empresa, tales como capacidades de expansión de equipo, además de considerar los consumos de aire comprimido. Esto con la finalidad de optimizar el recurso utilizado.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA EN ESTUDIO

1.1 Antecedentes históricos de la empresa Grasas y Aceites S.A

Es una empresa industrial dedicada a la elaboración de aceites y grasas comestibles de origen vegetal, con funciones desde el año de 1985 cubriendo un mercado netamente nacional con la marca CAPULLO tanto en aceite como en manteca. Con niveles de clientela desde distribuidores, mayoristas, detallistas, industrial e institucional. Oficinas centrales y bodega en la capital, planta de producción en Escuintla, bodegas en Quetzaltenango y Teculután.

1.1.1 Visión

Habremos alcanzado un 20% anual de incremento en las ventas, obteniendo un reconocimiento de prestigio de nuestra marca CAPULLO, como resultado de haber consolidado una mística de trabajo de excelencia y mejora continua para satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes y consumidores.

1.1.2 Misión

En esta empresa participamos en asegurar y reafirmar las propiedades de los productos finales de nuestros clientes a través del procesamiento y comercialización de grasas y aceites comestibles.

1.1.3 Política de calidad

Satisfacer en forma proactiva las necesidades y expectativas de nuestros clientes y consumidores, a través del mejoramiento continuo de sistemas, procesos y recurso humano.

Proveemos productos y servicios de clase mundial, cumpliendo normas nacionales e internacionales, incluyendo la Norma ISO 9001.

1.2. Grasas, aceites y sus productos

1.2.1. Propiedades

El procesamiento de grasas y aceites tienen como materia prima un grupo de sustancias muy versátiles. Por lo que se refiere a la textura, pueden escoger grasas naturales con propiedades diferentes. También pueden modificar grasa y aceites de una clase determinada muy fácilmente por la hidrogenación para hacerlos más firmes; mediante la cristalización, a una temperatura regulada, seguida por la separación en porciones firmes y líquidas; entre otros medios.

Después, el procesador puede cambiar varias grasas naturales, hidrogenadas o cristalizadas en un sinnúmero de mezclas y así elaborar grasas especiales para la gama más amplia de aplicaciones. Existen numerosos ácidos grasos diferentes, y el hecho de que uno u otros estén esterificados a la glicerina determina en gran parte las propiedades de las grasas, entre otras el que estén sólidas o líquidas a la temperatura ambiente. La mayoría de las grasas naturales no contienen sólo una clase de molécula de triglicérido.

1.2.2 Fuentes de grasas y aceites

Las grasas y los aceites de origen animal o marino. Las grasas vegetales que son las que estamos estudiando, incluyen formas sólidas como manteca de cacao, y líquidas como aceite de semilla de maíz, aceite de soya, aceite de semilla de algodón, aceite de cacahuate, aceite de oliva, y muchos más. Algunos de estos aceites y grasa se escogen para determinados usos en los alimentos para su sabor especial.

1.2.3. Materias primas

Las materias primas para la obtención de aceites y grasas se dividen en dos grupos:

1. Un primer grupo que incluye las semillas oleaginosas y
2. Un segundo que abarca los subproductos de otros procesos.

PRIMER GRUPO

Aceituna	Lino
Algodón	Palma
Cacahuate	Palmaste
Colza	Ricino
Cáñamo	Sésamo
Copra	Soya
Girasol	Tung

SEGUNDO GRUPO

Germen de Maíz y
Salvado de Arroz
Pepita de Tomate
Orujo de Aceituna
Granilla de Uva

En el caso de esta empresa, en el proceso se fabrican 3 tipos de productos con materias primas anteriormente mencionadas, los cuales se describen a continuación:

1.2.3.1 Aceite de soya

Se obtiene de la semilla de numerosas variedades cultivadas de la legumbre de la planta *Glycine max*, planta originaria del oriente. El contenido de aceite en la semilla varía el 13 al 26%.

El aceite de soya contiene un elevado porcentaje de ácido linoleico del 48 al 60% y del 16 al 30% de ácido oleico. El contenido en ácido linoleico varía del 8% al 9%. Los ácidos grasos saturados están en torno al 15%.

La composición del aceite depende de las zonas y variedades de las semillas por lo que el aceite varía entre amplios intervalos. Este es un aceite muy estudiado en Estados Unidos, por lo que es nuestra fuente de abastecimiento o importación.

1.2.3.2 Aceite de Girasol

Se obtiene de las semillas de diversas variedades de la planta *Helianthus annuus*. Su contenido en aceite de la semilla varia del 22 al 37%, pudiendo alcanzar incluso el 45%.

El contenido de ácidos saturados varia del 12 al 24% (el 50% de estos es ácido palmítico, el 25 al 30%, es ácido esteárico y el resto ácido aráquico y ácido bohémico). El porcentaje restante esta casi exclusivamente constituido por oleico y linoleico. También importado del exterior, Estados Unidos.

1.2.3.3 Aceite de Palmas

Se obtiene de la pulpa del fruto producido por el árbol *Elaeis Guineensis*, originario de la zona tropical de África Occidental.

El contenido en aceite en la pulpa varía del 30 al 70 %. El ácido palmítico es el Principal ácido saturado que se encuentra en este aceite, con un porcentaje de alrededor del 40 % para los aceites de Costa de Marfil y Ghana; un 35% para los aceites de Liberia y Sierra Leona. Los ácidos oleico y linoleico son los otros dos componentes importantes, alrededor del 40-50% de oleico y de linoleico, sobre la cuarta parte del anterior. Este se produce a nivel nacional, en la parte oriente del país, que es donde obtenemos nuestro abastecimiento de esta materia prima.

1.3 Procesos de producción y métodos de procesamiento

1.3.1 Derretimiento

La manteca se obtiene del cerdo y el sebo de la res mediante el proceso de derretimiento; consiste en el calentamiento de los restos de carne, de manera que la grasa se derrite. La grasa derretida sube a la superficie, en tanto que el agua y el otro tejido quedan en el fondo y se separa la grasa derretida por centrifugado.

Existe derretimiento con calor seco en que se cuece el tejido vacío para eliminar la humedad.

Entre otros métodos de derretimiento están:

- Por calor húmedo
- Derretimiento a bajas temperaturas de calor

1.3.2 Prensado y expulsado

Se utilizan diversos tipos de prensas y expulsores para el exprimido de las semillas que contienen los aceites. Por lo general a las semillas se les cuece ligeramente primero, con la finalidad de desdoblar parcialmente la estructura celular y derretir la grasa que contienen con mayor facilidad. Para el prensado de las semillas, estas son calentadas ligeramente, cuidando de no exceder en la aplicación del calor, ya que esto puede oscurecer el color del aceite.

1.3.3 Extracción por solventes

Este es un proceso utilizado en operaciones de extracción de grasas de semillas a gran escala, mediante un solvente de grasa no tóxico como el **Hexano** a temperaturas muy bajas. El solvente es filtrado a través de las semillas, y después de extraído el aceite se recupera de este mediante la destilación y se vuelve a utilizar. Es frecuente que con la extracción por medio de solventes se logra obtener mas aceite de las semillas que en el prensado.

1.3.4 Degomado

Los aceites vegetales obtenidos por medio del prensado o extracción con solventes siempre contienen sustancias similares a la grasa, como fosfolípidos o complejos de proteína y grasa, las cuales son gomosas. Cuando se les moja con agua, estos materiales se hacen insolubles en el aceite y se separan de él. Este es un modo de obtener el fosfolípido, lecitina.

1.3.5 Refinación

En tanto que el agua separa gran parte del material gomoso, el uso de una solución de álcali logra eliminar otras impurezas menores del aceite. Estas incluyen ácidos grasos libres que se combinan con el álcali para formar jabones. Se les puede eliminar mediante la filtración o centrifugación. Este tratamiento se conoce como refinación.

1.3.6 Blanqueo

Aun después del desgomado y la refinación, el aceite de semilla contiene varios pigmentos vegetales como clorofila y caroteno.

Se les puede eliminar pasando el aceite caliente sobre carbón o cualquiera de varios barros y tierras absorbentes. Generalmente el calor en si basta para blanquear las grasas animales.

1.3.7 Deodorización

La grasa y los aceites naturales de semillas, carnes y pescados contienen varios compuestos olorosos. Algunos de ellos son deseables, como el aceite de olivo, la manteca de cacao, manteca de cerdo, grasa de mantequilla fresca, y grasa de pollo, y estos olores no se eliminan expresamente.

Con frecuencia el calor se suministra mediante la inyección de vapor a la grasa en evaporadores de baja presión.

1.3.8 Hidrogenación

A fin de saturar los enlaces dobles de ácido graso, se lleva a cabo el proceso de hidrogenación, batiendo el aceite caliente desaireado con gas hidrógeno y un catalizador de níquel en una vasija cerrada conocida como convertidor. En cuanto se haya alcanzado el grado de endurecimiento deseado, se extrae del recipiente el gas hidrógeno que no ha reaccionado por medio de vacío, y el catalizador de níquel por filtración.

1.3.9 Enfriamiento (*Winterización*)

Las grasas y los aceites están constituidos principalmente por una mezcla de varios triglicéridos. Estos contienen más ácidos grasos saturados, y los ácidos grasos de cadena más larga, tienden a separarse por cristalización cuando se enfría el aceite.

En donde se desea evitar la cristalización y asentamiento en un producto refrigerado como el aceite para ensalada, se les cristaliza mediante el enfriamiento y se eliminan los cristales de grasa antes de embotellar el producto final. Esto se puede hacer simplemente colocando los barriles de aceite en un cuarto frío a una temperatura más baja que la que el aceite experimentará más tarde en el refrigerador, o bien pasándolo en una operación continua a través de cambiadores de calor regulados con mucha precisión.

Es importante mencionar, que para la realización de nuestro proyecto se consideraron, las áreas que necesitan una calidad de aire comprimido, en este caso seco. En las cuales, se hace necesario por los diferentes equipos automatizados o neumáticos de los cuales depende la calidad de nuestro producto. Por ejemplo, en el caso del deodorizado, en electroválvulas, instrumentación, válvulas neumáticas, etc.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1 Generalidades del aire comprimido

2.1.1 Distribución de aire comprimido

Existen varios tipos de circuitos en los cuales se puede realizar la distribución del aire comprimido.

Entre ellos podemos mencionar:

- Circuito cerrado
- Circuito abierto
- Circuito mixto

2.1.1.1 Circuito cerrado

Es el más utilizado en el diseño de líneas principales de distribución de aire comprimido, en donde la presión (psi), caudal (cfm) y velocidad (m/s) del flujo de aire, se mantiene constante en los diferentes puntos circuitos, ya que el flujo se comparte en toda la línea y converge en un mismo punto de consumo en dos sentidos.

En un circuito cerrado, no se pueden poner filtros reguladores, lubricadores, secadores de aire, filtros separadores y válvulas de cheque dentro de la línea principal de aire, ya que estas unidades traen definida la dirección de flujo.

Por lo que los filtros reguladores, lubricadores y válvulas de cheque pueden ser colocados en los puntos de consumo de aire y los secadores de aire y filtros separadores, pueden ser colocados después de la instalación del compresor en la línea principal.

2.1.1.2 Circuito abierto

Este diseño de circuito está limitado a redes de aire comprimido, relativamente pequeñas donde hay pocos puntos de alimentación, cercanos al compresor, ya que presenta dificultades en la velocidad de distribución del aire, fluctuaciones en la presión de la línea y reducción de suministro del caudal de aire según la distancia.

En este tipo de circuito se pueden colocar reguladores de presión, lubricadores, filtros, válvulas de cheque y secadores de aire, ya que estos tienen definida la dirección del flujo de aire en un solo sentido y permiten menos contaminación en la línea.

2.1.1.3 Circuito mixto

Este circuito es una combinación del circuito cerrado y abierto; es utilizado en fábricas que tienen un elevado número de máquinas que necesitan de aire comprimido, el cual no tienen limitaciones en la demanda del fluido. En caso de que la red sea de considerables dimensiones deben considerarse los siguientes puntos:

- Realizar un plano del lugar de trabajo
- Anotar necesidades de aire en términos de volumen, presión, calidad, posición, etc.
- Definir los puntos de consumo

Dichos puntos deben ser conectados a la sala del compresor, para ver que dimensiones tendrán las líneas principales, que podrían ser horizontales o ascendentes, se derivan de aquí las líneas de servicio o ramales a los lugares de trabajo.

2.2 Componentes para la conducción, producción y secado de aire comprimido

2.2.1 Introducción a los compresores

La compresión se realiza con diversos propósitos, entre los cuales están los siguientes:

1. Transmisión de potencia
2. Alimentación en un proceso de combustión
3. Transporte y distribución de gas
4. Hacer circular un gas a través de un proceso o sistema
5. Obtención de condiciones más favorables en una reacción química.
6. Obtención y mantenimiento de niveles de presión reducidos mediante la remoción de gases del sistema.

2.2.1.1 Métodos de compresión

Se utilizan 4 métodos para comprimir un gas. Dos son de flujo intermitente y los otros dos de flujo continuo.

Estos métodos consisten en:

2.2.1.1.1 Desplazamiento positivo (flujo intermitente)

Atrapar cantidades consecutivas de gas en una cámara, reducir el volumen (incrementando así la presión) y empujar luego el gas comprimido fuera de la cámara.

Atrapar cantidades consecutivas de gas en un espacio cerrado, trasladarlo sin cambio de volumen a la descarga de un sistema de alta presión y, comprimir el gas por contraflujo des sistema de descarga; finalmente, empujar el gas comprimido fuera de la cámara. Mencionaremos a continuación los tipos de compresores de desplazamiento positivo:

a) **Compresores recíprocos** son máquinas en las cuales el elemento que comprime y desplaza el gas es un pistón que efectúa un movimiento recíproco dentro del cilindro.

b) **Compresores rotativos de desplazamiento positivo** son máquinas en las cuales la compresión y el desplazamiento son efectuados por la acción de desplazamiento de elementos que están en rotación.

c) **Compresores de paletas deslizantes** son máquinas rotativas en las cuales paletas axiales se deslizan radialmente en un rotor excéntrico montado en una carcasa cilíndrica. El gas atrapado entre las paletas es comprimido y desplazado.

d) **Compresores de pistón líquido** son máquinas rotativas en las cuales agua u otro líquido hace las veces de pistón para comprimir y desplazar el gas que se maneja.

e) **Compresores de lóbulo recto** son máquinas en las cuales dos impulsores rotativos de lóbulos rectos encajados atrapan el gas y lo trasladan desde la admisión hasta la descarga. En estos casos no ha compresión interna, el aumento de presión se debe al contra flujo.

f) **Compresores de tornillo rotativo o de lóbulos helicoidales** son máquinas en las cuales dos rotores de forma helicoidal encajados entre sí, comprimen y desplazan el gas.

2.2.1.1.2 Flujo continuo

Denominados compresores dinámicos que comprimen el gas por la acción mecánica de un impulsor o rotor con paletas en rápida rotación, el cual imparte velocidad y presión al gas que está fluyendo (la velocidad se convierte en presión en difusores estacionarios o paletas). También se podría utilizar un chorro de gas o vapor que arrastre el gas a comprimir para luego convertir la alta velocidad de la mezcla en presión en un difusor localizado corriente abajo. Los eyectores normalmente operan con una presión de admisión inferior a la atmosférica. Mencionaremos a continuación los tipos de compresores de flujo continuo:

a) Compresores dinámicos son máquinas rotativas en las cuales un impulsor en rápida rotación acelera el gas que pasa a través de este; la cabeza de velocidad es convertida en presión, parcialmente en el elemento rotativo y parcialmente en los difusores estacionarios o paletas.

b) Compresores centrífugos son máquinas en las cuales uno o más impulsores aceleran el gas; la energía cinética adquirida se transforma en presión en un difusor corriente abajo. El flujo es radial.

c) Compresores axiales son máquinas en las cuales el gas se acelera y desacelera por la acción conjunta de paletas móviles montadas sobre un rotor y paletas fijas montadas sobre un estator; este cambio continuo de momentum genera un aumento en la presión. El flujo principal es axial.

d) Compresores de flujo mixto son máquinas con un impulsor que combina características de los tipos centrífugo y axial.

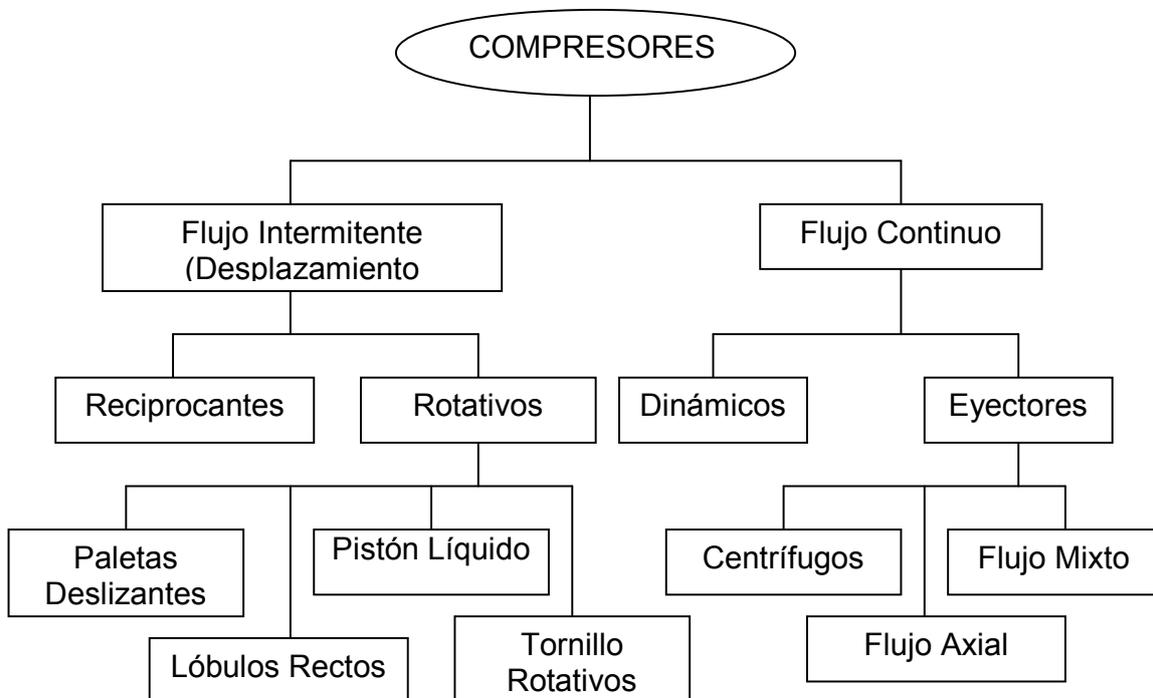
e) Eyectores son aparatos que se valen de un chorro de gas o vapor a alta velocidad para arrastrar hacia su interior al gas que se quiere comprimir, un difusor localizado corriente abajo convierte la velocidad de la mezcla en presión.

2.2.1.2 Principios básicos de operación

Un compresor básico consta de una etapa de compresión, la cual está a su vez conformada por uno o más elementos básicos; sin embargo, muchas aplicaciones involucran condiciones que están fuera de la capacidad práctica de una sola etapa, debido a que se presenta una relación de compresión (relación entre las presiones absolutas de descarga y de admisión) muy alta, lo cual puede causar una temperatura de descarga excesiva u otros problemas.

En estos casos se hace necesario utilizar dos o más etapas de compresión. Normalmente el gas es enfriado entre etapas para reducir su temperatura y volumen antes de entra a la siguiente etapa; el interenfriamiento aumenta también la eficiencia del proceso de compresión.

Figura 1. Tipos de compresores



Fuente: Fundamentos de aire comprimido, (Atlas, copco, pag. 38)

2.2.2 Accesorios

Para la instalación de aire comprimido, son necesarios dispositivos de acoplamiento para la prolongación de ésta, para llevar a los diferentes puntos de servicio el aire comprimido en dicha tubería, y adaptarse a las condiciones del lugar.

También para la colocación de válvulas, manómetros y equipos neumáticos, por lo que se hace necesario la utilización de diferentes accesorios.

Estos accesorios pueden ser roscados para diámetros de hasta 4" y por medio de bridas para diámetros mayores de 4". A continuación se muestra la longitud de tubería equivalente para accesorios y válvulas de la red, en la tabla I.

Tabla I. Longitud de tubería equivalente para accesorios y válvulas

Válvulas, etc.		Longitud de la tubería equivalente en m						
		Diámetro interior de la tubería						
		1"	1 ½ "	2"	3"	4"	5"	6"
Válvula de asiento		3-6	5-10	7-15	10-25	15-30	20-50	25-60
Válvula de diafragma		1.2	2.0	3.0	4.5	6	8	10
Válvula de compuerta		0.3	0.5	0.7	1,0	1.5	20	25
Codo		1.5	2.5	3.5	5	7	10	15
Curva R "d		0.3	0.5	0.6	1.0	1.5	20	2.5
Curva R = 2d		0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1.0	1.5
Conexión de manguera. Pieza en T		2	3	4	7	10	15	20
Reducción		0.5	0.7	1.0	2.0	2.5	3.5	4.0

Fuente: Fundamentos de aire comprimido, (Atlas, copco, pag. 40)

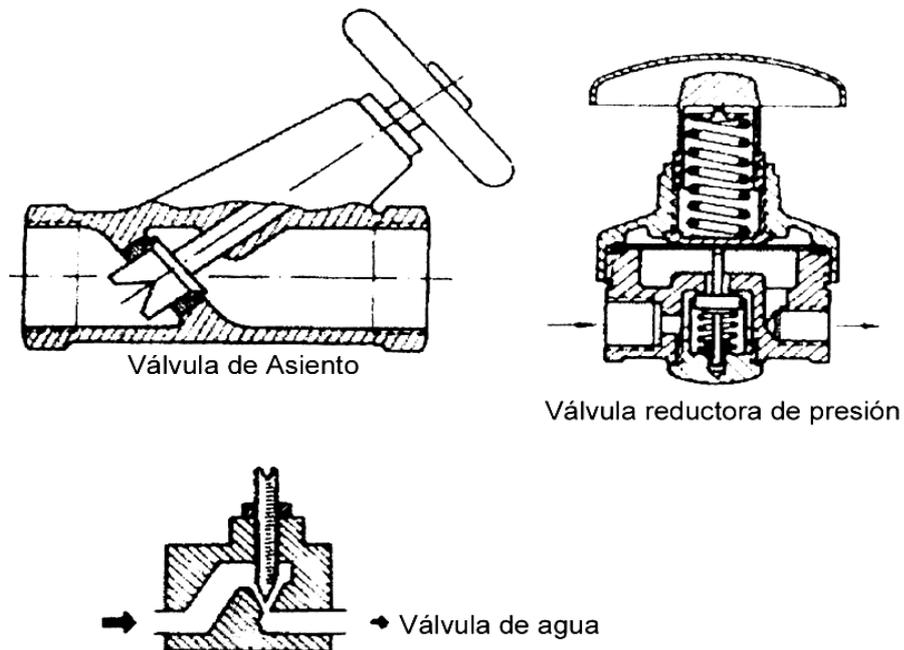
2.2.3 Válvulas

Las válvulas son dispositivos que se utilizan para la interrupción en una línea de aire, agua o vapor.

Estas tienen las características de abrir y cerrar circuitos de un determinado fluido. Otro tipo de válvulas regula el flujo del fluido y presión. Al primer tipo mencionado, pertenecen, por ejemplo, las válvulas de esfera (válvulas de bola), válvulas de diafragma y otras clases de válvulas de cierre. Todas tienen la característica de abrir y cerrar rápidamente, por lo que no son adecuadas para uso como mecanismo de regulación.

En las redes de aire comprimido, es particularmente importante, que las válvulas de cierre, al abrirse, de paso al aire con un mínimo de pérdidas de carga (pérdida de presión) y que sellen perfectamente cuando están cerradas, una válvula de diafragma reúne todos estos requisitos. En la figura 2 se muestra algunos tipos de válvulas.

Figura 2. Tipos de válvulas



Fuente: Fundamentos de aire comprimido. (Atlas copco, pag 44)

Un buen tipo de válvula, bastante común, para regular exactamente el flujo de aire es el del tipo pistón (válvula de asiento), suele ser bastante voluminosas por eso se utilizan con mayor frecuencia las del tipo diafragma o válvulas reductoras.

Si se quiere que la presión del aire, para una cierta máquina, sea más baja que la presión de la red de aire comprimido, puede conectarse a la mencionada máquina, una válvula reductora o convertidora de presión. Las válvulas de aguja son generalmente utilizadas como válvulas distribuidoras de flujo para flujos pequeños.

2.2.4 Sellantes

La Conducción de aire comprimido se realiza por medio de tuberías y mangueras. En algunos casos, los tubos deben ser acoplados por medio de accesorios y deben llevar algún tipo de sellante para no permitir los escapes de aire comprimido en éstos, y en equipo neumático existente en la red. En la actualidad, existe el teflón que tiene dos presentaciones: una cinta plástica sin sintetizar y la otra líquida.

2.2.5 Tipos de manómetros

La presión está definida como la fuerza por unidad de área ejercida por un fluido, los dispositivos normales miden la presión con respecto a la atmosférica valor medio = 14.7lb/plg, $P_a = P_g + 14.7$, donde P_a = presión total o absoluta y P_g = presión a la que está el calibrador, ambas en lb/plg. Convencionalmente, la presión a la que está el calibrador y la del vacío se refieren a presiones por arriba y por debajo, respectivamente de la atmosférica.

Comúnmente, las unidades son lb/plg, plg, pie H₂O, Kg/cm, bar y mmHg. En el sistema internacional, la presión atmosférica media es de 1.013 bar.

Los dispositivos de presión están basados en: 1) medición de la altura de una columna de líquido equivalente; 2) medición de la fuerza ejercida sobre un área determinada; 3) medición de algún cambio de las características eléctricas o físicas del fluido. Las mediciones de presión con los manómetros se basan en la siguiente relación: $p = wh = \rho gh/g_c$, en donde h es la altura del líquido de densidad P y peso específico W (supuestas constantes) con una aceleración local de la gravedad g y una propiedad del sistema de unidades g_c soportadas por una presión P. Así, con frecuencia la presión se expresa directamente en términos de la altura equivalente (parte superior) del líquido del manómetro. Los fluidos usuales en los manómetros son agua o mercurio, aunque suelen usarse otros fluidos para escalas especiales.

2.2.5.1 Manómetro de tubo u:

Expresa la diferencia de presión p_1-p_2 , así como la diferencia en niveles h. Si p_2 está descubierta o expuesta a la atmósfera, entonces la lectura sobre el manómetro indica la presión manométrica de p_1 . si se hace el vacío en el tubo y p_2 , se cierra ($p_2= 0$), entonces indicará la presión absoluta de p_1 .

2.2.5.2 Manómetro del tipo de cubeta o pozo

La escala se gradúa especialmente para tener en cuenta las variaciones del nivel dentro de la cubeta, de modo que solo se requiera la lectura de un solo tubo. En particular, la figura 12.b ilustra la forma generalmente empleada para medir la presión atmosférica (barómetro de mercurio).

2.2.5.3. Barómetros del tipo bourdon

Es el instrumento más utilizado para medir presiones. Consiste en un tubo aplanado de bronce o acero para resortes doblados en círculo; la presión anterior del tubo tiende a rectificarlo. Un extremo del tubo está fijo a la entrada de la presión, el otro se mueve proporcionalmente a la diferencia de presiones que hay entre la aguja indicadora, por medio de un mecanismo de sector y piñón. Para amplificar el movimiento, el curvado del tubo puede ser de varias vueltas y formar elementos en espiral o hélice, como los que usan los registros de presión.

2.2.5.4. Manómetro de diafragma

La presión actúa sobre éste en oposición a un resorte y otro miembro elástico.

Por tanto, la deformación del diafragma es proporcional a la presión. Como la fuerza aumenta con el área de los diafragmas, si éstos se les da gran superficie pueden medirse presiones muy pequeñas. El diafragma puede ser metálico (cuero, neopreno y caucho), para lograr alta sensibilidad y gran deformación. Con un diafragma rígido o poco flexible, el movimiento tiene que ser muy pequeño para que se mantenga la linealidad.

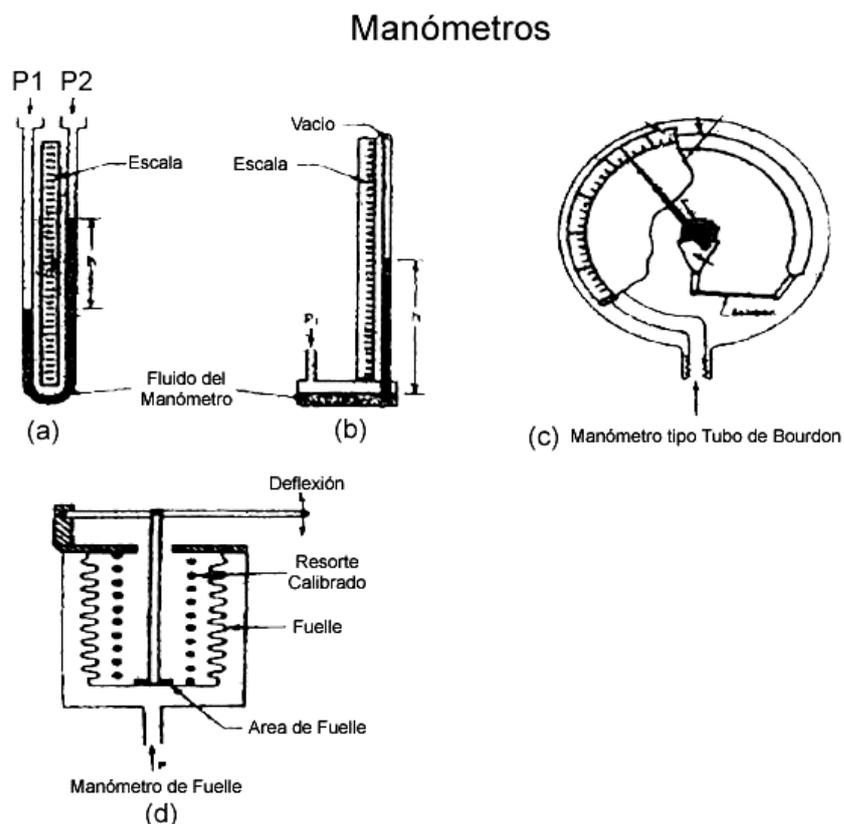
2.2.5.5. Manómetro de fuelle

Es algo semejante al de diafragma, pero con la ventaja de que proporciona una amplitud de movimiento mayor. La fuerza que actúa sobre el fondo del fuelle equilibra la deformación del resorte; este movimiento es transmitido al brazo de salida, que acciona una aguja o una pluma registradora.

El movimiento (o la fuerza) del elemento de presión puede transformarse en una señal eléctrica que utiliza un transformador diferencial o un elemento medidor de deformación o bien en una señal de presión de aire por la acción de una tobera y un piloto. Entonces la señal se utiliza para transmisión, registro o control.

En la figura 2 se muestra algunos estilos de manómetros que existen.

Figura 3. Tipos de manómetros

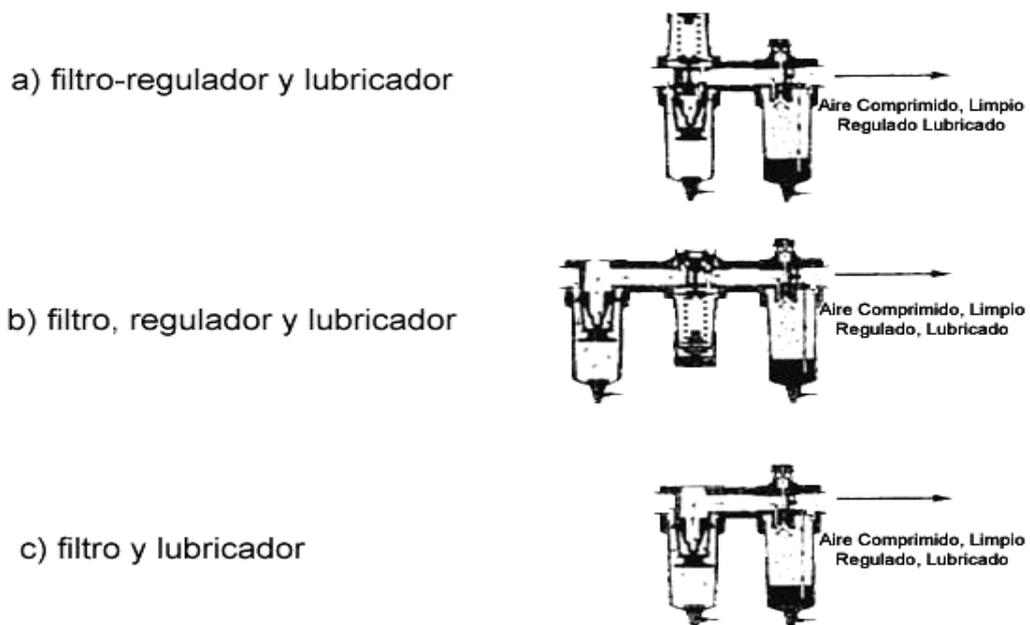


Fuente Eugene A. Avollone, Theodore Baumesiter III, Marks, Manual del Ingeniero Mecánico. McGraw Hill, 1996 pag 16 – 10, 16 - 11

2.2.6 Unidades de Mantenimiento

La suciedad del aire comprimido (cascarilla, óxido, polvo), así como también partículas líquidas contenidas en el aire que se depositan a modo de agua condensada, pueden causar grandes deterioros en las instalaciones neumáticas. Esta suciedad provoca el desgaste en superficies deslizantes y juntas, y dificulta el funcionamiento y reduce la duración de los elementos neumáticos. Para eliminarse estas influencias nocivas, deben emplearse en cada mando neumático las unidades de mantenimiento de aire comprimido, (en la figura 3 se muestran 3 distintas unidades de mantenimiento).

Figura 4. Unidades de mantenimiento



Fuente Eugene A. Avollone, Theodore Baumesiter III, Marks, Manual del Ingeniero Mecánico. McGraw Hill, 1996 pag 16 – 10, 16 - 11

La unidad de mantenimiento simplifica la alimentación de aire de presión filtrado y lubricado. Estas unidades están compuestas de los siguientes elementos.

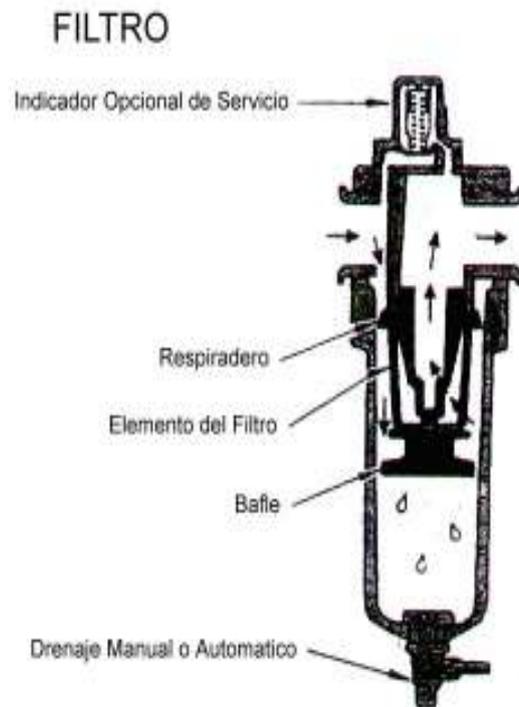
2.2.6.1 Filtros

Los filtros de aire comprimido retienen las partículas sólidas y las gotas de humedad contenidas en el aire. Las partículas mayores de 400 micrones (depende del cartucho filtrante) son retenidas por un filtro sinterizado.

Los líquidos son desviados a la copa del filtro mediante una instalación especial; el condensado en la copa se vacía periódicamente, pues de lo contrario, podría ser arrastrado por el aire a presión.

En determinadas industrias, se necesita con frecuencia de aire a presión pasado por filtros muy finos, como por ejemplo, la industria química, farmacéutica, textil, ingeniería de procesos técnicos e industria alimenticia. En estos casos se emplean filtros submicrónicos. Los filtros submicrónicos retiran las minúsculas gotas de agua, aceite y las partículas de suciedad aún contenidas en el aire a presión, (en la figura 4 se muestra un filtro de aire comprimido).

Figura 5. Filtro de aceite



Fuente: Normen, productos para la conducción de aire comprimido, 1997 pag 5

2.2.6.2 Reguladores de presión

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

Una buena red de aire comprimido debe tener, entre sus accesorios, reguladores de presión, con el fin de disponer de diferentes presiones en distintos puntos del circuito.

Los reguladores de presión están compuestos de un diafragma flexible, que controla una válvula por medio de una espiga y un resorte que es presionado contra el diafragma con la acción de un tornillo regulador.

Cuando el tornillo está completamente libre, no se aplica ninguna carga sobre el resorte y se cierra la válvula de paso; cuando se comienza a apretar el tornillo se le va aplicando una carga al resorte, la que es transmitida a la válvula por medio del diafragma; esto permite la abertura del diafragma.

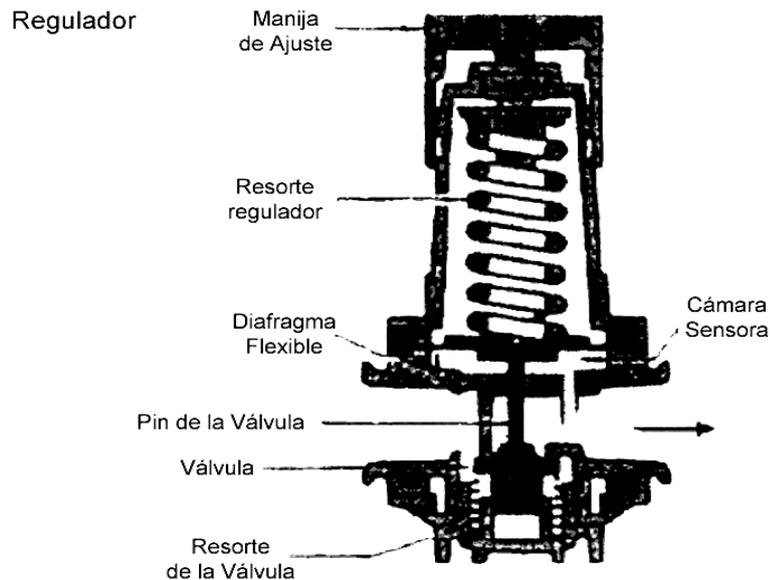
La conexión y desconexión del compresor originan oscilaciones en la presión que influyen negativamente en el funcionamiento de la instalación.

La válvula reguladora de presión mantiene constante la presión de trabajo (lado secundario), independientemente de las oscilaciones de la presión en la red (lado primario) y sin importar el consumo del aire.

La presión de entrada debe ser siempre mayor que la de trabajo. El caudal debe ajustarse en función del volumen de aire necesario. Por lo tanto, el regulador de presión reduce la presión del aire de alimentación hasta el trabajo, y evita fluctuaciones de presión.

En la figura 6 se muestra claramente como funciona un regulador.

Figura 6. Regulador de presión



Fuente: Norgen, productos para la conducción de aire comprimido, 1997

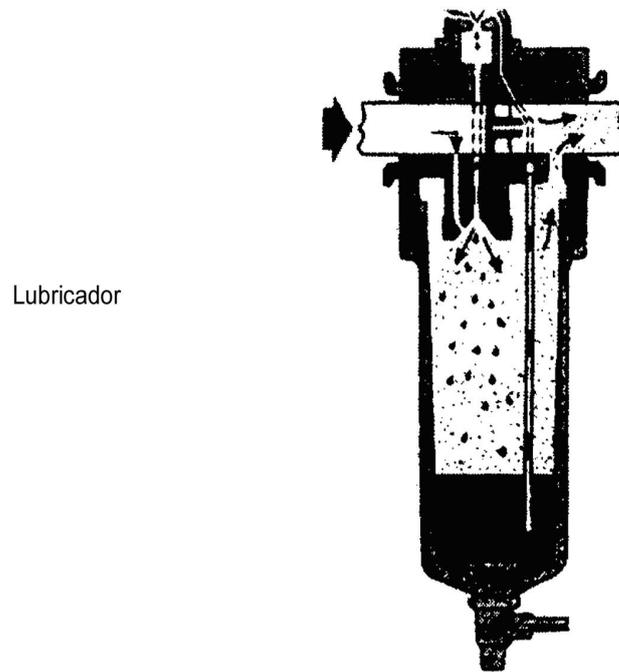
2.2.6.3 Lubricadores

El lubricador de aire tiene la función de lubricar de modo suficiente a todos los elementos neumáticos. El aceite es aspirado del depósito y el aire a presión se encarga de difundir la niebla lubricante. El lubricador funciona solamente si el caudal de aire es suficientemente fuerte; la cantidad de aire puede ser dosificada.

El lubricador se basa en la igualdad de presiones dentro del depósito del lubricador y en la línea; esto se debe al orificio que tiene el tubo de venturi del lubricador; esta presión eleva el aceite por un tubo de aspiración hasta una cámara colocada por encima del punto de goteo.

A medida que el aceite va cayendo en el tubo de venturi y entra a la corriente de aire, se pulveriza y forma una niebla, que es llevada al elemento neumático, (la figura 6 muestra un lubricador de aire comprimido).

FIGURA 7. Lubricador de aceite



Lubricador

Fuente: Norgen, productos para la conducción de aire comprimido, 1997

2.2.7 Tubería

La distribución de aire comprimido en la red se deben efectuar con sumo cuidado y buena planificación, de tal forma que las caídas de presión, fugas y la mejor separación del condensado se cumplan en el mayor grado posible.

2.2.7.1 Tipos de tubería

Existen diferentes tipos de tubería para la conducción de aire comprimido: a continuación se presenta una breve descripción de las tuberías.

2.2.7.1.1 Tubería de cobre

Es un medio de transporte de aire comprimido; el tubo de cobre se vende en longitudes rectas de 12 y 20 pies o en rollos de 100 pies de longitud. El tubo de cobre tipo K, en rollos se emplea en obras subterráneas y plomería, en las que el número mínimo de uniones combinado con el mayor espesor del tubo tipo K, resulta ventajoso. El tubo tipo L, por lo común en tramos rectos, se utiliza como material de tubería en los sistemas de plomería de casas y edificios; esto se debe principalmente a los costos de su instalación por el empleo de accesorios soldados. Estos dos tipos de tubería pueden ser utilizados para el transporte de aire comprimido, ya que este no se encuentra a altas temperaturas y el cobre se deteriora con rapidez a temperaturas altas y bajos esfuerzos repetidos. A una temperatura de 360 F (182 C), su resistencia se reduce a un 15%, y teniendo esto en cuenta, no debe emplearse con altas temperaturas y presiones de vapor.

2.2.7.1.2 Tubería de acero

Este es un tubo para servicio mecánico, se produce en tres clases de espesor de pared: peso estándar, extra fuerte y doble extra fuerte. Se consigue como tubo soldado o sin costura, con acabado y tolerancias dimensionales comunes; los tamaños comerciales del tubo común de acero se conocen por su diámetro interior (DI) nomina, desde 1/8 de pulgada (0.3175 cm.) a 12 pulgadas (30.5 cm.).

Por encima de doce pulgadas de DI, se conocen comúnmente por su diámetro exterior (DE). Todas las clases de tubos de un tamaño nominal dado tienen el mismo DE, que afecta al DI en el espesor adicional para pesos diferentes. Este tubo se emplea para fines estructurales y mecánicos como conducir fluidos y gases a temperaturas o presiones normales, debajo de cero o elevadas, o combinaciones de ambas condiciones.

El tubo de acero es comúnmente sin costura, y se puede producir por: 1) perforación, 2) forjado de hueco, 3) forja, torneado y calibración del hueco. El tubo común comercial se produce también por soldadura, que puede ser: a) soldadura por resistencia eléctrica; b) soldadura eléctrica por fusión, y c) soldadura de arco sumergido.

2.2.7.1.3 Tubería de hierro galvanizado

Este tipo de tubería se utiliza en líneas de aire comprimido, ya que es resistente a la corrosión; se producen una amplia variedad de tamaños para presiones variables y pueden ser utilizados en servicios subterráneos y sumergidos. Este puede obtenerse en varios espesores y pesos: a) fundición con bridas; b) con sus extremos roscados para introducir a rosca las bridas; c) extremos separados para una junta mecánica; d) con los extremos ranurados o con un resalto para acoplamientos patentados.

Para la instalación de tuberías de acero y hierro galvanizado, los soportes más apropiados son:

- De tirante, que es la más común, posee tensor de ajuste para establecer la dirección de la tubería.
- De rodillo
- De anclaje

2.2.7.1.4 Mangueras

Las mangueras son utilizadas en sistemas de aire comprimido para el accionamiento de herramientas móviles y sistemas estacionarios, están construidas de un forro liso en su interior, el cual es resistente a la neblina de aceite; tiene una capa intermedia resistente a la presión y de un forro externo flexible, que debe ser resistente a solventes.

Las mangueras para transportar aire comprimido tienen un rango de presión de 100 a 150 libras por pulgada cuadrada; el uso de este medio de transporte permite una mejor movilidad de herramienta o equipo.

2.2.7.2 Capacidad o caudal determinado

En el cuadro 2, se presentan distintos valores de caudales de aire comprimido expresados en p3/min. (cfm) a diferentes presiones, basado en una caída de presión de un 10 % por cada 100 pies de longitud de tubería para diámetros de 1/8", 1/4", 3/8" y 1/2". Con una caída de presión de un 5% por cada 100 pies de longitud de tubería para diámetros de 3/4", 1", 1-1/4", 1-1/2", 2", 2-1/2", 3" y 4". La forma de utilizar el cuadro No. 2 es la siguiente; si tenemos una máquina textil que trabaja a una presión de 110 psi. Y necesita 70 cfm con una caída de presión de un 5% por cada 100 pies de longitud de tubería, para alimentar esta máquina, podremos utilizar tubería de 3/4", y así asegurarnos que ésta realice un trabajo continuo.

Tabla II. Diámetros de tubería según presiones establecidas

DIAMETRO DE TUBERÍA												
1 PSIG	CAIDA DE PRESION 10%				CAÍDA DE PRESIÓN 5%							
	1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1.1/4"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"
5	0.5	1.2	2.7	4.9	6.6	13	27	40	80	135	240	310
10	0.8	1.7	3.9	7.7	11	21	44	64	125	200	370	500
20	1.3	3	6.6	13	18.5	35	75	110	215	350	600	800
40	2.5	5.5	12	23	34	62	135	200	385	640	1100	1500
60	3.5	8	18	34	50	93	195	290	560	900	1600	2050
80	4.7	10.5	23	44	65	120	255	380	720	1200	2100	2800
100	5.8	13	29	54	80	150	315	470	900	1450	2600	3500
110	6.3	14.4	31.5	59.2	87	164	344	512	990	1600	2860	3800
150	8.6	20	41	80	115	220	460	680	1350	2200	3900	5200
200	11.5	26	58	108	155	290	620	910	1750	2800	5000	6666
250	11.5	33	33	135	200	370	770	1150	2200	3500	6100	8100

Fuente: Ref. Manual de aire, según presiones y diámetros de tubería.

2.2.8 Depósito de aire

El depósito de aire es un equipo muy importante que debe estar conectado directamente al compresor y tiene tres funciones principales. La primera función para separar el condensado de agua en colaboración con el refrigerador posterior. Se puede tener instalados dos o más depósitos de aire, en lugar de uno, con lo que se incrementará la separación del condensado. La segunda función es la de servir como depósito amortiguador de pulsaciones del aire comprimido, particularmente en el caso de compresores de pistón.

Una amortiguación de pulsaciones satisfactoria se obtiene con un volumen de depósito en metros cúbicos, 6 veces la capacidad del compresor en metros cúbicos por minuto (10% de salida / minuto).

La tercera función, y la más importante de los depósitos, es la de almacenar aire comprimido. Es mejor un depósito grande para almacenar aire comprimido. No obstante, si fuera muy grande, sería costoso y ocuparía mucho espacio.

Para el caso de los compresores transportables, hay que pensar a cerca de su peso y volumen; por eso tales máquinas disponen de otros depósitos, distintos al de los compresores estacionarios. El volumen más pequeño que un depósito debería tener, lo cual depende principalmente de dos factores: el flujo de aire normal y del sistema de regulación del compresor. Dicho volumen pueden elegirse en la tabla 3.

Tabla III. Flujo de aire normal y sistema de regulación del compresor

Lt / min	M ³ /min.	Volumen depósito M ³
1.6 - 4.0	0.1 - 0.25	0.15
4.0 - 8.0	0.25 - 0.5	0.25
8.0 - 16.5	0.5 - 1.0	0.375
16.5 - 50.0	1.0 - 3.0	0.50
50.0 - 270	3.0 - 16.0	1
270 - 500	16.0 - 30.0	2
500 - 1000	30.0 - 60.0	4
1000 -	60.0 -	6

Ref. Manual de aire comprimido, Ing. Mecánico

Debe tenerse en cuenta que los depósitos de aire están sujetos a determinadas normas, muy estrictas por cierto, y que deberían inspeccionarse regularmente. Los depósitos de aire están provistos de una válvula de drenaje para el condensado, que igualmente debe probarse. Por todo eso los depósitos deben instalarse de tal modo, que puedan inspeccionarse desde cualquier posición.

2.2.9 Filtros de aire

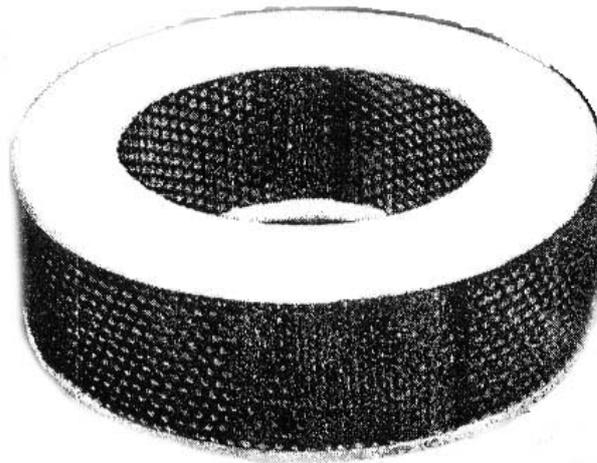
Un compresor requiere un filtro de aspiración muy eficaz, para asegurar un funcionamiento exento de dificultades. De otra forma, los abrasivos, que están en el aire, llegarían al aceite de lubricación, y podrían causar desgaste excesivo en cilindros, segmentos, cojinetes, etc. Los filtros más comunes son hoy los de papel, con cartuchos recambiables. Los compresores transportables, trabajan en ambientes polvorientos, en donde pueden ser usados filtros del tipo ciclónico, que actúan a menudo como prefiltro.

Cada compresor necesita un filtro acorde con las condiciones de trabajo, (en la figura 8 se muestra un filtro de aire).

Por esa razón, siempre es necesario especificar el grado de filtración deseado, y contactar con el fabricante del compresor, para que suministre el sistema de filtración completo.

Es importante adoptar para los filtros un servicio de mantenimiento regular, y también, que los cartuchos de papel se reemplacen siguiendo las instrucciones del fabricante.

Figura 8. Filtro de aire



Fuente: Norgen, productos para la conducción de aire comprimido, 1997

2.2.10 Secadores de aire

El aire que aspira un compresor es una mezcla de aire y vapor de agua (agua en forma de gas). Si el vapor de agua dentro del sistema de aire comprimido se comportara siempre como un gas, semejante al aire, se utilizaría sin otras precauciones. Sin embargo este vapor puede, bajo determinadas circunstancias, pasar de gas a líquido, es decir a agua (bajando la temperatura). Cuando esto ocurre, el vapor de agua se condensa, y su nombre es condensado o agua condensada. Estos condensados son enormemente perjudiciales. Si el sistema de aire comprimido alimenta máquinas lubricadas, el agua condensada le quitará las propiedades de lubricación al aceite. Con ello se aumentará el consumo de lubricante y también el riesgo de averías en las mismas. Existe además otra desventaja, y es que el condensado puede congelarse en las aberturas de escape de las máquinas neumáticas.

Esto ocurre con bastante frecuencia, cuando la temperatura del aire comprimido está considerablemente sobre cero, ya que el aire se refrigera cuando sale al exterior (se expande), una vez realizado su trabajo en el interior de la máquina.

El hielo, formado en los escapes, hace que las máquinas pierdan potencia, e incluso llegar a pararse, por eso hay que eliminar el agua de las redes. Otra desventaja del condensado de agua es que pueda formarse hielo en las tuberías situadas a la intemperie durante el invierno. Si se elimina el agua, se podrán evitar deterioros en las conducciones.

Resulta evidente pues, que es necesario de un refrigerador posterior, que separe el agua condensada, para realizar un buen trabajo.

Básicamente hay dos tipos de secadores de aire comprimido.

2.2.10.1 Secadores frigoríficos

Este tipo de secador es el más común que existe y trabaja con un sistema de refrigeración que enfría simplemente el aire comprimido a unos 2- 5 C, de manera que el vapor de agua se condense y pueda purgarse. El aire comprimido se recalienta a continuación, a una temperatura de 20 C, lo que representa que el aire queda relativamente seco.

El secado frigorífico es un proceso continuo. Un secador de este tipo trabaja como un súper-refrigerador posterior y vienen en varios modelos de capacidades muy diferentes.

2.2.10.2 Secadores de adsorción

Estos funcionan haciendo pasar el aire comprimido a través de un material desecante al que se adsorbe el vapor de agua, es decir que se adhiere a su superficie. Al quitar más y más vapor del aire comprimido, el desecante se va saturando de agua progresivamente. Los secadores de adsorción pueden secar el aire comprimido, hasta un punto de rocío a presión (PRP) de -40°C o inferior. Para conseguir un secado continuo, la mayoría de los secadores de adsorción tienen dos torres de desecante en paralelo: una secando el aire comprimido, al mismo tiempo que la otra se regenera normalmente.

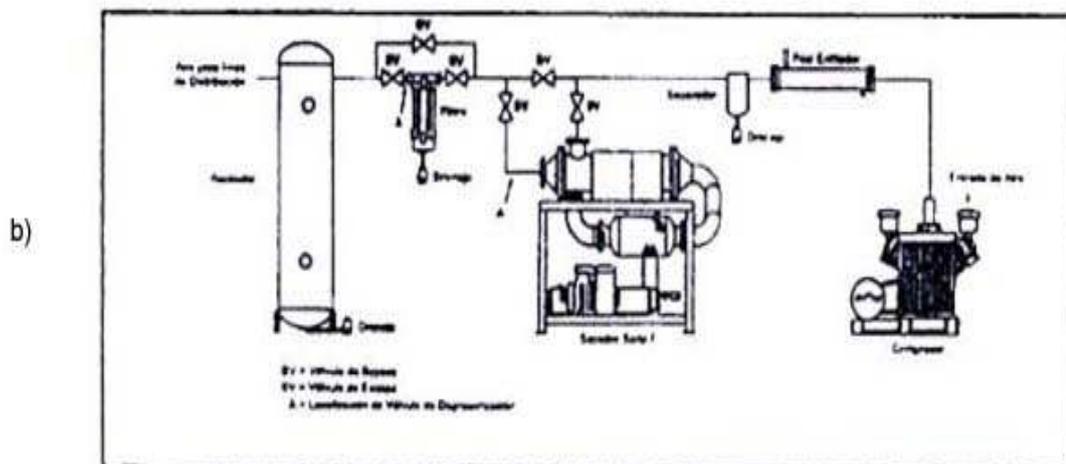
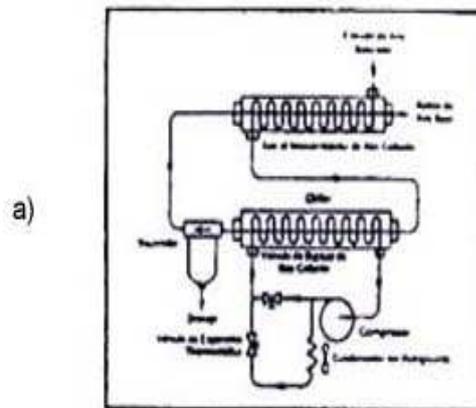
Cuándo se debe usar un secador frigorífico o uno de adsorción? Si el aire comprimido se va a emplear solamente en redes de aire internas, o para accionar herramientas neumáticas en el interior, normalmente es necesario un secador frigorífico; por supuesto que cuanto más bajo sea el punto de rocío a presión (PRP), es mejor. Si el aire comprimido se distribuye por redes de aire al aire libre (en climas fríos), o sea usa para instrumentación, o cuando en los escapes de aire se produce hielo, hay que usar un secador de adsorción con un punto de rocío a presión (PRP) de -20°C y, por supuesto, en aplicaciones especiales en las que hace falta el aire muy seco; esto solamente se puede conseguir con un secador de adsorción.

Los principales criterios que se deben tener en cuenta para la selección de un secador son: eficiencia, costos de energía, disponibilidad de repuestos y servicio, temperatura de entrada disponible, caída de presión y precio de compra; (en la figura 9 se muestra el esquema de un secador y su conexión a la red de aire comprimido).

Figura 9. Esquema del flujo de aire y refrigerante, sistema típico de aire comprimido

Secador de aire comprimido

a) Esquema del flujo de aire y refrigerante, b) Sistema de aire comprimido



Fuente: Operators Instruction Manual, Ingersoll-Rand, Air Compresor, Refrigeranted air Dryers F. Pag 3

3. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO EN LA PLANTA GRASAS Y ACEITES S. A

3.1 Diagnóstico situacional del sistema de aire comprimido en la planta

3.1.1 Deficiencias del sistema

La planta Grasas y Aceites presenta una excesiva humedad en toda la red, la cual se manifiesta en el equipo neumático que se utiliza en diversas áreas de la planta, también se observa un caudal (cfm) no adecuado para dicha distribución, por lo que existen bajas de presión, también por la cantidad de accesorios utilizados, así como el desnivel y puntos de apoyo no adecuados.

3.1.2 Efectos causados en el proceso por la deficiencia de aire comprimido

Por la mala distribución que se tiene en la red de aire comprimido de la planta, las consecuencias más notables que se observaron son las siguientes:

- Baja calidad en la producción, por los equipos neumáticos
- Problemas por mediciones de la instrumentación neumática
- Bajas de presión que repercuten en los sistemas de calderas
- Fugas de aire comprimido
- Consumo elevado de energía eléctrica por el trabajo innecesario de los equipos de compresión de aire.
- Costos altos de producción.

3.2 Información de diseño de la red de aire comprimido en la planta

3.2.1 Presión máxima en el sistema

Toda la maquinaria y equipo que necesita aire comprimido en la planta, trabaja en un rango de presión de 100 psi (6.8 bar) a 120 psi (8.16 bar), por razones de factor de seguridad y cálculo se tomará la presión más elevada.

3.2.2 Longitudes equivalentes para accesorios

La red de aire comprimido debe estar construida con tubería de hierro galvanizado, la que cuenta con accesorios y válvulas para la distribución del fluido a los diferentes equipos. A lo largo de la red de aire comprimido se produce pérdida por fricción, por cambios bruscos de diámetro, por válvulas y por distancia.

En la tabla I se muestra los diferentes tipos de accesorios y válvulas, según el diámetro de éstos y su pérdida equivalente en metros de longitud.

3.2.3 Volumen de almacenaje

La planta de Grasas y Aceites, S.A. cuenta con 3 compresores de 200 hp; que producen 892 cfm (pies cúbicos por minuto de aire) cada uno, estos datos de producción de cfm están calculados respecto a la altura a la que se encuentran respecto al nivel del mar, ya que dependiendo de ésta, la densidad del aire aumentará o disminuirá.

Por lo que se requiere de mayor cantidad de aire libre para producir aire comprimido.

Los fabricantes de compresores garantizan la capacidad de los mismos no en términos de aire comprimido, sino de aire libre o sea el aire en condiciones atmosféricas normales.

Por lo que si se tiene un compresor que produce 892 cfm de aire comprimido a una presión de trabajo de 110 psi y una altura de 1200 mts (3936 pies) sobre el nivel del mar, según la tabla Iv a esta altura la presión barométrica, sería de 12.71 psi, se tiene a continuación el siguiente cálculo de aire libre que se necesita para producir 892 cfm de aire comprimido:

$$X (12.71/(110 + 12.71)) = 892$$

$$X = 8611.90 \text{ p}^3/\text{min. de aire libre}$$

Tabla IV. Relación de altura y presión barométrica

Altura (PIES)	Psi	“ Hg
1000	14.7	29.92
2000	14.16	28.86
3000	13.66	27.82
3936	12.71	25.9
4000	12.68	25.84
5000	12.22	24.89
6000	11.77	23.98
7000	11.33	23.09
8000	10.91	22.22
9000	10.5	21.38
10000	10.1	20.58

Fuente: Ref. Manual de aire comprimido, Ing. Mecánico

El volumen que debe de almacenar en la sala de compresores es la siguiente:

Para 3 compresores de 200 hp:

3 * 892: 2676 cfm (75.73 metros cúbicos por minuto)

3.2.4 Longitud total de la localización del equipo que utiliza aire comprimido en la planta

Esta distancia será igual a la longitud total de tubería, que se debe colocar para la alimentación de todos los equipos.

Según el nuevo diseño la longitud quedaría de la siguiente manera:

- Envasado: 12.24 m
- Caldera: 6.32 m
- Desodorizador 78.36 m

4. REDISEÑO DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO DE LA PLANTA GRASAS Y ACEITES, S.A

4.1 Cálculo de tubería para el rediseño

La longitud total de tubería que se debe utilizar para el rediseño de la red de aire comprimido fue medida del plano de localización del quipo, ubicado en el anexo 1, por lo que se tienen los siguientes datos en la tabla siguiente:

Tabla V. Diámetros y longitudes de tubería total del rediseño

DIÁMETRO (PLGS)	LONGITUD DE TUBERÍA (Mts)
$\frac{1}{2}$ "	12.00
1"	23.81
$1 - \frac{1}{4}$ "	78.36

Fuente: Campo de estudio

4.2 Cálculo de diámetros de tubería para el rediseño

Para el cálculo del diámetro de tubería que se debe tener en la red de aire comprimido, se debe saber qué caudal de aire se necesita transportar, en cada uno de los diferentes circuitos que componen dicha red, los que se muestran en el plano sugerido en el anexo I.

El volumen de aire comprimido total que necesitan los equipos es de 60.6 metros cúbicos por minuto (2139.18 cfm) se calculará la tubería principal en 1 sección con el diámetro de la siguiente manera:

El diámetro de la tubería principal se eligió más grandes para futuras ampliaciones, pérdidas por accesorios, pérdidas por distancias y como tubería de almacenaje, ya que la cantidad de aire que necesitan los equipos es considerablemente menos que la capacidad que tiene la tubería; esto se puede comprobar en tabla 2.

Tabla VI. Caudal requerido para el diseño

No. DE CIRCUITO	CAUDAL (M³ / MIN)
Circuito 1	8
Circuito 2	2
Circuito 3	2
Circuito 4	2
Total	14

Fuente: Campo de estudio

Los diámetros de los circuitos se calcularon de la siguiente forma:

- Para el circuito No. 1 se tiene varias alimentaciones a lo largo de ésta línea, por lo que si tenemos un consumo de 8 m³/min (282.4 cfm), utilizando la tabla II a 110 Psig., se tiene que el diámetro a utilizar será de 1 ¼", con una longitud de 73.11 mts (13 tubos de 6 metros c/u.) Se utiliza tubería de ½" para alimentaciones anexas.

- En el circuito 2 se tiene un consumo de $2 \text{ m}^3/\text{min}$ (70.6 cfm) utilizando la tabla II a 110 psig, tenemos que el diámetro que se va a utilizar será de 1" con una longitud de 12.24 metros (3 tubos de 6 metros c/u) Se utiliza tubería de $\frac{1}{2}$ " para alimentaciones anexas.
- En el circuito 3 se tiene un consumo de $2 \text{ m}^3/\text{min}$ (70.6 cfm) utilizando la tabla II a 110 psig, tenemos que el diámetro que se va a utilizar será de 1" con una longitud de 6.23 metros (2 tubos de 6 metros c/u) Se utiliza tubería de $\frac{1}{2}$ " para alimentaciones anexas.
- En el circuito 4 se tiene un consumo de $2 \text{ m}^3/\text{min}$ (70.6 cfm) utilizando la tabla II a 110 psig, tenemos que el diámetro que se va a utilizar será de 1" con una longitud de 5.25 metros (1 tubo de 6 metros c/u) Se utiliza tubería de $\frac{1}{2}$ " para alimentaciones anexas.

4.3 Cálculo de valvulería y accesorios

- Para tubería de $1 \frac{1}{4}$ " de diámetro, las válvulas y accesorios que se deben utilizar, son 4 válvulas de compuerta de $1 \frac{1}{4}$ ", 6 codos de 90 grados de $1 \frac{1}{4}$ ", 4 tee de $1 \frac{1}{4}$ ".
- Para tubería de 1" de diámetro, las válvulas y accesorios que se deben utilizar, son 3 válvulas de compuerta de 1" , 3 codos de 90 grados de 1", 4 reductores de $1 \frac{1}{4}$ " a 1".

4.4 Cálculo de soportes para tubería según distancia

La tubería de aire comprimido debe soportarse a intervalos adecuados, para evitar flexiones que anularían condensados.

Esto provocaría la reducción de drenado en los puntos más bajos. La distancia que debe tener cada soporte va a depender en algunos casos de las instalaciones físicas del edificio; en la planta, la distancia entre columnas de las instalaciones es de 7 metros, por lo que actualmente se tienen los soportes para la tubería de aire comprimido a esta distancia. A continuación, se presenta la tabla IV , en la cual se dan las distancias máximas entre soportes, para diferentes diámetros de tubería, basada para condiciones ideales de montaje, sin embargo, debido a que las condiciones físicas de la fábrica esto no es posible cumplir, se recomienda colocar soportes, por lo menos a cada 3.5 metros, para evitar futuros problemas.

Tabla VII. Longitudes de soporte de tubería

DIÁMETRO DE TUBERÍA	VERTICAL (METRO)	HORIZONTAL (METRO)
¼ "	1.25	1
½ "	1.75	1.25
¾ "	2.7	1.75
1-1/4"	3	2.5
1-1/2"	3	2.5
2 "	3.5	2.75
3 "	3.5	3
4 "	3.5	3
6 "	4.25	3.5
10 "	5.18	4.25
12 "	5.48	4.87

Fuente: Campo de estudio

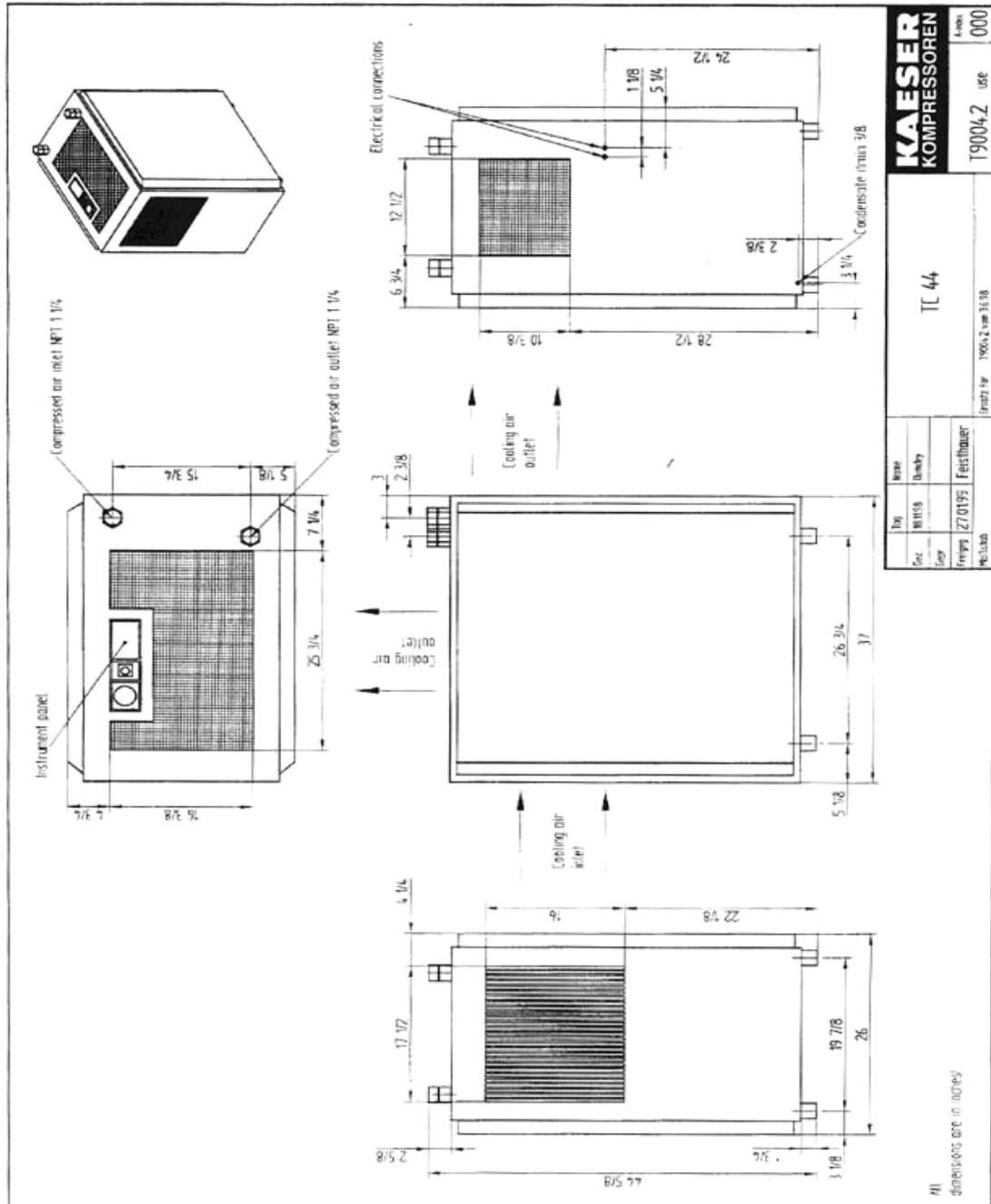
4.5 Instalación de secador de aire

4.5.1 Especificaciones

- Modelo: TC 44
- Peso: 440 lbs
- Sistema de compresión de aire: Flujo de volumen de 170 scfm
- Temperatura ambiente mínima: 40 °F
- Temperatura ambiente máxima: 110 °F
- Volumen de aire: 1320 cfm
- Corriente Directa: 220 V
- Fusibles recomendados: 15 A
- Frecuencia: 60Hz

A continuación se muestra en la Figura 10, el detalle del Secador que se instalará.

Figura 10. Plano general de secador de aire Kaeser

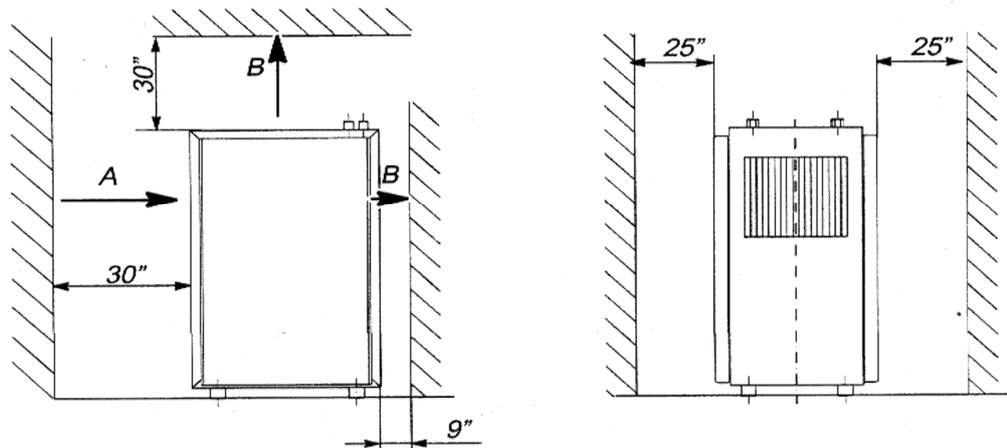


Fuente: Manual de compresores Kaeser

4.5.2 Requerimientos de instalación

El secador de aire debe ser instalado en un lugar seco y con suficiente espacio. Por lo que es necesario considerar las distancias mínimas que se muestran en la figura 11 siguiente:

Figura 11. Requerimientos de instalación de secador de aire



Fuente: Manual de Compresores Kaeser

4.5.2.1 Conexiones necesarias

Para la instalación del depósito de aire comprimido hacia el secador es necesario utilizar mangueras flexibles, esto por la vibración provocada por los equipos, no aflojen o dañen el sistema de distribución. También es necesario la instalación de un bypass, es decir, un sistema en el cual cuando sea necesario realizar mantenimiento al secador, no sea interrumpida la distribución de aire comprimido a los demás equipos. Además es necesario colocar un drenaje para el agua que será condensada por el sistema de secado.

4.5.3 Preparación para el arranque del equipo

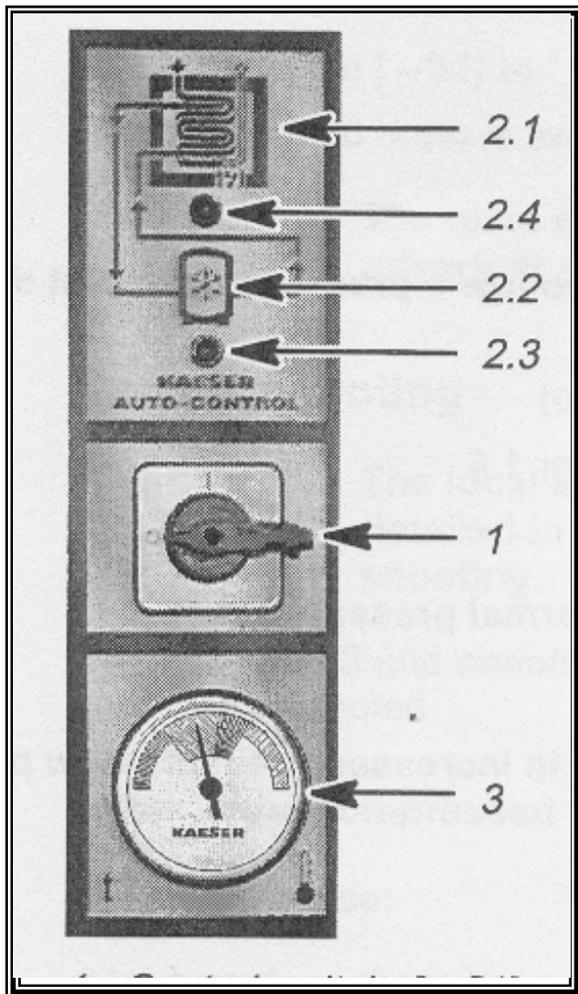
- a) Verificar la instalación eléctrica, que el flipón de seguridad se encuentre en ON
- b) El *bypass* en la línea de aire comprimido entre la línea de entrada y salida esté cerrada
- c) Las válvulas de entrada y salida de aire comprimido al secador deben estar cerradas
- d) El drenaje de la línea de condensados debe estar libre de obstrucciones
- e) Verificar el voltaje correcto del secador

4.6 Operación del secador de aire

- a) Remover el seguro que se encuentra en el *switch*
- b) Rotar el *switch* (-S1) to "I" (ON)
- c) El secador de aire ahora está en operación, el indicador de luz (2) iluminado indica que el equipo se encuentra encendido y verifica su voltaje
- d) El indicador de luz (-H1) está iluminado cuando el motor está funcionando

- e) Dependiendo de la temperatura en el evaporador, el compresor refrigerante se encenderá antes que el secador de aire. Simultáneamente el indicador de luz (- H1) se encenderá
- f) Cuando el indicador de luz (- H1) se ha apagado, debe abrirse la válvula de entrada al secador de aire muy lentamente. (aire de admisión)
- g) Abrir lentamente la válvula de salida del secador hacia la distribución de aire comprimido seco
- h) Para apagar el equipo, se deben cerrar las válvulas de entrada y salida al secador de aire y luego rotar el *switch* (- S1) a “ 0 “ (OFF)

Figura 12. Panel de control de secador de aire



PANEL DE CONTROL

1. Control *Switch* (- S1)
2. KAESER AUTO CONTROL
- 2.1 Símbolo para evaporador y humedad.
- 2.2 Símbolo para el compresor refrigerante
- 2.3 Indicador de Compresor refrigerante encendido (- H1)
- 2.4 Control de voltaje encendido y trabajando la cámara fría (- H2)
3. Control de presión

Fuente: Manual de Compresores Kaeser

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

5.1 Costos de materiales

Para realizar una comparación entre los dos sistemas, el actual y el mejorado, se realizó una estimación del costo de materiales colocados actualmente, seguidamente del costo de las modificaciones realizadas.

5.1.1 Materiales utilizados en el sistema actual

El costo de los materiales utilizados en el diseño actual de la red de aire comprimido fueron obtenidos de los precios actuales ingresados en el departamento de compras de la empresa Grasas y Aceites S.A.

Por lo tanto, se tiene a continuación el tabla VIII con la lista de materiales, los precios de dichos materiales y el total del proyecto.

Tabla VIII. Precio de materiales para diseño actual

MATERIAL	DIÁMETRO	PRECIO UNITARIO	DISEÑO ACTUAL	PRECIO ACTUAL
Tubería	3/4 “	60.6	20	1212
Llave de compuerta	3/4 “	27	8	216
Codo de 90 grados	3/4 “	4.05	14	56.7
Tee	3/4 “	6.75	9	60.75
Unión universal	3/4 “	14.7	12	176.4
Tubería	1/2 “	31.4	11	345.4
Codo de 90 grados	1/2 “	2.3	9	20.7
Llave de compuerta	1/2 “	12.8	7	89.6
Reducidor	3/4” a 1/2”	7.75	8	62
Unión universal	1/2 “	7.5	9	67.5
			TOTAL	2307.05

Fuente: Campo de estudio

El costo total de los materiales de la red de aire comprimido de la Planta es de Q. 2307.05.

5.1.2 Materiales a utilizar en proyecto de mejora

El costo de los materiales se utilizaran en el nuevo diseño de la red de aire comprimido fueron obtenidos del departamento de compras de la empresa Grasas y Aceites S.A. por lo tanto, se tiene a continuación la tabla IX con la lista de materiales, los precios de dichos materiales y el total del proyecto.

Tabla IX. Precio de materiales para rediseño

MATERIAL	DIÁMETRO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Tubería	1 ¼"	101.00	13	1313.00
Llave de compuerta	1 ¼ "	45.00	4	180.00
Codo de 90 grados	1 ¼ "	6.75	6	40.50
Tee	1 ¼"	11.25	4	45.00
Unión universal	1 ¼"	24.50	6	147.00
Tubería	1 "	78.50	6	471.00
Codo de 90 grados	1 "	5.75	3	17.25
Llave de compuerta	1 "	32.00	3	96.00
Reducidor	1 ¼ a 1"	13.75	4	55.00
Unión universal	1 "	18.50	3	55.50
Tubería	½ "	38.00	2	76.00
Llave de compuerta	½ "	18.00	3	54.00
Codo de 90 grados	½ "	4.25	3	12.75
			TOTAL	2563.00

Fuente: Campo de estudio

El costo total de los materiales de la red de aire comprimido de la Planta es de Q. 2563.00; a este dato se le sumará el 10 % del costo total como un factor de seguridad, ya que el costo de los materiales pueden variar, según el tiempo de la compra.

$$Q. 2563.00 + Q.256.30 = Q. 2819.30$$

El costo total, en materiales, en el proyecto se calculó en Q. 2819.30

Realmente, no fue muy significativa la variación en costos, aunque podríamos considerar, que lo actualmente se encuentra en el diseño actual, pudo costar menos, por el tiempo que lleva instalado. Sin embargo el costo en el diseño aumentó, debido a la variación de diámetros en el sistema mejorado.

5.2 Costos de mano de obra

Nos referiremos al costo en el que incurrimos desde que se planteó el proyecto, su implementación, su finalización y su aprobación.

En la empresa, un soldador tiene un sueldo de Q. 2,500.00; un ayudante gana Q. 1,500.00 y un Ingeniero gana Q. 6,000.00; todos con un horario de 08 horas diarias, por lo que tenemos el siguiente cálculo:

Tabla X. Costos de mano de obra

TRABAJADOR	CANTIDAD	SUELDO MENSUAL	TOTAL 3 MESES
Soldador	1	Q. 2,500.00 *	Q. 7500.00
Ayudante	2	Q. 1,500.00 *	Q. 9000.00
Ingeniero Mecánico Industrial	1	Q. 6,000.00 *	Q. 18,000.00
			Q. 34500.00

Fuente: Campo de estudio

El costo de mano de obra del proyecto de rediseño de la red de aire comprimido e instalación de Secador de aire comprimido de la planta, es de Q.34500.00

5.2.1 Recurso humano necesario para la implementación de proyecto de mejora

En la realización de esta nueva implementación, se asignó para el proyecto el siguiente personal:

- 1 soldador
- 2 ayudantes
- Supervisión de un ingeniero mecánico industrial

5.2.2 Tiempo de realización de proyecto de mejora

El tiempo estimado en el rediseño, de instalación de la red de aire comprimido de la planta es de 3 meses, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla XI. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (EN DÍAS UTILIZADOS)						
Actividad	15	15	15	15	15	15
Rediseño						
Desmontaje						
Montaje						
Pruebas						
Aprobación						

Fuente: Campo de estudio

5.3 Beneficio estimado con la implementación de proyecto nuevo

Para obtener una idea más objetiva, de los beneficios obtenidos por el nuevo diseño, se realizarán cálculos en el que se estime el consumo energético del sistema actual vrs. El mejorado.

5.3.1 Consumo de energía en sistema actual

En la actualidad, se tienen trabajando 3 compresores de 200 hp cada uno, 1 secador de 8 hp con capacidad de 1320 scfm. Tiene un consumo total en kw. – h/año de:

$$3 \times 30 \text{hp} = 90 \text{hp} (67.14 \text{kw})$$

$$1 \times 8 \text{hp} = 8 \text{hp} (5.97 \text{kw.})$$

$$73.11 \text{kw} * 24 \text{ horas/día} * 26 \text{ días/1 mes} * 12 \text{ meses/1 año} = \\ 547447.68 \text{kw h/ año.}$$

Consumo actualmente 547447.68 kw h/año

5.3.2 Consumo de energía con proyecto de mejora

En el nuevo diseño de la red de aire comprimido, se tendrán trabajando las siguientes máquinas:

2 compresores de 30 hp: 60 hp (44.76 kw.)

1 secador de 8 hp: 8 hp (5.97 kw.)

Total 68 hp (50.73 kw.)

50.73 kw * 24 horas /1 día* 26 días/mes * 12 meses/1 año =
 Consumo de nuevo diseño 379866.24 kw h/año.

5.3.3 Comparación de consumo de energía entre sistema actual y sistema mejorado.

Costo (Q.0.86/Kw – h)		
Consumo diseño actual:	547447.68kw h/año	Q 470805.00
Consumo rediseño:	<u>379866.24kw h/año</u>	<u>Q.326684.96</u>
Ahorro en consumo	167581.44kw h/año	Q144, 120.04

Con el nuevo diseño de la red de aire comprimido de la planta se puede tener un ahorro de 167581.44 en kw.-h/año y un ahorro en quetzales de: Q. 144120.04 al año.

5.4 Cálculo total del proyecto

Según los datos obtenidos anteriormente, se puede obtener el cálculo total del proyecto, de la siguiente manera:

- costo de materiales Q. 2819.30
- mano de obra Q. 34500.00

Costo total Q. 37319.30

5.4.1 Tiempo estimado de recuperación de la inversión

Si tenemos el ahorro en quetzales anuales, podemos obtener:

- Q. 12010.00 ahorro obtenido en el primer mes.

Por lo tanto, la inversión podrá ser recuperada en los primero 94 días después de aprobado el funcionamiento del nuevo sistema.

6. MANTENIMIENTO PROUUESTO DEL SISTEMA Y EQUIPO SECADOR DE AIRE

6.1 Mantenimiento de compresores

Los compresores que se utilizan para la producción de aire comprimido en la planta deben tener un mantenimiento del tipo preventivo, para asegurar el funcionamiento continuo de estos, por lo que a continuación se presenta el programa de mantenimiento, el cual especifica todo lo recomendado para mantener el compresor en óptimas condiciones de operación. Se deben dar servicios a los intervalos o a las horas marcadas, lo que primero ocurra.

Antes de empezar una labor de mantenimiento a compresores, secadores y red de aire comprimido se debe tener presente lo siguiente:

- Emplear herramientas adecuadas
- Tener a la mano los repuestos que le has sido recomendados
- Leer las instrucciones de seguridad
- Leer el manual de mantenimiento de cada compresor
- Personal capacitado.

6.1.1 Herramienta necesaria

Para la realización del mantenimiento, es necesario contar con la siguiente herramienta:

- Juego de llaves cola – corona de 5/16" a 1 1/8"

- Ajustable de 8"
- Ajustable de 12"
- Llave Steelson de 18"
- Juego de copas de 5/16" a 3/4"
-

6.1.2 Repuestos Críticos

Entre los repuestos que se consideran críticos, podemos mencionar:

- Aceite S M 6
- Fajas LS 91
- 1 filtro de aceite

6.1.2.1 Stock de repuestos

Entre el *stock* de repuestos que se considera necesario, para el mantenimiento y seguridad del equipo, tenemos:

- 10 galones de aceite Cyclesso TK 40
- 9 fajas LS 91
- 1 Filtro de aire
- 1 Filtro de aceite
- 1 Pre – filtro
- 1 Interruptor neumático
- 1 *Switch* de presión
- fusibles
- 1 Bimetálico

6.1.3 Programación de mantenimiento preventivo

Tabla XII. Mantenimiento de compresores de 200 HP

ACCIÓN	PARTE	HORAS DE OPERACIÓN	DIARIO	1 SEMANA	1 MES	3 MESES	6 MESES	1 AÑO	2 AÑOS
INSPECCIÓN	NIVEL DE REFRIGERANTE	8	X						
INSPECCIÓN	TEMP. DESCARGA (AIRE)	8	X						
INSPECCIÓN	DIF. ELEMENTO SEPARADOR	8	X						
INSPECCIÓN	DIFERENCIAL FILTRO DE AIRE	8	X						
INSPECCIÓN	DIFERENCIAL FILTRO DE ACEITE	8	X						
REEMPLAZO	FILTRO REFRIGERANTE*	150		X					
CHEQUEO	CENSOR DE TEMPERATURA*	1000			X				
REEMPLAZO	FILTRO REFRIGERANTE*	2000					X		
LIMPIEZA	ORIFICIO DE BARRIDO	4000						X	
LIMPIEZA	NÚCLEO DE REFRIGERADOR**	4000					X		
REEMPLAZO	FILTRO DE AIRE*	4000						X	
REEMPLAZO	ELEMENTO SEPARADOR*	4000						X	
REEMPLAZO	REFRIGERANTE (ACEITE)*	8000							X
INSPECCION	CONTACTOS ARRANCADOR	8000					X	X	

Fuente: Campo de estudio

* En ambientes de operación y en donde el filtro de admisión se cambia a los intervalos prescritos arriba cuando el ambiente es demasiado sucio, hay que cambiar los elementos del separador. Los filtros y el refrigerante más frecuente.

** Limpie el núcleo del refrigerador si la temperatura del aire es excesiva o si el paro de la unidad ocurre por alta temperatura.

6.1.3.1 Personal asignado para el mantenimiento

Se requiere personal calificado para el desarrollo del mantenimiento, debemos programar para este tipo de servicios a:

- Mecánico de primera
- Instrumentista de primera
- Electricista de primera

6.2 Mantenimiento de tuberías

La tubería que conduce el aire comprimido debe estar libre de fugas de partículas de polvo, humedad y aceite; por eso debe tener un plan de mantenimiento preventivo para el buen estado de las líneas de distribución de aire.

6.2.1 Fugas

Las fugas de aire comprimido son provocadas por el mal acoplamiento de la tubería, por humedad, por la mala colocación de válvulas y accesorios en la red; las fugas producen un bajo rendimiento en el sistema y pérdidas, las cuales son razonables hasta un 5 % del compresor.

Para la eliminación de fugas, deben revisarse todos los acoplamientos de tubería, válvulas y accesorios, por lo menos cada 3 meses; en el cuadro 6 se pueden observar las pérdidas por fugas en relación con el diámetro del agujero y la potencia necesaria para compensarlos a una presión de 100 psig.

Para la eliminación de partículas extrañas, se debe limpiar el tubo en su interior, antes de ser conectado a la red de aire comprimido, ya que de lo contrario podría haber desperfectos en el sistema. El aire aspirado por un compresor contiene siempre una cierta cantidad de humedad; esta cantidad depende de la temperatura del aire y de la humedad relativa. El aire comprimido debe pasar a través de un secador, para eliminar la humedad, ya que de lo contrario podría ocasionar daños a las maquinas y afectar los procesos de trabajo. El aire seco disminuye la corrosión que causa caídas de presión y fugas.

Tabla XIII. Relación de fuga y potencia requerida

Diámetro de Agujero		Fuga aire 100 Psig	Potencia Requerida	
mm	Pigs.	P ³ /m	KW	Hp
1	1/64"	0.41	0.06	0.08
	1/32"	1.62	0.23	0.31
2	1/16"	6.5	0.97	1.3
		10.4	1.5	2
3		23.2	3.36	4.5
	1/8"	26	3.88	5.2
5		66	9.85	13
	1/4"	104	15	20
10	3/8"	234	64	46
		258	37	50
	1/2"	416	60	81

Fuente: Manual de compresores de aire, Ing. Mecánico.

6.2.1.1 Revisión de acoplamientos (accesorios)

Para evitar fugas, se debe aprovechar, cuando los equipos se encuentran parados, de tal manera que mediante una válvula que cierra el circuito, podemos presurizar la tubería y realizar pruebas visuales, o utilizando agua con jabón, para identificar escapes de aire.

6.2.1.1.1 Mantenimiento de acoplamientos

En el sistema, se colocaron válvulas de paso o bypass, para poder realizar cambios en accesorios, si esto fuera necesario. Por lo que regularmente, cuando se detecta alguna fuga en algún acople, se procede a ajustar, aplicando teflón en la tubería, y si esto no funcionara, podemos tomar la decisión de realizar un cambio de acople.

6.2.1.2 Revisión de válvulas

Las válvulas y accesorios que se tienen en la red deben contar con una revisión diaria, para que no se tengan fugas en las uniones de los accesorios y mal funcionamiento de las válvulas, y así evitar las pérdidas por fuga y un mal abastecimiento de aire, debido a una válvula dañada, ya que esto incrementa los costos de producción.

6.2.1.2.1 Mantenimiento de válvulas

Al igual que en el caso de los acoples y accesorios, se realizan inspecciones, con la tubería presurizada, para detectar válvulas en mal estado o con fugas, para proceder a apretarlas o simplemente, cambiarlas.

6.2.1.3 Programación de mantenimiento preventivo

La planta realizar una parada general, aproximadamente cada 8 días, por lo que debemos programar el mantenimiento de tuberías, de manera que la planta no requiera aire y se puedan realizar las presurizaciones necesarias, para el chequeo y corrección de fugas.

6.2.1.3.1 Personal asignado para mantenimiento

Para el desarrollo del mantenimiento en tuberías es necesario, programar al siguiente personal:

- 2 mecánicos de segunda
- 2 ayudantes de mecánicos

6.3 Mantenimiento del secador de aire

6.3.1 Componentes críticos del equipo

Podemos mencionar, que el equipo secador de aire tiene básicamente los siguientes componentes críticos:

- *Eco – Drain*
- Compresor
- Filtro
- Válvulas de presión
- Medidores de humedad

6.3.1.1 Stock de repuestos

Para el stock de repuestos, es necesario tener disponible:

- 1 *Eco – Drain*
- Filtro de aire
- Tubería de cobre de 1/4"
- Mangueras de alta presión de 1 1/4"
- Válvulas de presión
- Bulbo medidor de humedad

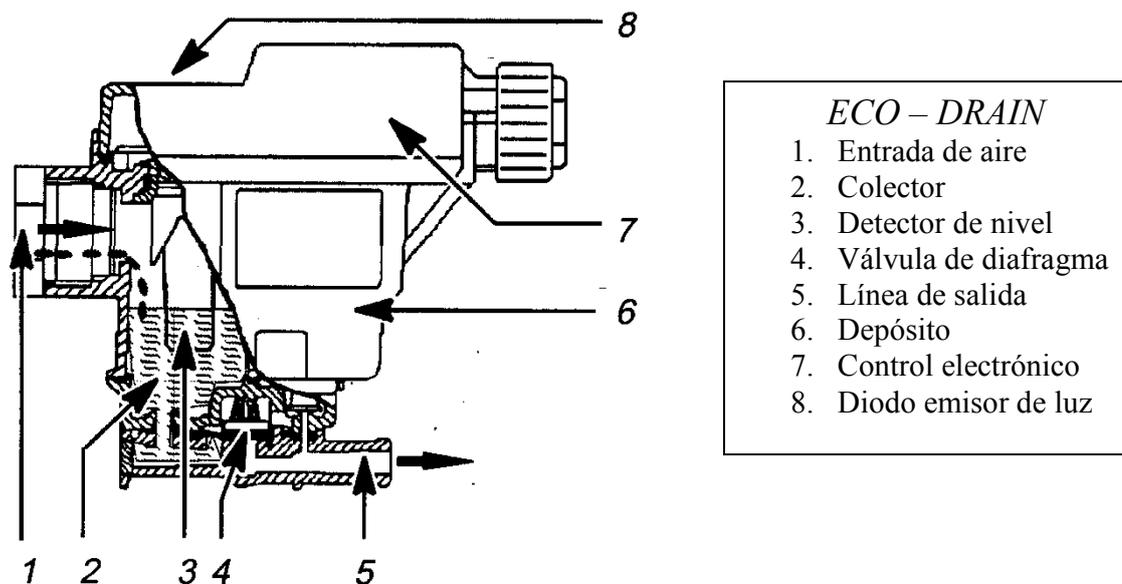
6.3.2 Programación de mantenimiento preventivo

Tabla XIV. Mantenimiento regular de secador de aire

PERÍODO	ACTIVIDAD
Diariamente	Chequear la salida del condensado
50 horas después de inicializado	Limpiar el <i>eco – drain</i>
Cada mes	Chequear el <i>eco – drain</i> Limpiar la superficie de le condensador
Cada tres meses	Realizar chequeos generales
Cada año	Limpiar el <i>eco – drain</i>

Fuente: Manual de secador de aire Kaeser

Figura 13. *Eco - Drain*



Fuente: Manual de compresores Kaeser

6.3.2.1 Personal asignado para mantenimiento

Para la realización del mantenimiento de secador de aire, debemos programar al siguiente personal:

- 1 mecánico de primera
- 1 electricista de primera
- 1 instrumentista de primera

6.4 Seguridad industrial

Con el fin de prevenir algún tipo de accidente en los distintos trabajos, ya sea en reparación, montaje y desmontaje de las líneas de aire comprimido, compresores y secadores de aire, se presentan a continuación algunas reglas que puedan ayudar preservar la tranquilidad del personal y seguridad del equipo

6.4.1. Equipo de protección personal

Para poder evitar accidentes, es prioritario que los trabajadores utilicen equipos de seguridad, ya que el excesivo ruido, o daños visuales podrían ser ocasionados si fallara algunos de los dispositivos de almacenaje de aire, o alguna ruptura de tubería, ya que se manejan altas presiones.

6.4.1.1 Auditivos

Se recomienda la utilización de tapones para oídos para evitar lesiones auditivas, aunque las condiciones de la empresa no ameritan un estricto uso de equipo de seguridad auditiva, ya que los rangos de decibeles, andan alrededor de los 60 decibeles, en el área donde se encuentran los compresores, que es una de las más ruidosas.

6.4.1.2 Visuales

Para el caso de la protección visual, se recomienda la utilización de lentes claros, ya que al manejar presiones altas de aire, podrían ocasionarse lesiones severas en la vista, por esquirlas contenidas en la tubería.

También cuando se realizan inspecciones y el mismo mantenimiento, podrían ocasionarse accidentes, por lo que debemos de mantenernos protegidos.

6.4.2 Recomendaciones para el manejo de equipos utilizados en la implementación de proyecto nuevo

6.4.2.1 Compresores

- Leer cuidadosamente las instrucciones contenidas en el manual del fabricante, de los equipos nuevos
- Antes de proceder a efectuar cualquier tipo de trabajo en los compresores o en el secador, asegurarse que la energía eléctrica haya sido cortada y que el interruptor de corriente haya sido desconectado
- Liberar perfectamente toda la presión del compresor y aislar la unidad de cualquier otra fuente de aire a presión
- Utilizar guantes, chaleco, mascarilla para la realización de trabajos con soldadura eléctrica y autógena
- El mantenimiento debe ser realizado con el personal que esté debidamente capacitado, y para ello debe contar con las herramientas adecuadas para éste fin
- Mantener en distintos puntos de la planta extintores

6.4.2.2 Tubería de alta presión

- La alta presión puede ser muy peligrosa y puede ocasionar lesiones físicas muy graves. Por lo que nuestra tubería debe mantenerse siempre bien asegurada, es decir fija, de tal manera que no sufra movimientos bruscos que pudieran ocasionar alguna ruptura de la tubería o daños en los acoples o accesorios
- Debemos mantener pintada la tubería con el color que le corresponde, en este caso celeste (aire), para poder identificarla inmediatamente

6.4.2.3 Secador de aire

- Este equipo tiene una estructura muy sencilla, pero no lo hace menos peligroso que los demás, ya que por él entra la misma presión de aire que la que le manda el compresor, por lo que debemos de cuidar que las mangueras de entrada y salida se encuentren bien ajustadas para evitar accidentes.
- Además es muy importante mencionar, que el diseño del equipo plantea ciertas distancias en su instalación, en la que debe existir el espacio suficiente para que le entre el suficiente aire, que se encargará de enfriar al sistema.

CONCLUSIONES

1. La planta Grasas y Aceites S. A tiene una circuito de aire comprimido mal calculado, ya que tienen diámetros inadecuados, grandes cantidades de accesorios, cambios bruscos en la red y válvulas mal dimensionadas.
2. El nuevo diseño de la red de aire comprimido tiene menor cantidad de válvulas, accesorios y tubería para la distribución del fluido.
3. Cada sección de tubería del rediseño de la red de aire comprimido está calculada para un determinado equipo, según la presión de trabajo y el caudal de aire necesario, por lo que se hace necesario sacar de línea un compresor, y ahorrar esos kw – h /año.
4. En el rediseño de la red de aire comprimido, se contempló una caída de presión con un rango de un 5% por cada 100 pies de longitud de tubería, con lo que se espera tener una presión y un volumen más constante para la alimentación de los equipos.
5. Con la capacitación de mecánicos y operadores de compresores y secador de aire, se podrá realizar un mejor programa de mantenimiento.
6. Las medidas de seguridad que se presentan en este trabajo deben cumplirse en su totalidad, para evitar algún tipo de accidente.

7. El ahorro de energía eléctrica que se tendrá con el rediseño de la red de aire comprimido es de 167581.44 Kw – h /año, equivalente a Q. 144120.04

8. El costo total del proyecto es de Q. 37319.30, el ahorro anual es de Q. 144120.04, por lo que la implementación del rediseño se recuperará lo invertido, en 4 meses.

RECOMENDACIONES

A la gerencia de producción

1. Se debe capacitar al nuevo personal en los distintos trabajos de mantenimiento que se van a realizar en los compresores, secador y la red de aire comprimido, para obtener un rendimiento óptimo en los equipos y el sistema.
2. Realizar un estudio cada vez que se necesite aire comprimido en un área diferente a la planificada, para obtener la presión de trabajo y el caudal de cada equipo nuevo que se va a alimentar y así, determinar el diámetro de la tubería que se utilizará, ya sea en una línea general o en un ramal de alimentación y así evitar pérdidas de presión que conlleva un diseño inadecuado.

Al ingeniero de planta o mantenimiento

1. Es necesario establecer un programa de purgas diarias para depósitos, secador de aire y distintas unidades de mantenimiento colocadas en la red, para la evacuación del condensado.
2. Se debe asegurar que cada equipo tenga una unidad de mantenimiento con regulador y filtro; esto servirá para regular la presión de trabajo y tener aire libre de suciedad.

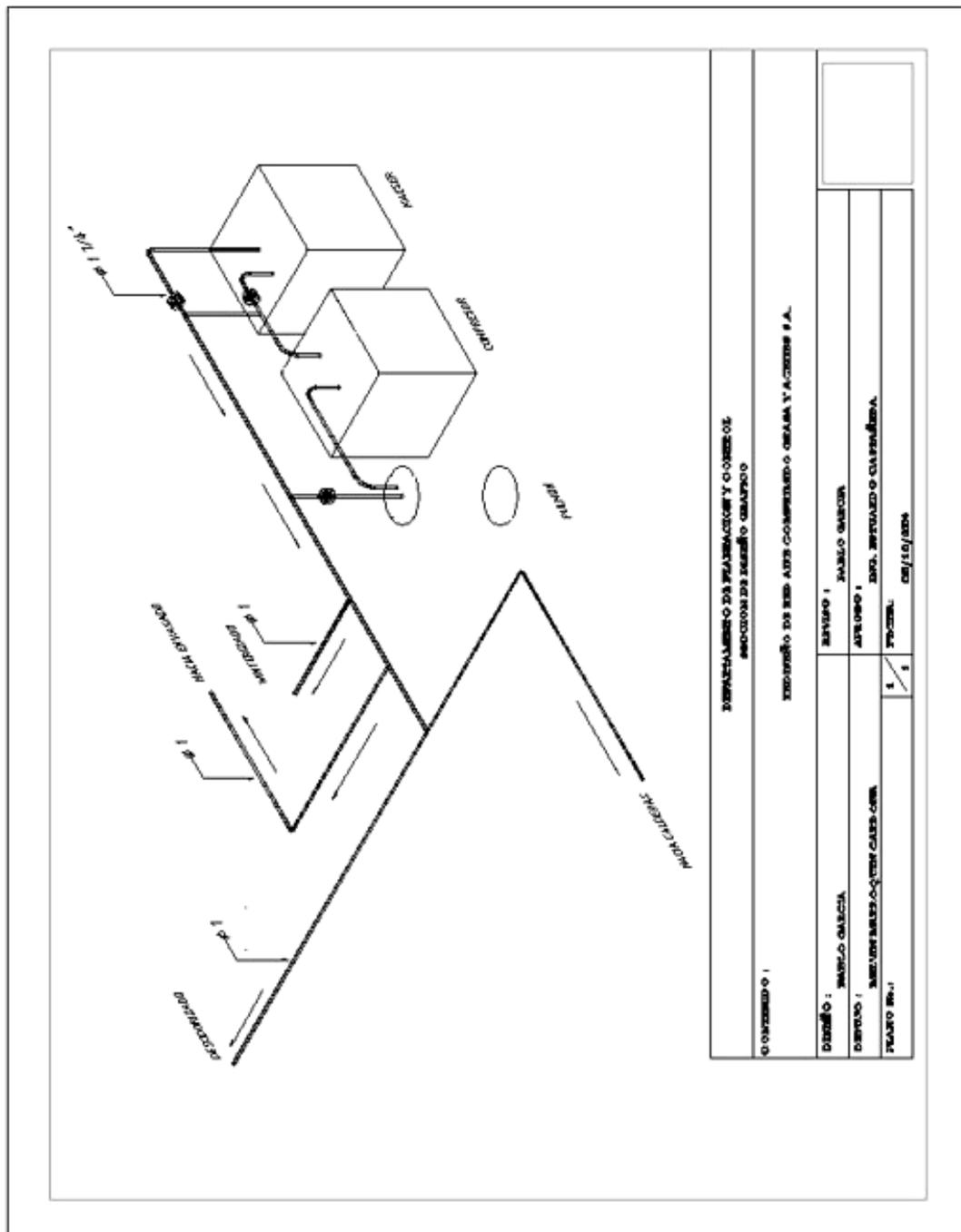
3. Se debe seguir el plan de mantenimiento de las unidades compresoras, para mantener una buena eficiencia en el sistema de aire comprimido.
4. Es conveniente colocar un medidor de caudal en cada compresor, para estar seguros del volumen de aire comprimido con que se cuenta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elonka, Steve. **Operación de plantas industriales**. 2da. edición. México: editorial McGraw Hill, 1988. 683 pp.
2. Grene, Richard W. **Compresores, selección, uso y mantenimiento**. 3ra. edición México: editorial McGraw Hill, 1989. 450 pp.
3. Juárez Pizza, Pedro Antonio. **Diseño de sistemas neumáticos**. Tesis ingeniería mecánica, universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de ingeniería. 1989, 118 pp.
4. **Manual de operaciones e instrucciones de compresores**. Ingersoll – Rand. México, 1990. 125 pp.
5. **Manual de fundamentos de aire comprimido**. Atlas Copco. 160 pp.
6. **Service Manual. Refrigerate Dryer. Model; TC 44. Serial No. 1012. Kaeser**. U.S.A, 2001.

ANEXO

Figura 14. Diagrama de distribución de aire comprimido



Fuente: Campo de estudio