ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Instituto de Tecnologías

Programa de Tecnología en Mecánica

"Implementación de un Sistema de Aire Comprimido para un Taller de Mecánica Automotriz"

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

TECNÓLOGO MECÁNICO

Presentada por:

Carlos Fernando Zhimnaycela Reino

Darío Alfonso Camposano Filian

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

A G R A D E C I M I E N T O

A Dios, que me ha dado la fortaleza para así llegar hasta esta etapa de mi carrera, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en especial al PROTMEC que con su gran equipo humano, conformado por los mejores profesores y trabajadores así como mis compañeros que me brindaron apoyo incondicional.

A mi tía Laurita que es quien hizo posible que yo continúe con mis estudios universitarios.

Carlos Fernando Zhimnaycela Reino

D E D I C A T O R I A

A mi difunta madre **Julia Edelmira Reino**, a mi **Padre Heriberto Herminio Zhimnaycela** quienes han contribuido con mi educación, que es la misma educación que les he demostrado y también han contribuido con mis valores.

A tía **Laurita Zhiminaicela** que tiene un gran corazón, jamás dejó de confiar en mí y me dio todo el apoyo que una persona puede pedir. A mis amistades y familiares.

Carlos Zhimnaycela Reino

A G R A D E C I M I E N T O

A mí padre celestial, por guiarme toda mi vida; por estar siempre en los momentos más complicado.

A toda mi familia, pero de especial manera de mí tía Cely y tío Edwin, quienes me abrieron no solo la puerta de su casa, sino también porque han estado dispuestos a ayudarme.

No puedo olvidarme de mis profesores, mis compañeros y de forma especial Anita Yagual, secretaria de PROTMEC, gracias.

Darío Camposano Filian

D E D I C A T O R I A

Mis padres, Rubén Darío y Tania Yadira, por siempre instruirme de la mejor manera y darme siempre lo que he necesitado, no lo que he querido. A mí hermana, aunque no somos los mejores hermanos, hoy estamos trabajando en eso.

Tía Elena, Rossy, Jessy, Emily, Andrés, mis compañeros de HYH, mis abuelitos, mi familia.

A ellos, muchas gracias.

Darío Camposano Filian

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Oscar Guerrero F.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Cristóbal Villacís M.
SUBDIRECTOR DEL INTEC
PRESIDENTE

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Carlos Zhimnaycela R.

Darío Camposano F.

RESUMEN

En este documento presentamos las consideraciones y actividades desarrolladas para la implementación de un sistema de aire comprimido para el taller de mecánica automotriz de la Escuela de Conducción, realizado en la ESPOL, Campus Gustavo Galindo, entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2011.

Hay que recalcar que el compresor utilizado carece de un manual de servicio y su año de fabricación es de 1930, por lo cual se tuvo que cambiar y adaptar partes al sistema, realizando un mantenimiento correctivo a dicho equipo.

Además, describimos los procesos para determinar el consumo de aire de la instalación, los diámetros de la tubería y las caídas de presión ocasionadas por la longitud de la tubería y los accesorios. Mostramos las ventajas y desventajas de la instalación de tubería en red abierta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE FIGURAS

ÍNDICE TABLAS

INTRODUCCIÓN

La implementación de un sistema de aire comprimido para un taller de mecánica automotriz, lleva consigo interrogantes como el equipo a utilizar, el diseño del tendido de tubería, presiones de trabajo, consumo de aire y el diámetro de tubería, siendo estas las partes más importantes del proyecto ya que para cada problema, Se utilizará un proceso diferente de solución. La rehabilitación de un compresor abandonado, es un reto gracias a que no se tiene información de ningún tipo sobre esta máquina.

En este proyecto se demostrará lo aprendido en las aulas de clases, en distintas materias, lo que nos brinda una gran experiencia para el campo laboral. Se detallará cada una de las actividades realizadas en este proceso, con la valiosa ayuda de libros, páginas de internet, así como también valiéndonos de la vasta experiencia de profesionales que nos brindaron un gran apoyo mostrándonos ventajas y desventajas de las actividades realizadas.

Para llevar a cabo este proyecto se han planteado distintos objetivos que se esperan ser alcanzados. A continuación se detallarán:

- Restaurar el compresor.
- Remplazar el sistema de enfriamiento actual (agua - aceite), porque otro más simple y a la vez económico (aire - aceite).
- Crear un sistema de tuberías con instalaciones técnicas, pensando en seguridad industrial y además con miras a incorporar más tomas de aire.
- Incorporar nuestros conocimientos adquiridos en clases en el proyecto de graduación, así como también tener una experiencia de trabajo real y práctico.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DEL AIRE COMPRIMIDO.

Cuando se trabaja con equipos de segunda mano, la revisión de cualquier equipo o maquina de trabajo, es de vital importancia. Puesto que del uso de la misma, influirá en: el funcionamiento del sistema, que en nuestro caso es neumático. También influye en el costo de reparación, así como también en la seguridad de las personas que trabajaran día a día junto a este equipo.

1.1. Neumática.

La tecnología de la neumática ha ganado una importancia muy grande en el campo de la racionalización del lugar de trabajo. Ciertas características del aire comprimido han hecho este medio, bastante adecuado para usarlo en las, modernas plantas de fabricación y producción. Por lo tanto, es importante que los técnicos e ingenieros tengan un vasto conocimiento en este tema.

1.1.1. Aplicación de la Neumática.

La tecnología de la neumática se refiere al estudio y aplicación del aire comprimido. Esta tecnología se empezó a utilizar durante la Segunda Guerra Mundial, puesto que muchas industrias en todos los países occidentales desarrollados empezaron a cambiar para emplear cada vez más equipo y maquinarias automáticas a falta de mano de obra calificada.

Esta fue la época en la que se inicio el concepto actual de automatización, incitando al hombre a usar aire comprimido en las plantas de producción. En la actualidad las herramientas y accesorios accionados por aire comprimido son una imagen común en cada una de las industrias. Con la introducción de la neumática en el proceso de fabricación, la industria se beneficia con un medio más barato de automatización, el cual, si se utiliza con buen juicio, puede llevar el costo de producción hacia un nivel mucho más bajo. Las siguientes características son las que hacen posible todas las ventajas de la neumática.

- Amplia disponibilidad de aire
- Compresibilidad del aire
- Facilidad para transportar el aire en recipientes a presión, contenedores y tubos largos
- Características del medio de ser a prueba de incendio

- Construcción sencilla de los elementos neumáticos y facilidad de su manejo
- Alto grado de facilidad de control de presión, velocidad y fuerza
- Posibilidad de un fácil, pero razonablemente confiable, control de distancia
- Mantenimiento más fácil
- Características del medio de ser a prueba de explosión

1.1.2. Principios Físicos.

Aire. La Tierra está rodeada por aire hasta una altura de aproximadamente 1600 km, desde la parte superior del suelo. Se sabe que el aire más cercano al suelo es más denso, en tanto que al subir, la densidad del aire empieza a disminuir. Esta capa gaseosa de aire alrededor de la Tierra se conoce como atmósfera. El aire es invisible, incoloro, inodoro y sin sabor. Los principales constituyentes del aire, en volumen, son 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de bióxido de carbono y otros gases, incluyendo cierta cantidad de vapor de agua. El aire es una mezcla de varios elementos químicos, cumple con las leyes de los gases, precisamente como otro gas perfecto o ideal.

1.1.3. Presión Atmosférica.

El aire que rodea la tierra ejerce una presión sobre la misma (Fig. 1.1.) La presión de los gases se debe a la acción y reacción de los átomos intermoleculares de ellos. La medida de la presión atmosférica al nivel del normal del mar es de 760 mm de mercurio (Hg). Esto también equivale a:

760 mm de Hg = 76 cm de Hg= 1.013 bar

= 10,33 m de columna de agua

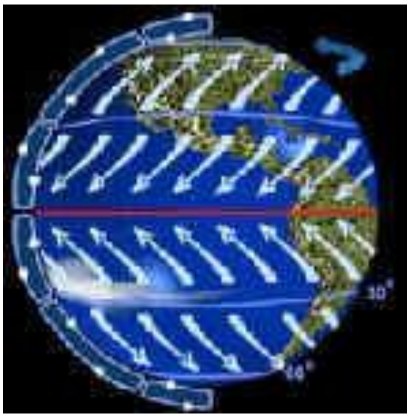


Fig. 1.1. El AIRE ATMOSFÉRICO EJERCE PRESIÓN SOBRE LA TIERRA.

La presión atmosférica, se mide por medio de un barómetro de tubo en U, en tanto que para medir la presión en una máquina-herramienta o un recipiente de aire, se usa un manómetro de tubo Bourdon. En épocas más recientes, han surgido las herramientas y manómetros digitales para medir la presión. En realidad, la presión indicada en el manómetro es una sobre la presión atmosférica. La cual también se denomina presión barométrica y se suma a la presión manométrica para obtener la presión absoluta. Para la mayor parte de los cálculos de ingeniería relacionados con la presión tiene que usarse el valor absoluto de la presión y por consiguiente, es esencial que los lectores comprendan la diferencia entre presión absoluta y manométrica como se ilustra en la figura 1.2.

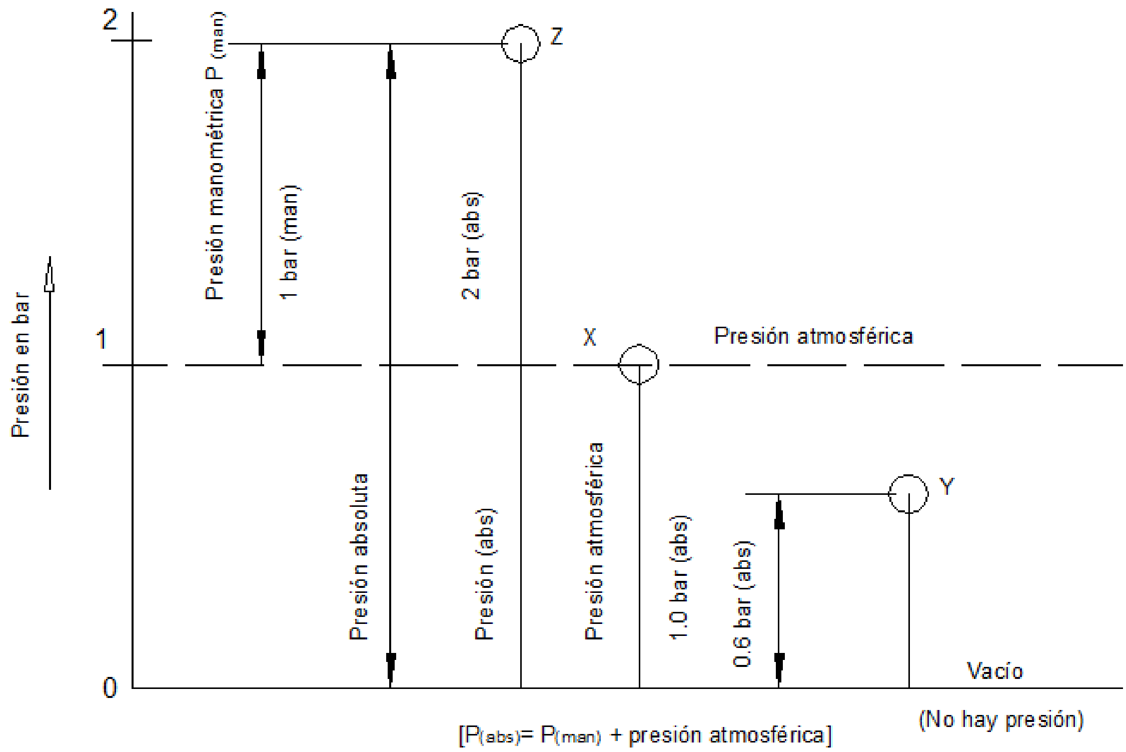


Fig. 1.2. CONCEPTO DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y PRESIONES ABSOLUTAS.

(Nota: La presión atmosférica no es exactamente de 1 bar. Es de 1.013 bar al nivel del mar.)

Puede calcularse la presión atmosférica a partir del principio fundamental del barómetro, el cual sigue la ley de que su lectura corresponde a la presión debida a la altura del mercurio (Hg) en el tubo y su peso:

Presión atmosférica= $\rho\, gh$

en donde: ρ **=** densidad del Hg, 13600 kg/m^3 (13.6 g/cm^3)

g = 9.81 m/s^2 = aceleración debida a la gravedad

h = altura de la columna de mercurio (m) = 0,76 m al nivel del mar

Mediante el cálculo, de acuerdo con la fórmula anterior, la presión atmosférica es igual a 101396 Pa (1.014 bar). Pero para facilitar los cálculos, suele tomarse como igual a 1.0 bar.

En la figura 1.2., la presión atmosférica se toma (lo que se indica en la línea punteada) como 1.0 bar. La presión hacia arriba de la esta recta es la indicada por el manómetro. Por consiguiente, la presión en el punto Z es 1 bar . Para hallar la presión absoluta en este punto, el cálculo se realiza del modo siguiente:

Presión absoluta= presión manométrica + presión atmosférica

$$P_{(abs)} = P_{(man)} + 1bar$$
$$P_{Z(abs)} = 1bar_{(man)} + 1bar = 2bar_{(abs)}$$

De manera análoga, en el punto X la presión es 1 bar (abs); es decir, 0 bar (man). En el punto Y, la presión está por debajo de la atmosférica; es decir, no hay presión. La presión en Y se expresa como 0,6 bar (abs); es decir arriba de 0. A veces se usa el termino presión negativa, lo cual significa que la presión en Y es (0.6-1.0)= – 0.4. se puede observar el signo negativo.

Por lo tanto: $P_{(abs)} = P_{(man)} +$ presión atmosférica,

$P_{(man)} = P_{(abs)} -$ presión atmosférica.

1.2. Compresores.

Aunque no se encuentre directamente conectado al sistema neumático, el compresor de aire desempeña un papel vital en el rendimiento global del sistema. En la industria se usan diversos tipos de compresores de aire; pero los de desplazamiento positivo son los más populares. Los compresores de desplazamiento positivo se clasifican como: del tipo rotatorio, por ejemplo, compresores de tipo espirales, de lóbulos, de paletas y reciprocantes (como el compresor de aire de pistón). En ciertas aplicaciones es esencial que el aire comprimido no contenga aceite; esto se logra por medio del compresor de aire reciprocante del tipo de diafragma. El tanque de compresión es un equipo importante en la familia del compresor. Con el fin de contar con una alimentación ininterrumpida de aire comprimido, se debe seleccionar un tanque de tamaño óptimo. También debe darse importancia a la concentración de la humedad, al seleccionar e instalar una planta de compresores.

Los compresores de aire se dividen en dos categorías principales, alternativos y rotativos. (Fig. 1.3.)

Fig. 1.3. TIPOS PRINCIPALES DE COMPRESORES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS NEUMÁTICOS.

1.2.1 Compresores Alternativos

Compresor de embolo de una etapa, el aire aspirado a presión atmosférica, se comprime a la presión deseada con una sola compresión.

El movimiento hacia abajo del embolo aumenta el volumen para crear una presión más baja que la de la atmosfera, lo que hace entrar el aire en el cilindro por la válvula de admisión. Al final de la carrera, el émbolo se mueve hacia arriba, la válvula de admisión se cierra cuando el aire se comprime, obligando a la válvula de escape a abrirse para descargar el aire dentro del depósito.

Este tipo de compresor, alternativo, se utiliza generalmente en sistemas que requieran aire en la gama de 3-7 bares. (Fig. 1.4)

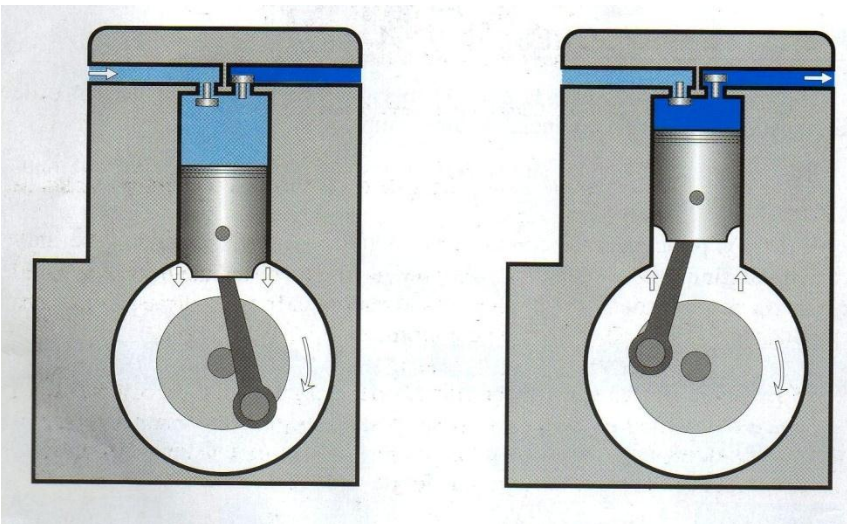


Fig. 1.4. COMPRESOR DE EMBOLO DE UNA ETAPA.

Compresor de embolo de dos etapas, en un compresor de una sola etapa, cuando se comprime el aire por encima de los 6 bares, el calor excesivo que se crea, reduce en gran medida su eficacia. Debido a esto, los compresores de émbolos utilizados en los sistemas industriales de aire comprimido son generalmente de dos etapas.

El aire recogido de la atmosfera se comprime en dos etapas, hasta la presión final.

Si la presión final es de 7 bares, la primera etapa comprime el aire hasta aproximadamente 3 bares, tras lo cual se enfría. Se alimenta entonces el cilindro de la segunda etapa que comprime al aire hasta los 7 bares.

El aire comprimido entra en el cilindro de la segunda etapa a una temperatura muy reducida, tras pasar por el enfriador intermedio, mejorando el rendimiento en comparación con una unidad de una sola compresión. La temperatura final puede estar alrededor de los 120 °C. (Fig. 1.5.)

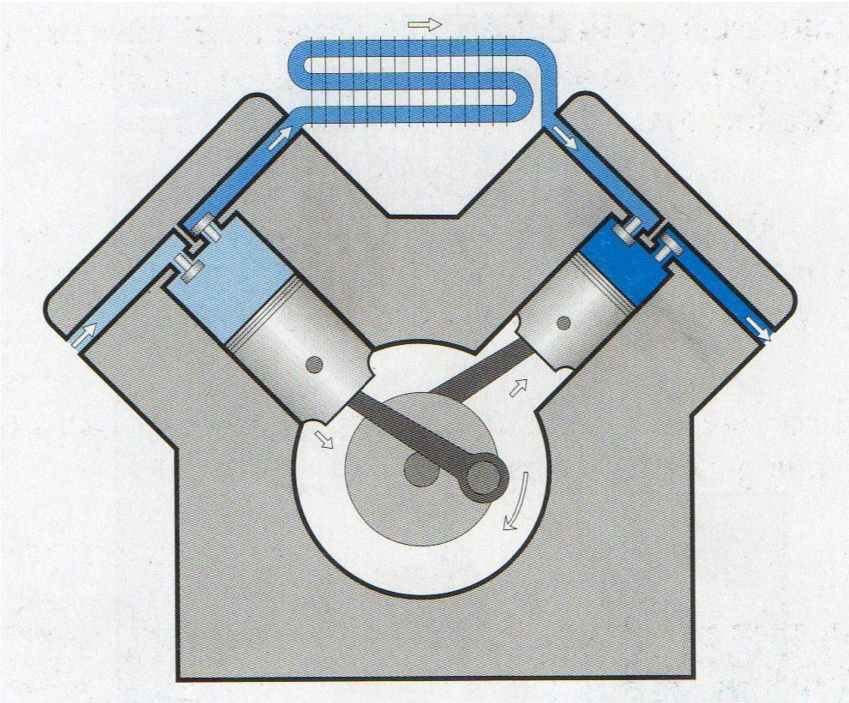


Fig. 1.5. COMPRESOR DE EMBOLO DE DOS ETAPAS.

Compresor de diafragma, suministran aire comprimido seco hasta aproximadamente 5 bares y totalmente libres de aceite. Por lo tanto, se utilizan ampliamente en la industria alimenticia, farmacéutica, y similares.

El diafragma proporciona un cambio en el volumen de la cámara, lo que permite la entrada del aire en la carrera hacia abajo y la compresión y el escape en la carrera hacia arriba. (Fig. 1.6.)

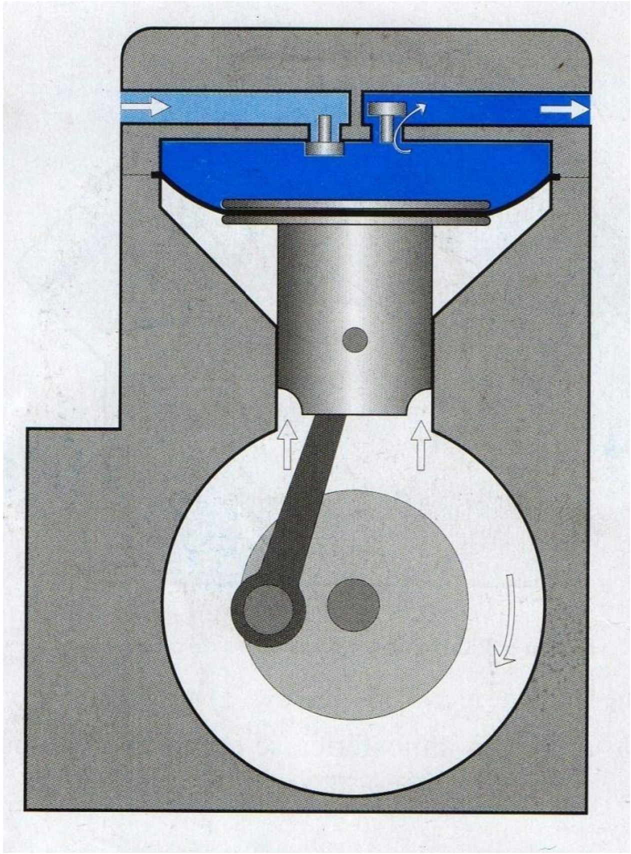


Fig. 1.6. COMPRESOR DE DIAFRAGMA.

1.2.2 Compresores Rotativos

Compresor rotativo de paletas deslizantes, tiene un rotor montado excéntricamente con una serie de paletas que se deslizan dentro de ranuras radiales. Al girar el rotor, la fuerza centrifuga mantiene las paletas en contacto con la pared del estator y el espacio entre las paletas adyacentes disminuye desde la entrada de aire hasta la salida, comprimiendo así el aire. La lubricación y la estanqueidad se obtienen inyectando aceite en la corriente de aire cerca de la entrada.

El aceite actúa también como refrigerante para eliminar parte del calor generado compresión, para limitar la temperatura alrededor de 290 °C. (Fig. 1.7.)

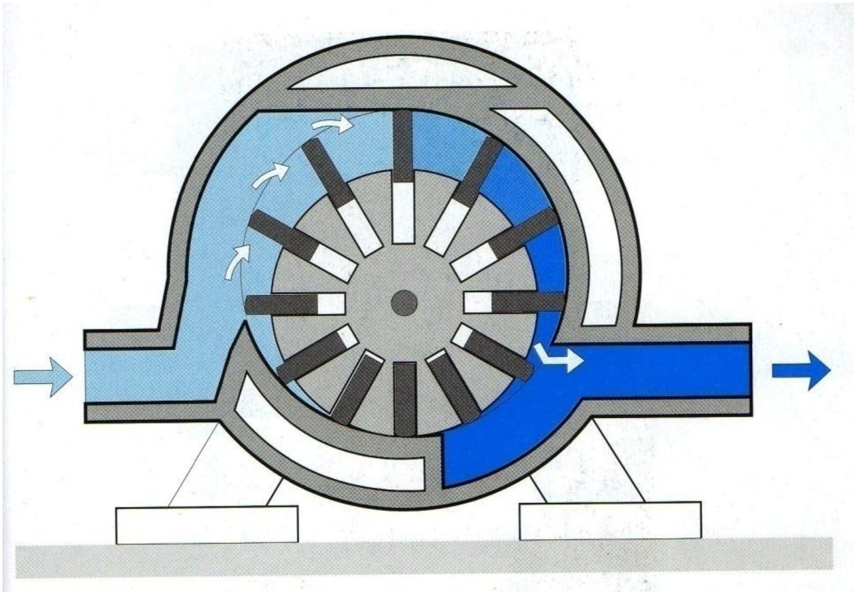


Fig. 1.7. COMPRESOR DE PALETAS DESLIZANTES.

Turbo compresor radial, este compresor funciona de una forma, muy semejante a una turbina solo que aquí lo alabes en lugar de producir trabajo, lo consumen. El recorrido del gas se realiza entre etapa y etapa, siguiendo un camino radial, de ahí su nombre.

El gas proyectado contra la carcasa transforma su energía cinética en energía de presión. Tomado de la atmosfera el aire va recorriendo todas las etapas de compresión.

Puede advertirse que a medida que se van superando etapas, la presión acumulada aumenta con la consiguiente disminución de volumen por unidad de masa.

Dependiendo del tipo de construcción, pueden conseguirse resultados muy aceptables desde el punto de vista de energía consumida.

En general, este tipo de compresores permite manejar grandes caudales a grandes presiones 220 000 m^3/h y 300 bares, como máximo. (Fig. 1.8.)

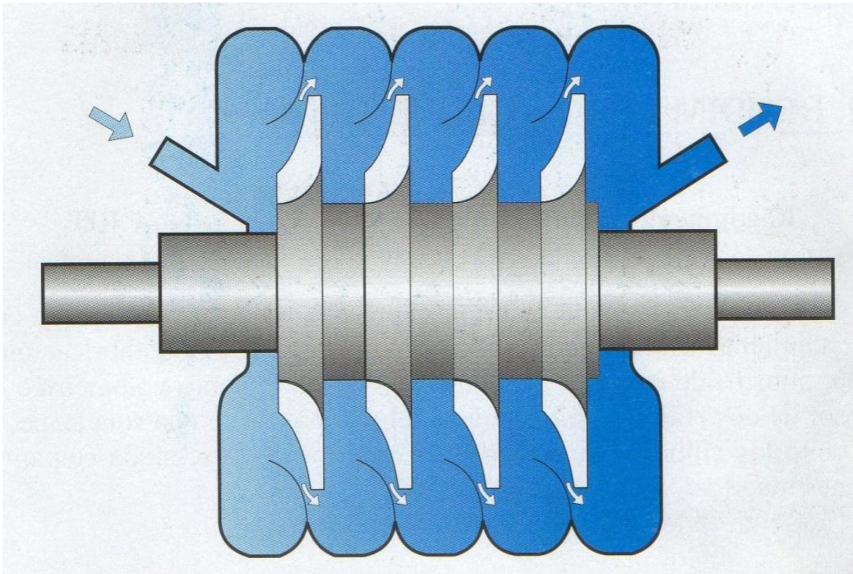


Fig. 1.8. TURBOCOMPRESOR RADIAL.

Compresor de tornillo, dos rotores helicoidales engranan girando en sentidos contrarios. El espacio libre entre ellos disminuye axialmente en volumen, lo que comprime el aire atrapado entre dos rotores. El aceite lubrifica y cierra herméticamente los tornillos rotativos. Los separadores de aceite, eliminan al mismo en el aire de salida.

Con estas maquinas se pueden obtener caudales unitarios continuos y elevados, de más de 400 m^3/min, a presiones superiores de 10 bares. Este tipo de compresor a diferencia del compresor de paletas ofrece un suministro continuo libre de altibajos.

El tipo industrial del compresor de aire más común, sigue siendo la maquina alternativa, aunque los tipos de tornillo se están usando cada vez mas. (Fig. 1.9.)

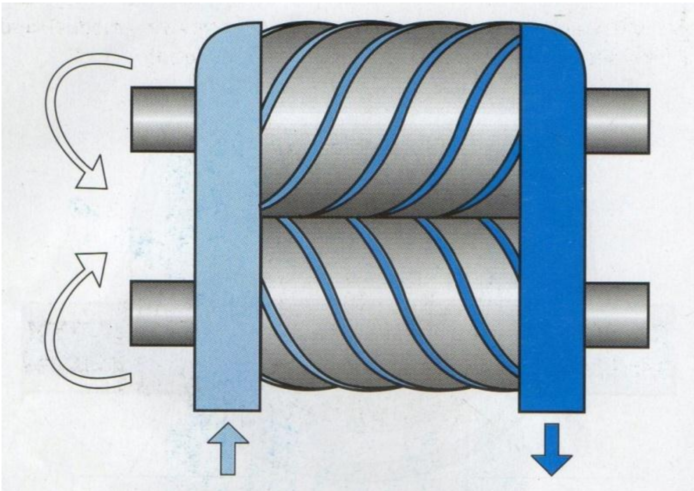


Fig. 1.9. COMPRESOR DE TORNILLO.

1.3 Identificación del Compresor.

Tomando en cuenta nuestros conocimientos, fue muy fácil determinar que el compresor que tenemos para nuestro trabajo es un COMPRESOR DE TORNILLOS DE LA MARCA TWISTAIR, (no existen datos técnicos del compresor), por lo cual por medios de cálculos se obtuvieron los siguientes resultados:

$$Pot = \eta_{comp}\, Pot_{motor} \quad (1)$$

Siendo;

$$\eta_{comp} = \eta_{volum} \cdot \eta_{mecánico} \cdot \eta_{motor} \cdot \eta_{transmisión}$$

$$\eta_{volum} \approx 0.88\ (rendimiento\ volumétrico)$$

$$\eta_{mecánico} \approx 0.85\ (rendimiento\ mecánico)$$

$$\eta_{motor} \approx 0.95\ (rendimiento\ del\ motor)$$

$$\eta_{transmisión} \approx 0.90\ (rendimiento\ transmisión\ por\ correas)$$

Entonces;

$$Pot = 0.88 \times 0.85 \times 0.95 \times 0.90 \times 18650$$

$$Pot = 11927.42\ W\ (15.99\ HP)$$

Caudal máximo que puede entregar el compresor a la máxima presión de trabajo:

$$Q = \frac{Pot}{P} \quad (2)$$

$$Q = \frac{11927.42\ W}{1100000\ Pa}$$

$$Q = 0.01084 \frac{m^3}{\cancel{s}} \times \frac{3600\ \cancel{s}}{1\ h} = 39.03 \frac{m^3}{h}\ (22.96\ CFM)$$

Entonces el caudal aproximado es de 39.03 m³/h.

Ahora mencionaremos sus partes y las funciones que cumplen:

1.3.1 Filtro de Aire.

La atmosfera de una ciudad típica puede contener hasta 40 partes por millón/m^3 de partículas sólidas, es decir polvo, suciedad, polen, etc. Si se comprime este aire a 7 bares, la concentración seria de 320 partes por millón (320 ppm). Una condición importante para la fiabilidad y duración del compresor, debe ser la instalación de un filtro eficaz y adecuado para impedir el desgaste excesivo en los tornillos y la durabilidad del aceite, que es provocado principalmente por el efecto abrasivo de las impurezas.

El filtro no debe ser demasiado fino, puesto que el rendimiento del compresor disminuye debido a la elevada resistencia al paso del aire y así las partículas de aire muy pequeñas (2 a 5 micras) no se pueden eliminar.

La entrada del aire debe estar situada de forma que, en la medida de lo posible se aspire aire seco y limpio, con conductos de entrada de diámetro lo suficientemente grande para evitar la caída de presión excesiva. Los filtros están construidos de papel plegado, espuma, fibra de vidrio y algodón. (Fig. 1.9.) Para este trabajo se utilizo un filtro Baldwin PA-1681-FM

Fig. 1.9. FILTRO DE ENTRADA DE AIRE.

1.3.2 Tornillos.

Están compuestos por un tornillo de contorno convexo y otro con contorno cóncavo conocidos normalmente como tornillos macho y hembra. El movimiento del tornillo lo da en este caso un motor eléctrico. Los tornillos cumplen 3 ciclos (fig. 1.10.) que son: a) admisión, b) compresión y c) entrega. El aceite suele mezclarse con el aire a medida que este se comprime, para absorber el calor de compresión. Esta mezcla suministra la temperatura interna de operación más baja posible. El aceite que actúa para sellar el aire a alta presión, lubrica también el interior del sistema. (Fig. 1.10.)

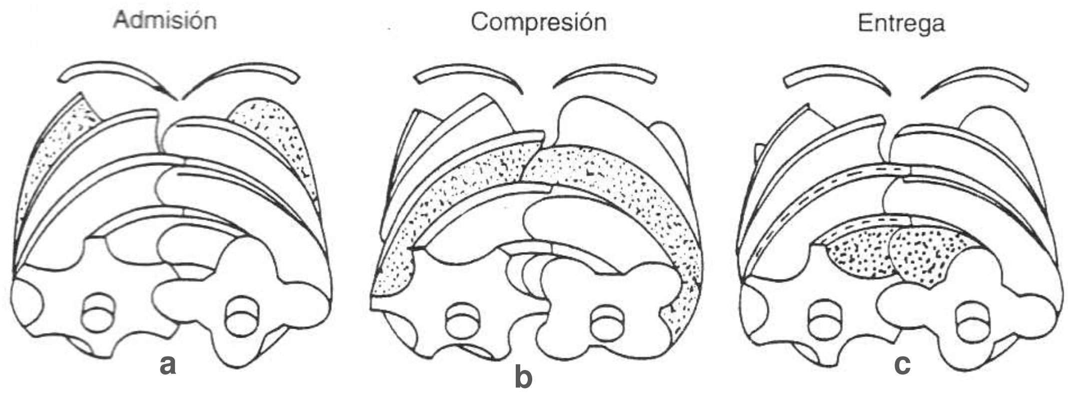


Fig. 1.10. TORNILLOS.

1.3.3 Motor Eléctrico.

Es una máquina que transforma la energía eléctrica, en energía mecánica, por medio de interacciones electromagnéticas. Este motor transmite el movimiento a los tornillos permitiendo que estos cumplan su función, comprimir el aire. (Fig. 1.11.)

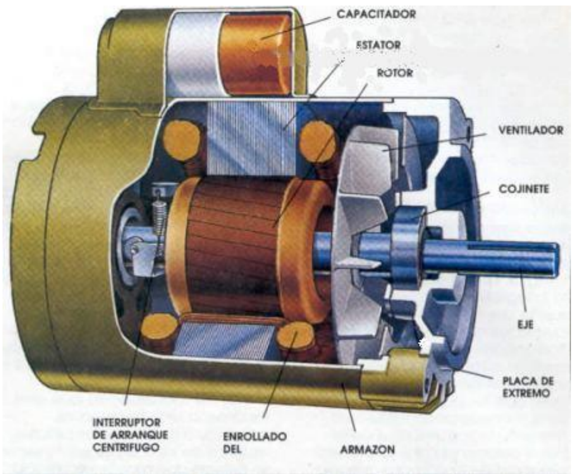


Fig. 1.11. MOTOR ELÉCTRICO.

ESPECIFICACIONES DE MOTOR ELÉCTRICO			
PART	6-312792-06	*AMB*	40°C
HP	25	*SF*	1,15
RPM	1750	*BRG DRIVE END*	311
TIME	CONT	*CODE*	F
INSUL	B	*FR*	284T
NEMA DESIGN	B	*HERTZ*	60
SERIE CODE	T7	*TYPE*	SC
FORM	MCA	*PH*	3
AMPS	63/31,5	*VOLTS*	230/460

Tabla. 1.1. ESPECIFICACIONES DE MOTOR ELÉCTRICO.

1.3.4 Separador de Aceite.

En los compresores; la calidad del aire es el punto crítico. En ese sentido, el pasaje de aceite a la línea de aire comprimido es altamente perjudicial. Para mejorar la calidad de aire en la línea, reducir los costos de operación y mantenimiento, y obtener un óptimo funcionamiento del compresor, es indispensable usar un elemento separador de aceite de alta eficiencia.

La función del elemento separador es, retener el aceite en el sistema, para utilizarlo nuevamente en la unidad compresora. Diseñada específicamente para compresores a tornillo está compuesta por una cámara en la que se encuentra un filtro, el mismo que impide que partículas de aceite pasen al sistema y se mantengan en el fondo de la cámara, esto permite reducir el contenido de aceite en el aire. (Fig. 1.12.)

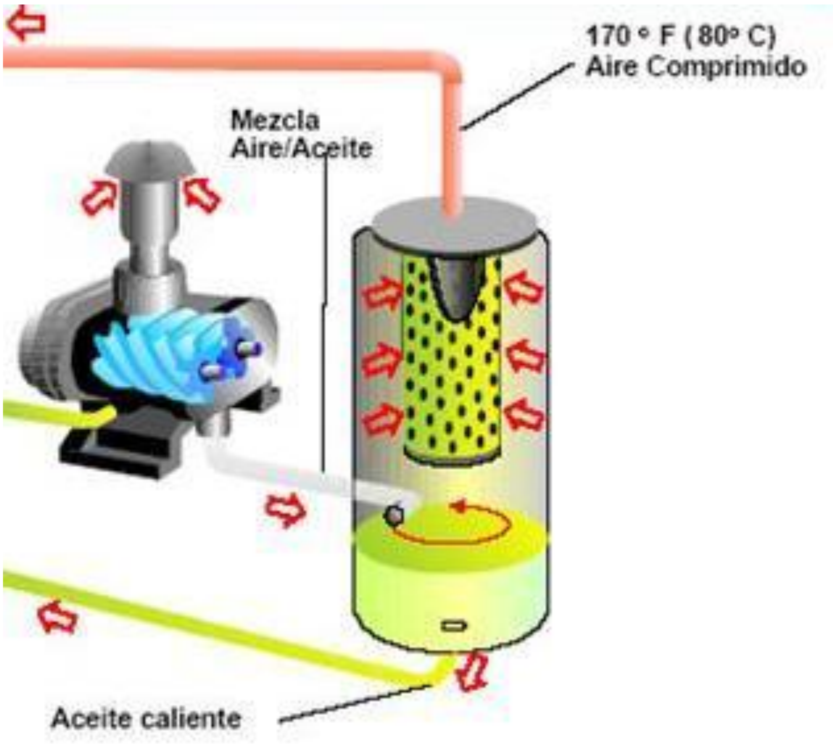


Fig. 1.12. SEPARADOR DE ACEITE.

1.3.5 Filtro de Aceite.

Un filtro de aceite se define como un sistema separador de partículas contaminantes de los lubricantes; gracias a su acción, los sistemas de lubricación se mantienen limpios, lo que evita el desgaste interno de los compresores debido a rayaduras o a obstrucción de los conductos de lubricación. (Fig. 1.13.) Para este trabajo se utilizó un filtro Baldwin BT-839.

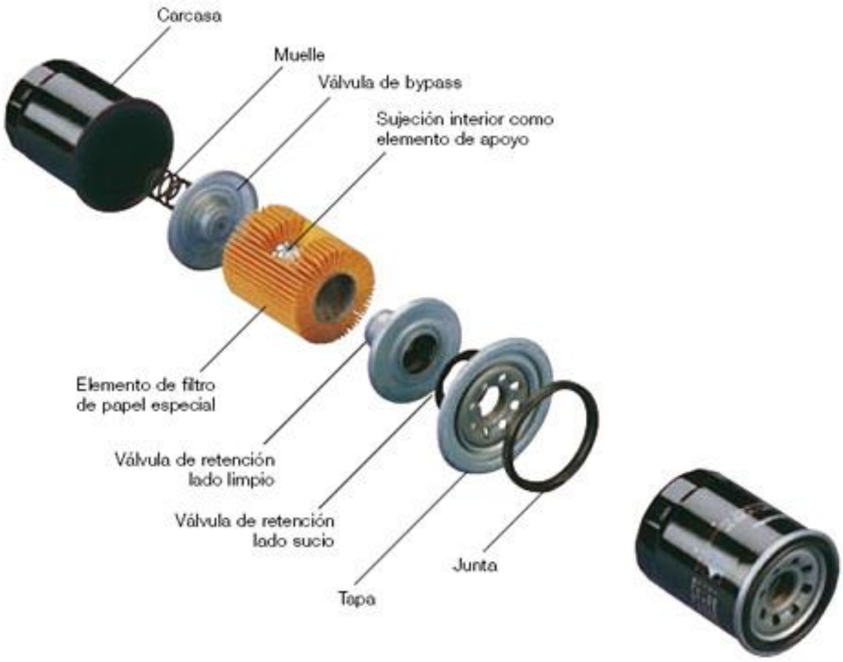


Fig. 1.13. FILTRO DE ACEITE.

1.3.6 Intercambiador de Calor.

El aceite se calienta durante el funcionamiento del compresor. Es fundamental mantener el aceite a la temperatura adecuada, ya que:

Mantiene la viscosidad correcta del aceite, lo que da como resultado una buena lubricación y un óptimo rendimiento del sistema.

Retrasa la degradación del aceite y, por lo tanto, aumenta la vida útil del mismo.

Reduce el desgaste de otros componentes hidráulicos, lo que minimiza el mantenimiento.

En este compresor el intercambiador de calor, es del tipo aire aceite, en el cual el aire es forzado a pasar entre las tuberías que llevan por dentro el aceite a alta temperatura, logrando así, disminuir dicha temperatura. (Fig. 1.14.)

Fig. 1.14. INTERCAMBIADOR DE CALOR.

1.3.7 Deposito de Aire Comprimido.

Un depósito de aire es un acumulador a presión construido en chapa de acero soldada, montado horizontal o verticalmente, directamente después del separador de aceite para recibir el aire comprimido amortiguando así las oscilaciones en el caudal de aire, a medida que se consume.

Sus funciones principales son las de almacenar una cantidad suficiente de aire para satisfacer las demandas que superen la capacidad del compresor y minimizar la carga y descarga frecuentes del compresor; sin embargo, suministra también un enfriamiento adicional para precipitar el aceite y la humedad que llegan del separador, antes de que el aire se distribuya posteriormente. A este respecto, colocar el depósito de aire en un lugar fresco representa una ventaja.

CARACTERISTICAS DE TANQUE RESERVORIO	
CAPACIDAD	936 LITROS (Aprox.)
POSICIÓN	HORIZONTAL
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	VÁLVULA DE SEGURIDAD (10 bar)
ACCESORIOS	VÁLVULA ESFERICA (PURGA) PRESOSTATO MANÓMETRO
N ° DE SALIDAS	3

Tabla. 1.2. CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE RESERVORIO.

El depósito debe estar provisto de válvula de seguridad, manómetro, purga y tapas de inspección para la comprobación o limpieza interior. (Fig. 1.15.)

Fig. 1.15. DEPOSITO DE AIRE COMPRIMIDO.

CAPÍTULO 2

2. MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR.

El compresor TWISTAIR ha estado abandonado por más de diez años, así que en este capítulo, se indicará el estado del compresor y el mantenimiento que se llevo a cabo para su operatividad en el taller de la Escuela de Conducción de la ESPOL.

2.1 Estado del compresor.

Luego de la limpieza del compresor, observamos a simple vista, que este, tenía una fuga de aceite en la tubería, junto al filtro de aceite, y partes fuera de servicio (dañadas), como: una termocupla utilizada en la medición de la temperatura del aceite de lubricación del compresor, una electroválvula, el visor de nivel de aceite, presostato y el intercambiador de calor, entre los principales.

Fuga de aceite: después de la valoración de este problema, llegamos a la conclusión de que esta fuga se presentó, por el mal estado de la tubería de cobre.

Termocupla: la termocupla perdió los cables que se conectan con el indicador de temperatura, lo que hacía imposible visualizar la temperatura que alcanza el aceite del compresor, y se convertía en un riesgo ya que ese indicador de temperatura, manda una señal de parada al sistema, en caso de exceder la temperatura con la que trabaja. Por tanto se precisa de cambiar este elemento así como el termostato.

Electroválvula: es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina. Esta parte del compresor, había perdido sus componentes, por lo que el remplazo de la misma era la solución.

Visor de nivel de aceite: el vidrio del visor de aceite tenia fisuras las cuales en cualquier momento podría romperse y producir derrame del aceite del compresor por lo que también se procede a su cambio.

Aceite: el aceite estaba degradado y algo más importante es que este aceite, no es del tipo sintético, que es el ideal para un compresor de tornillos. Así entonces se sustituyó este aceite por una nuevo de las características apropiadas, 28 litros de aceite. Características técnicas del aceite utilizado:

CARACTERISTICAS	4000HR WARRANTY OIL	
	TEST	RESULTADO
COLOR	visual	azul
ISO GRADO DE VISCOSIDAD		46
VISCOSIDAD C ST 40 °C	ASTM D445	46
VISCOSIDAD C ST 100 °C	ASTM D445	6,8
VISCOSIDAD INDEX	ASTM D2770	95
PUNTO DE FLUJO °C	ASTM D97	-18
PUNTO DE FLUJO °C	ASTM D92	228

Tabla. 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE

Filtro de aceite: el filtro de aceite, será cambiado por el tiempo que ha pasado sin uso (por obsolescencia).

Filtro de aire: al igual que el filtro de aceite, por obsolescencia será cambiado.

Válvula de seguridad: esta válvula fue cambiada por obsolescencia.

Presostato: el presostato fue cambiado por haber presentado una fuga que no permitía el apagado automático del compresor..

Intercambiador de calor: al revisar el intercambiador nos encontramos con que, era un intercambiador adaptado al sistema, del tipo agua-aceite. Esta adaptación nos dejaba dos opciones,

a). Utilizar una torre de enfriamiento, ó

b). Regresar al sistema original en el que el intercambiador de calor era, del tipo aire-aceite y fue el más viable.

Acople del intercambiador de calor.

Para acoplar el sistema de enfriamiento de aceite, optamos por utilizar dos tipos de tuberías, por las cuales pasa el aceite, desde el tanque separador de aceite hasta el radiador (Fig. 2.1.), y desde el radiador hasta los tornillos pasando por el filtro (Fig. 2.2.), respectivamente.

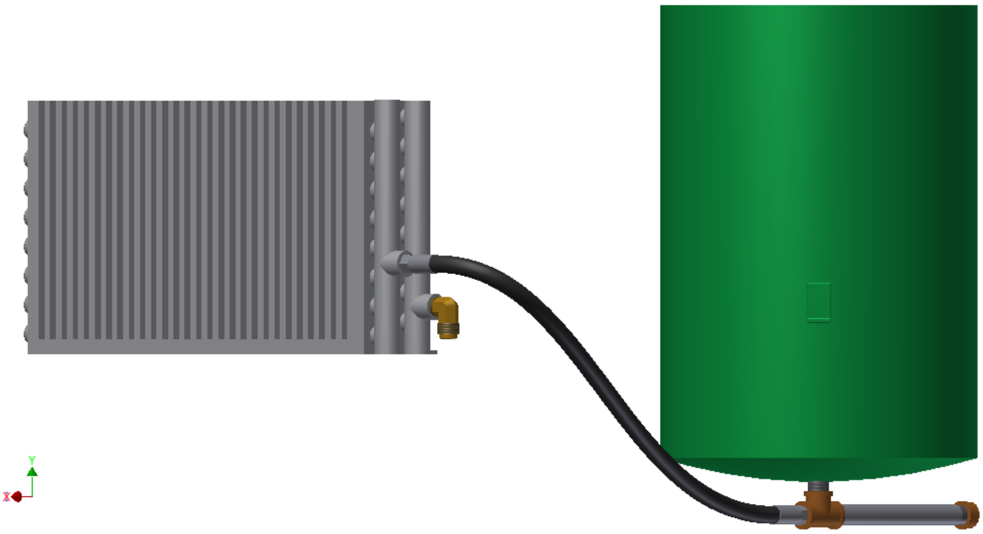


Fig. 2.1. TUBERÍA SEPARADOR-INTERCAMBIADOR.

En la figura 2.1., se colocó manguera hidráulica fabricada bajo la norma DIN 20022-1SN, tubo interior de caucho sintético resistente al aceite, recubierto de una malla entrelazada y tubo exterior de caucho resistente a la abrasión, de 5/8” de diámetro y 1.2 m de longitud que trabaja con una presión máxima de 130 bar. Se utilizo este tipo de manguera, por la facilidad de conexión ya que es flexible y se evita el uso de accesorios que pueden generar fugas de aceite. La instalación de esta manguera no presento ningún tipo de problema.

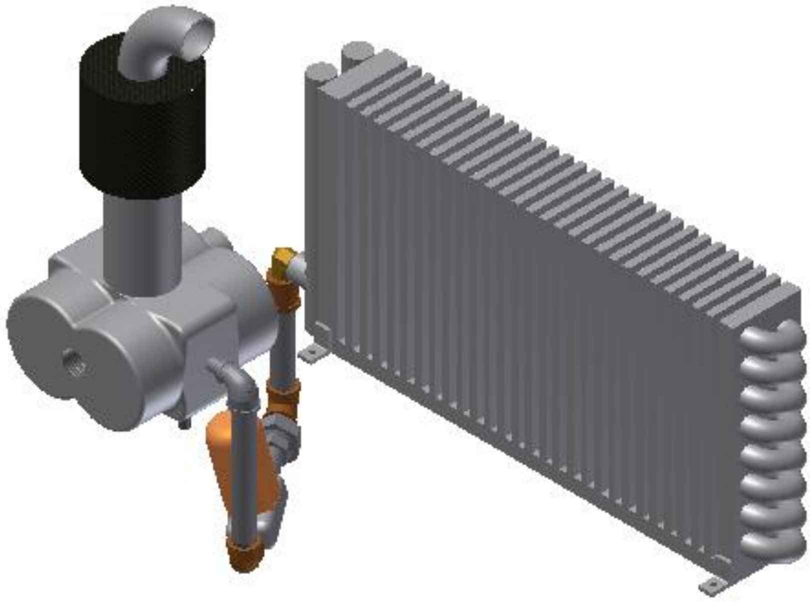


Fig. 2.2. TUBERÍA INTERCAMBIADOR-TORNILLOS.

En la figura 2.2., se colocó tubo galvanizado de 3/4”, se decidió colocar esta tubería rígida para evitar las vibraciones del filtro de aceite. El principal inconveniente que presento esta instalación fue, al momento de colocar la unión universal ya que la rigidez del tubo no permitía realizar mayores movimientos.

2.2 Mantenimiento.

El mantenimiento es el control constante de las instalaciones y/o componentes, así como del conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema.

Objetivos.

- Mantener las instalaciones en buen estado de funcionamiento.
- Mantener el tiempo de vida útil de los elementos.
- Mejorar las condiciones de trabajo y la seguridad del personal.
- Mantener el rendimiento de las instalaciones.
- Disminuir el tiempo de las reparaciones.
- Eliminar al máximo los paros de producción.

Tipos de Mantenimiento:

Mantenimiento Correctivo.- Busca la mejora de un equipo, por medio de estudios sistemáticos, que consideran:

- Estado del material.
- Condiciones de funcionamiento.
- Evolución de los costos de explotación y mantenimiento.
- Rendimiento cualitativo y cuantitativo.

Mantenimiento Preventivo.- Evita la indisponibilidad accidental del material por medio de intervenciones preventivas, este mantenimiento debe evitar fallos, antes de que estos ocurran, aquí se incluye el cambio de piezas desgastadas, de aceites, etc.

Mantenimiento Curativo o de Rotura.- Este mantenimiento se ocupa netamente de la reparación pero eliminado las causas que han producido las fallas.

Políticas convenientes:

- En los materiales en los que el costo de avería no sea mayor al de los costos de renovación preventiva.
- Para los componentes de rotura por fatiga, cuya probabilidad de avería es constante a lo largo de su vida.
- Para equipos antiguos de poca utilización cuya indisponibilidad no afecta al sistema productivo.

De acuerdo con los conocimientos anteriormente citados y con el estado del compresor, el mantenimiento que realizaremos con el compresor será, el **mantenimiento curativo.**

2.3 Cambio de partes.

A continuación se presenta la lista de las partes que se tuvieron que adquirir para el mantenimiento curativo.

LISTA DE REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS					
Cantidad	DESCRIPCIÓN	Precio Unitario (Dolares Americanos)		Valor de Venta (Dolares Americanos)	
1	Manguera para presión CON ACCESORIOS	$	39,44	$	39,44
1	Tubo galvanizado 3/4 y accesorios	$	20,00	$	20,00
1	Termostato Tipo J	$	70,36	$	70,36
1	Termocupla tipo J 10 cm rosca 1/8 NPT	$	42,33	$	42,33
1	Electroválvula	$	61,53	$	61,53
1	Presostato 10 bar	$	33,48	$	33,48
1	Visor de nivel de aceite	$	81,15	$	81,15
1	Aspa para ventilador	$	19,85	$	19,85
1	Filtro de Aire PA-1681-FN	$	18,29	$	18,29
1	Filtro de Aceite BT-839	$	5,91	$	5,91
1	Válvula de seguridad 1/2 NPT 140 PSI	$	17,92	$	17,92
8	Aceite Sintético (para compresor de tornillos) (galones)	$	91,24	$	729,92
3	Unidades de Mantenimiento de 1/2"	$	90,00	$	270,00
N/A	Tubos galvanizados para tendido	$	580,00	$	580,00
N/A	Accesorios para tubos	$	120,00	$	120,00
N/A	Estructura de protección para compresor	$	95,00	$	95,00
N/A	Gastos varios (teflón, soldadura, pernos, tuercas, anillos, pintura, etc)	$	220,00	$	220,00
	TOTAL DÓLARES AMERICANOS, INCLUYE IVA			$	**2.425,18**

Tabla. 2.1. LISTA DE REPUESTOS.

Puesto que el mantenimiento que realizamos es el mantenimiento Curativo, el trabajo consistió en remplazar de la mayoría de las partes, respetando el diseño inicial del compresor.

CAPÍTULO 3

3. SEGURIDAD INDUSTRIAL.

La seguridad industrial es, el conjunto de medidas técnicas, educacionales, médicas y psicológicas empleados para prevenir accidentes, tendientes a eliminar las condiciones inseguras del ambiente y a instruir o convencer a las personas acerca de la necesidad de implementación de prácticas preventivas.

3.1 Riesgos del aire comprimido.

La peligrosidad del aire comprimido, viene determinada por los siguientes aspectos:

- El aire comprimido al escaparse, puede penetrar a través de los orificios del cuerpo humano, boca, nariz, etc., causando graves lesiones.
- El aire comprimido a alta presión puede penetrar a través de la piel.
- La presencia de partículas o gotas de aceite en suspensión en el aire comprimido puede afectar gravemente a los ojos.
- Los depósitos y carbonillas que se pueden producir durante su obtención, debido a la presencia de aceites lubricantes, puede entrar espontáneamente en ignición y ser causa de explosión.
- Los acumuladores, enfriadores, etc., pueden explotar violentamente, aun a relativamente bajas presiones, una vez

que han perdido o disminuido la resistencia del material constituyente, por ejemplo por corrosión.

- Bloqueo, total o parcial, del aire que sale del compresor.
- Fallo de los controles automáticos, combinados con bajo consumo de aire.
- Mal funcionamiento del compresor, sobre velocidad.
- Proximidad de fuego exterior con el consiguiente sobrecalentamiento y sobrepresiones.
- Un elemento a tener muy en cuenta es la banda de trasmisión entre el compresor y el motor de accionamiento, que puede ser causa de graves lesiones por atrapamiento.

Todo ello hace necesario dotar a dichas instalaciones de los elementos de seguridad necesarios, así como la toma de medidas precisas que garanticen su seguridad.

3.2 Elementos de seguridad.

Con objeto de prevenir los riesgos anteriormente indicados, se deberá dotar al sistema de los siguiente elementos.

Válvulas de seguridad: irán dotados de una o varias válvulas de seguridad cuyo tamaño y capacidad de descarga vendrá determinado por el caudal de aire máximo que es capaz de suministrar el compresor.

Manómetros: Serán de lectura fácil, bien visible y nos permiten censar la presión en el sistema.

Protección térmica: en compresores rotativos refrigerados por aceite, debe colocarse un termostato de parada que detenga el motor de accionamiento cuando la temperatura del aire exceda de un cierto límite.

Protección del elemento enfriador: Si la refrigeración se efectúa por agua, se dispondrá un termostato a la salida del agua del refrigerados cuya actuación, si el agua alcanza la temperatura máxima recomendada por el fabricante, será puesta fuera de servicio del compresor.

Protección contra explosión: el sobrecalentamiento y/o ignición de depósitos carbonosos puede dar lugar a riesgos de explosión, por lo que se dispondrá, en compresores de tamaño mediano y grande, un tapón fusible, con una temperatura de fusión acorde con las características del compresor.

Todos los elementos de trasmisión como correas, bandas, etc., deberán disponer de sus correspondientes resguardos de seguridad, de tipo “fijo”.

Todo compresor llevara adosado una placa de características en la cual deberá figurar la presión y temperatura de trabajo máxima.

El compresor debe estar completamente aislado de personal no capacitado para su uso por lo que se debe construir una estructura de seguridad.

Si la temperatura ambiente lo requiere, se deberá aislar las purgas porque puede congelarse el condensado y no permitirá el drenaje.

Para prevenir las dilataciones, particularmente en el tramo comprendido entre el compresor y acumulador de aire comprimido, y en las partes que puedan estar expuestas a la acción solar, se pondrán elementos tales como liras de dilatación, juntas de dilatación o tuberías flexibles, etc.

Las tuberías se identificaran con el color adecuado y cuando exista peligro de conexión a líneas distintas a las de suministro de aire , la conexión se efectuara mediante elementos no intercambiables.

Cuando la disposición del sistema contemple el agrupamiento de válvulas o bien la localización de alguna válvula pudiera dar lugar a confusión, se dispondrá la correspondiente señal de advertencia en la que quede reflejado el cometido de cada válvula y la posición en que normalmente debe encontrarse.

3.3 Construcción de estructura.

Esta construcción, impedirá el ingreso, a personas no autorizadas, eliminando riesgos de accidentes directos por el uso del compresor. (Nota: en el dibujo no se representa la malla para facilitar la visibilidad.) (Fig. 3.1.)

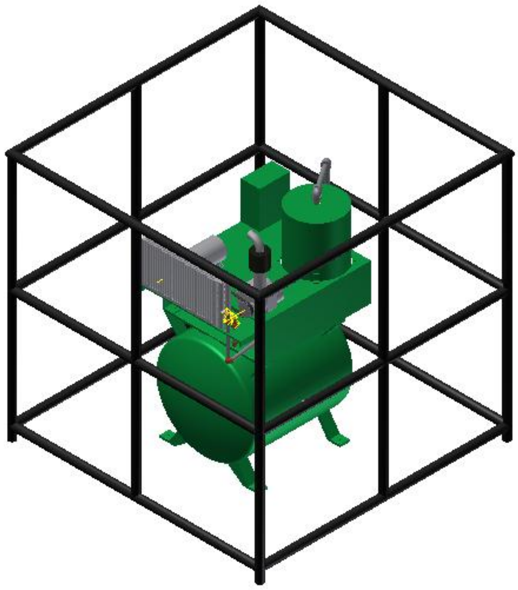


Fig. 3.1. CERRAMIENTO DE SEGURIDAD.

3.4 Recomendaciones de Uso.

La utilización del aire en la industria está ampliamente extendida en actuaciones muy diversas, como accionamiento de maquinas herramientas, actuadores de válvulas, maquinaria, etc., siendo la primera de las citadas, en su versión de maquinas portátiles, una de las más frecuentes en determinados sectores de actividad, como por ejemplo la madera. Dado que su accionamiento es debido a un fluido a presión, su empleo da lugar a la aparición de unos riesgos específicos, que se van a ver magnificados si se hace un mal uso del mismo.

Las reglas elementales de seguridad se indican a continuación:

1.- Antes de la acometida.

- Debe realizarse indispensablemente la purga de las conducciones de aire.
- Verificar el estado de los tubos flexibles y de los manguitos de empalme.
- Verificar que los tubos no tengan codos o dobleces que obstaculicen el paso del aire.
- No conectar nunca una máquina neumática a una fuente de suministro de oxigeno; existe peligro de explosión.

2.- Durante el trabajo.

- Las mangueras de aire comprimido se deben situar de forma que no se tropiece con ellas, que no puedan ser dañadas por vehículos que pasen por encima. Un sistema para impedir todo esto es el de colocar las mangueras en soportes elevados.
- No se deben gastar bromas dirigiendo la manguera de aire comprimido a otros. Puede tener consecuencias graves.
- No se debe usar la manguera de aire comprimido para limpiar el polvo de la ropa. Se han producido lesiones graves en los ojos, oídos y boca.

- Al usar herramientas neumáticas siempre debe cerrarse la llave del aire de las mismas, antes de abrir la de la manguera.
- Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire cuando se cambie la herramienta. Hay que cortar la fuente de alimentación.
- No debe apoyar todo el peso sobre la herramienta neumática, ya que puede deslizarse y caer uno sobre la superficie que se esté trabajando. Se debe adoptar una postura segura.
- Siempre que se trabaje con herramientas neumáticas se deben usar **gafas, guantes, calzado de seguridad y protección para los oídos.**
- Hay que asegurarse del acoplamiento de las herramientas a la manguera de aire comprimido, ya que si no está bien sujeta, puede salir disparada como un proyectil.
- Verificar las fugas de aire que pueden producirse por las juntas, acoplamientos defectuosos o roturas de mangueras o tubos.
- Aun cuando no trabaje, la maquina neumática no deja de tener peligro si está conectada a la manguera de aire, es lo mismo que una pistola cargada. Cualquier movimiento

accidental del gatillo puede causar lesiones. Usar siempre el dispositivo de seguridad.

- Para el soplado de piezas con aire comprimido se debe acoplar a la boquilla un disco a modo de pantalla protectora contra las proyecciones y un manorreductor u otro dispositivo que permita regular la presión sin exceder de una atmosfera.
- Debe ser rigurosamente prohibido el método de expulsar la herramienta con la presión del equipo neumático portátil, en lugar de quitar con la mano.

3.- Después de la utilización.

- Cerrar la válvula de alimentación del circuito de aire.
- Abrir la llave de admisión de la máquina de forma que purgue el circuito.
- Desconectar la máquina.

3.5 Señalética.

Utilizaremos las siguientes señales para asegurarnos que el uso del compresor, sea seguro para todas las personas que estén dentro y fuera del taller.

En la puerta de ingreso: (Fig. 3.2.)

Fig. 3.2. PROHIBIDO EL INGRESO A PERSONAL NO AUTORIZADO.

En los controles eléctricos: (Fig. 3.3.)

Fig. 3.3. RIESGO DE CHOQUE ELÉCTRICO.

Junto al intercambiador de calor: (Fig. 3.4.)

Fig. 3.4. RIESGO DE CORTE POR VENTILADOR.

En el separador de aceite: (Fig. 3.5.)

Fig. 3.5. RIESGO DE QUEMADURAS.

CAPÍTULO 4

4. INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE AIRE

Las redes de aire comprimido, de forma general, se conforman de dos partes:

Línea principal

Líneas secundarias

La línea principal es la que sale de la central compresora, lleva el aire a los distintos punto de utilización, se suele disponer de dos formas:

En circuito abierto.

En circuito cerrado.

Circuito abierto, consiste en una entrada general, que se va ramificando hacia las distintas utilizaciones. Se emplean en instalaciones de pequeña y mediana importancia, o cuando se prevea que el consumo no afectará a la presión en el extremo del circuito. Cuando todas las derivaciones están consumiendo aire, aquéllas más alejadas de la alimentación reciben menos presión que las intermedias. Cuando se avería una determinada zona de la canalización, queda sin servicio una gran parte de la misma. (Fig. 4.1.)

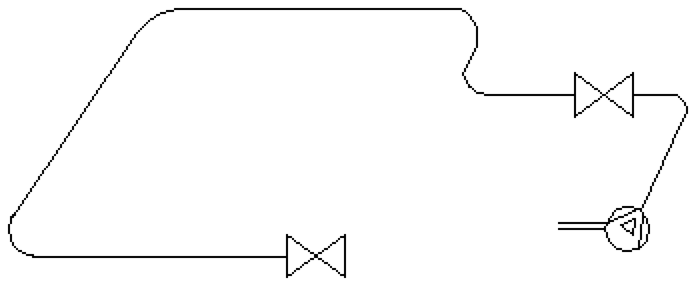


Fig. 4.1. CIRCUITO ABIERTO.

Circuito cerrado, es más, en su implantación *(hay que emplear mayor cantidad de material),* pero resultan ventajosas en cuanto a suministro de caudal con menos pérdidas de carga. Cuando se produce una avería en cualquier punto de la red, se puede aislar permitiendo el funcionamiento del resto de la instalación, si previamente se han dispuesto grifos o llaves de cierre convenientemente distribuidas. Se emplean en grandes instalaciones y siempre que se prevean consumos intermedios importantes. (Fig. 4.2.)

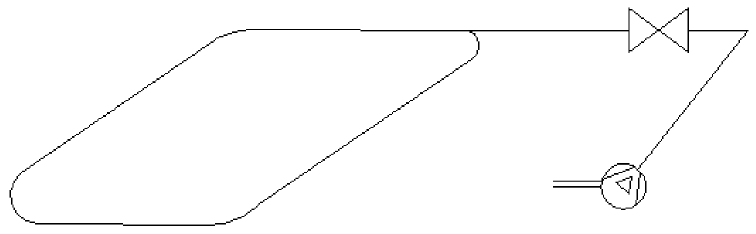


Fig. 4.2. CIRCUITO CERRADO.

Consideraciones sobre redes de aire comprimido

Deben tenerse en cuenta algunos de los siguientes conceptos en la instalaciones de redes de aire comprimido:

- Se evitarán las restricciones y desviaciones en ángulo recto.
- Los ramales de alimentación que pasan por válvulas y canalizaciones flexibles deben ser suficientemente amplios para proporcionar el caudal máximo calibrado que requiera la herramienta o el equipo alimentado.
- Las tuberías deben estar provistas de los medios adecuados para la extracción de agua y residuos.
- Prever conexiones ciegas por si hay que ampliar la red.
- Disponer filtros a la aspiración del compresor para evitar suciedades e impurezas.
- Es aconsejable instalar las tuberías con una cierta inclinación (3% mínimo), en dirección del caudal de aire, para que la

gravedad y la misma corriente del aire arrastre el agua y residuos a los colectores y o ramales de descarga localizados en los puntos bajos del circuito.

- Para evitar que el agua de la línea llegue al equipo alimentado, los ramales no deben conectarse nunca en la parte inferior de la línea principal.
- Es conveniente *filtrar, regular, lubricar* el aire tan cerca como sea posible del punto de aplicación.
- Las tuberías generales deben de tener los diámetros apropiados.

4.1 Determinación del Consumo del Sistema.

A continuación, presentamos la lista de máquinas que se utilizarán en el taller de Mecánica Automotriz de la Escuela de Conducción, con la presión mínima y máxima de trabajo, así como el consumo total en CFM y en m^3/h, estos mismos datos, nos servirán más adelante para el cálculo del diámetro de la tubería a utilizar.

CONSUMO POR TOMA					
NUMERO DE TOMA	**HERRAMIENTAS**	**PSI**	**CFM**	**m^3/h**	**Uso**
1	Pistola de Torque	70-100	5,83	9,92	Intermitente
	Probador para Radiador	70-100	1,04	1,8	Intermitente
2	Lavadora de Carros	70-100	1,14	1,97	Intermitente
	Línea para inflar neumáticos	70-100	1,73	2,97	Intermitente
3	Aspiradora de Aceite	70-100	6,84	11,65	Intermitente
	Pistola Engrasadora	70-100	3,33	5,69	Intermitente
Consumo Total			**20,00**	**34,00**	

Tabla. 4.1. HERRAMIENTAS DEL TALLER.

4.2 Diseño del Tendido de Tubería.

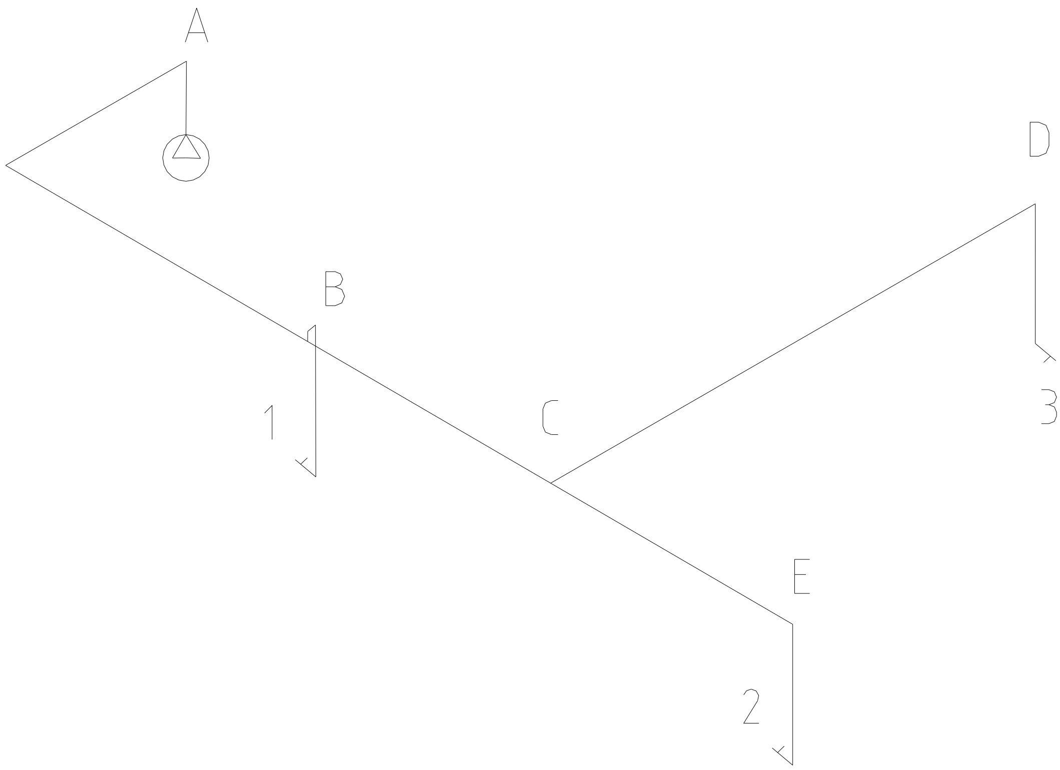


Fig. 4.1. DISEÑO DE TUBERÍA.

Tramos	***Diámetros***
A-B	2''
B-C	1 1/2''
C-D	3/4''
C-E	1 1/4''
B-1	1''
E-2	1 1/4''
D-3	3/4''
Nota: los puntos 1,2,3 son iguales y cada uno tienen dos tomas de aire	

4.3 Tabla de Consumo por Toma.

CONSUMO POR TOMA					
NUMERO DE TOMA	**HERRAMIENTAS**	**PSI**	**CFM**	**m³/h**	**Uso**
1	Pistola de Torque	70-100	5,83	9,92	Intermitente
	Probador para Radiador	70-100	1,04	1,8	Intermitente
2	Lavadora de Carros	70-100	1,14	1,97	Intermitente
	Línea para inflar neumáticos	70-100	1,73	2,97	Intermitente
3	Aspiradora de Aceite	70-100	6,84	11,65	Intermitente
	Pistola Engrasadora	70-100	3,33	5,69	Intermitente
Consumo Total			**20,00**	**34,00**	

Tabla. 4.2. CONSUMO POR TOMA.

4.4 Diámetro de Tubería.

En la mayor parte de las plantas, el compresor de aire se coloca a cierta distancia del taller principal y del área de instalaciones; es decir, del punto real de consumo, debido al ruido que provoca y a que se debe garantizar la seguridad del personal así como del equipo compresor. El aire comprimido se almacena en un tanque de presión, del cual se lleva hasta el punto de consumo por medio de una tubería. Al tender la tubería neumática para el sistema, se debe tener suficiente cuidado y poner atención en observar, que la caída de presión, desde el punto de generación hasta el de consumo, permanezca tan baja como se pueda. Por razones económicas, siempre es mejor si la caída total de presión se limita a un valor máximo de 0.1 bar, o incluso menos. Algunos textos prescriben un valor de 0.01 bar para una presión en la línea de 6 bar (man), debido a necesidades específicas de operación.

Al seleccionar los tubos neumáticos y otras instalaciones de la línea de aire, se tomas en cuenta los factores siguientes:

- Presión del aire en la línea.
- Gasto total a través de la línea.
- Caída de presión admisible en la línea.
- Tipo de material del tubo y tipo de accesorios de la línea.
- Longitud y diámetro del tubo o de otras tuberías.
- Medio ambiente de trabajo.

Tomado en cuentas las especificaciones anteriores, se procedió a calcular el diámetro de la tuberías necesaria para ejecutar el trabajo requerido, de los cálculos se obtuvo los siguientes resultados:

Datos:

Caudal = 20,00 CFM

Velocidad = 8 m/s

*Nota: 20,00 CFM, es la suma de los CFM requeridos por las herramientas. Y los 8 m/s, es la velocidad recomendada para tuberías principales, tomado del libro ``NEUMÁTICA, Thompson &Paraninfo, SMC International Training, 2 edición, 2003, Capitulo 3.´´

Desarrollo:

Se procede a cambiar de unidades de los datos , para empezar;

$$20\ CFM \times 1{,}7 \times 2^{*} = \mathbf{68.00\, m^3/h}$$

$$\frac{68.00\ m^3}{1\ \cancel{h}} \times \frac{1\ \cancel{h}}{3600\ s} = \mathbf{0.0189\ m^3/s}$$

(*) se multiplica por 2 porque se dijo que el taller tiene planes de adquirir herramientas neumáticas de mayor tamaño, dado este caso, se utilizo este factor de seguridad.

Teniendo los datos listos, se halla el área interior de la tubería;

$$\boldsymbol{C = A \times V} \quad (3)$$

en dónde; *C= caudal del sistema*

A= área de la tubería

V= velocidad del aire dentro de la tubería.

despejando *A ;*

$$A = \frac{C}{V}$$

$$A = \frac{0.0189\ \cancel{m^3}/\cancel{s}}{8\ \cancel{m}/\cancel{s}}$$

$$A = \mathbf{0.0024\, m^2}$$

con el área, podemos determinar el diámetro interior de la tubería;

$$\boldsymbol{A = \pi \frac{D^2}{4}} \quad (4)$$

en dónde; A= área interior de la tubería.

D= diámetro interior de la tubería.

despejando *D;*

$$D = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0.0024 \times 4}{\pi}}$$

$$D = \mathbf{0.0548m}$$

llevando a una mejor visualización;

$$D = 0.0548\,\cancel{m} \times \frac{1000\,mm}{1\,\cancel{m}} = \mathbf{54.8mm}$$

Así entonces se puede decir que necesitamos en este primer tramo de la tubería total, un tubo que tenga un diámetro interno de 54.8 mm. (véase en Fig. 4.1 ; tramo A-B). Pero en el medio comercial no se encuentra, ni existe, un tubo con esta dimensión, con ayuda una tabla de tubos normalizados; se encuentra el tubo adecuado:

Tamaño Nominal	Diámetro Exterior	BS-1387, LIVIANO CEDULA 20				BS-1387, MEDIANO CEDULA 30				ASTM A-53 CEDULA 40			
		Espesor Pared	Presión P.S.I.	Peso Kilos	Diámetro Interno	Espesor Pared	Presión P.S.I.	Peso Kilos	Diámetro Interno	Espesor Pared	Presión P.S.I.	Peso Kilos	Diámetro Interno
1/8"	10.30									1.73	700.00	2.16	6.84
1/4"	13.50									2.24	700.00	3.72	9.22
3/8"	17.50									2.31	700.00	5.10	12.48
1/2"	21.40	2.03	700.00	5.71	17.34					2.77	700.00	7.56	15.76
3/4"	27.00	2.34	700.00	8.40	22.32					2.87	700.00	10.08	20.96
1"	34.01	2.64	700.00	12.06	28.72					3.38	700.00	15.00	26.28
1 1/4"	42.09	2.64	700.00	15.42	36.81					3.56	1000.00	20.28	35.08
1 1/2"	48.40	2.95	700.00	19.56	42.50					3.68	1000.00	24.30	40.94
2"	60.30	2.95	700.00	24.66	54.40					3.91	1000.00	32.58	52.48
2 1/2"	76.20	3.25	700.00	34.80	69.70	3.66	700.00	39.12	68.88	5.16	1000.00	51.72	62.88
3"	88.90	3.25	700.00	40.50	85.65	4.06	700.00	50.82	84.84	5.49	2220.00	67.68	83.41
4"	114.30	3.66	700.00	56.70	110.64	4.47	700.00	72.60	108.91	6.02	1900.00	97.26	108.28
5"	141.30					4.88	700.00	97.20	130.04	6.55	1670.00	130.56	128.20
6"	166.00					4.88	700.00	115.20	155.44	7.11	1520.00	169.38	154.08

Fuente: Catálogo de DIPAC-Manta

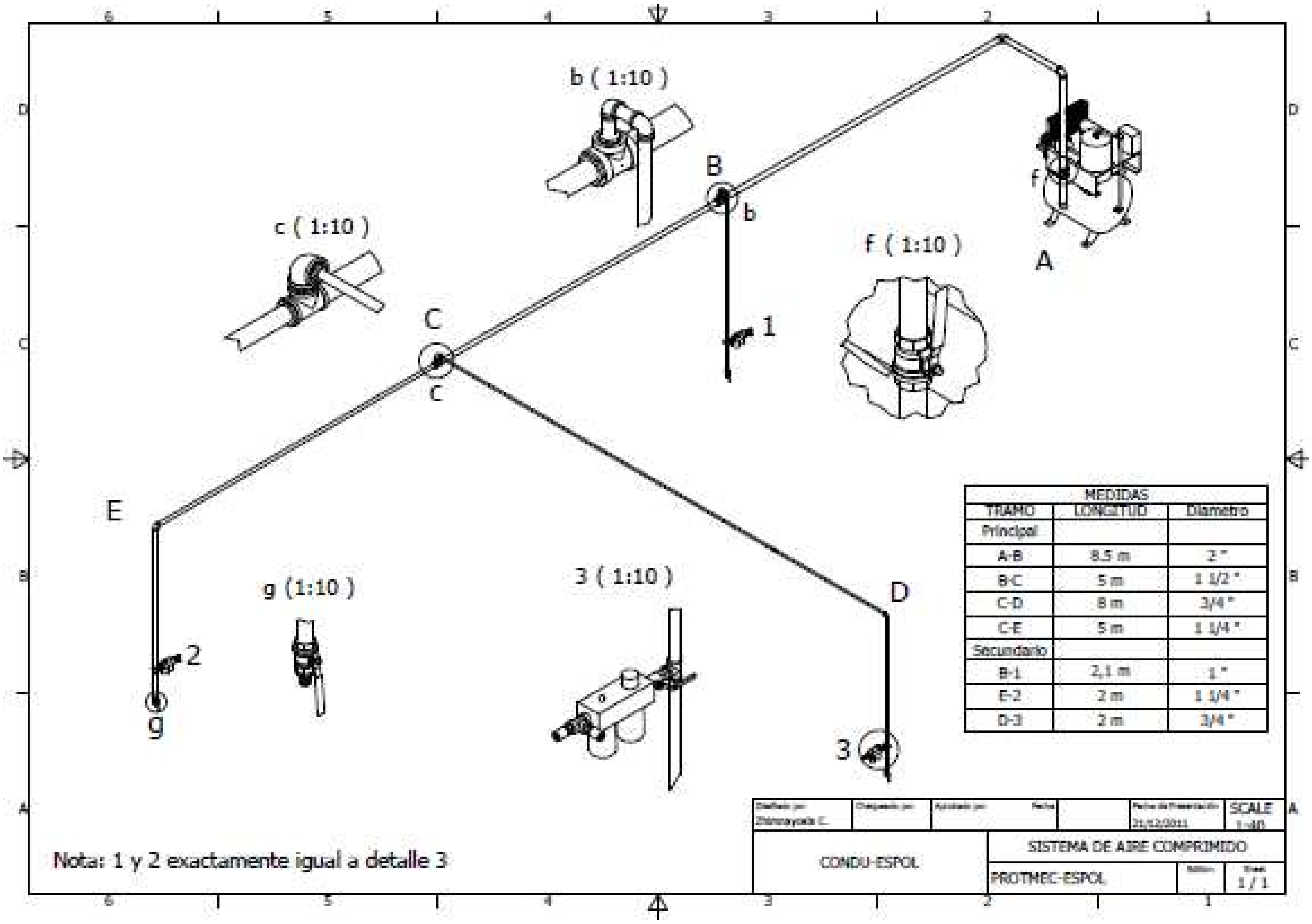
Tabla. 4.3. DIÁMETROS DE TUBERÍAS.

Haciendo el mismo procedimiento en todos los tramos del sistema, se obtiene los siguientes datos tabulados:

CÁLCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA									
Tuberías		Gasto			Velocidad	Area	Diámetro		
		CFM	m3/h	m3/s	(m/s)	m2	m	mm	D Comercial (inch)
Principal	A-B	40	68,00	0,0189	8	0,0024	0,054829	54,83	2
	B-C	26	44,20	0,0123	8	0,0015	0,044205	44,20	1 1/2
	C-D	6	10,20	0,0028	8	0,0004	0,021235	21,24	3/4
	C-E	20	34,00	0,0094	10	0,0009	0,034677	34,68	1 1/4
Secundar	B-1	14	23,80	0,0066	10	0,0007	0,029013	29,01	1
	E-2	20	34,00	0,0094	10	0,0009	0,034677	34,68	1 1/4
	D-3	6	10,20	0,0028	10	0,0003	0,018993	18,99	3/4

Tabla. 4.4. CÁLCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA.

Dibujo del sistema de aire comprimido



MEDIDAS		
TRAMO	LONGITUD	Diametro
Principal		
A-B	8.5 m	2 "
B-C	5 m	1 1/2 "
C-D	8 m	3/4 "
C-E	5 m	1 1/4 "
Secundario		
B-1	2,1 m	1 "
E-2	2 m	1 1/4 "
D-3	2 m	3/4 "

Nota: La tubería tiene una inclinación de tres grados (3°) desde la altura máxima de la salida el compresor.

4.5 Caída de Presión.

Debido a la fricción del flujo en el interior de la tubería y a otras pérdidas y resistencias, siempre existe una caída en la presión del aire saliente. Los ingenieros han aplicado diversas fórmulas empíricas para calcular la caída de presión. A continuación, se da una fórmula muy común:

$$\Delta p = \frac{1.6\times10^3\times Q^{1.85}\times L}{D^5\times P_1} \quad (5)$$

en dónde;

Δp = caída en la presión, en Pa.

L = longitud de la tubería, en m.

Q = volumen del aire libre, en m^3/s.

D = diámetro interior del tubo, en m.

P_1 = presión absoluta del aire a la entrada del tubo, en Pa.

Aplicando la fórmula de caída de presión, tenemos:

Datos

Presión del trabajo = 8 bar / 800000 Pa

L = 9 m

Q = 0.0189 m^3/s

D = 0.0548 m

Desarrollo

Para aplicar la fórmula se debe tener los datos en las correspondientes unidades, así entonces;

$$P_1 = P + P_{atmosférica}$$

$$P_1 = 800000 + 101325 = 901325\ Pa$$

caída de presión;

$$\Delta p = \frac{1.6 \times 10^3 \times Q^{1.85} \times L}{D^5 \times P_1} \qquad (5)$$

aplicando la fórmula;

$$\Delta p_1 = \frac{1.6 \times 10^3 \times 0.0189^{1.85} \times 8.6}{0.0548^5 \times 901325}$$

$$\Delta p_1 = \mathbf{396.42\ Pa}$$

Interpretando el resultado que arroja la fórmula, 396.42 Pa es la cantidad de la presión inicial que cae, esto quiere decir que;

$$Nueva\ Presión = P_1 + \Delta p_1$$

$$P = 901325 - 396.42 = \mathbf{900928.58\ Pa}$$

Así para el siguiente cálculo la nueva presión es 900928.58 Pa y así sucesivamente en el resto de los tramos, hasta llegar al punto más lejano, con respecto al compresor.

CÁLCULO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA										
Tuberías		Gasto			Presión abs (Pa)	Logitud de tubería (m)	Longitud equivalent	ΔP (1) (Pa)	Presión restada	Presión en el final de las lineas
		CFM	m3/h	m3/s						
Principal	A-B	40	68,00	0,0189	901325,00	8,5	8,6	396,42	900928,58	
	B-C	26	44,20	0,0123	900928,58	5	2,6	233,22	900695,36	
	C-D	6	10,20	0,0028	900695,36	8	2,3	820,05	899875,32	
	C-E	20	34,00	0,0094	900695,36	5	3,1	515,10	900180,26	
Secundar	B-1	14	23,80	0,0066	900928,58	2,1	4,4	521,06	900407,52	7,991
	E-2	20	34,00	0,0094	900180,26	2	1,4	216,34	899963,93	7,987
	D-3	6	10,20	0,0028	899875,32	2	0,5	348,03	***899527,29***	***7,982***

Tabla. 4.5. CAÍDA DE PRESIÓN.

En el cuadro se puede apreciar que el recorrido con mayor longitud existe una caída de presión de: 8,00 bar – 7,982 bar = 0,018 bar

4.6 Material de la tubería.

Si la presión en el sistema es bastante alta, los materiales de los tubos y sus propiedades físicas y metalúrgicas se convierten en un parámetro importante para su correcta selección. Pero como el sistema neumático suele trabajar a una presión mucho más baja en comparación con un sistema hidráulico, es posible que no se necesite un material de extraordinaria alta resistencia para las tuberías y accesorios. A continuación se da una lista de los materiales de uso más común para los tubos estándar y especiales de los sistemas neumáticos:

- Tubos de hierro galvanizado.
- Tubos de hierro fundido.
- Tubos especiales de cobre.
- Tubos especiales de aluminio.

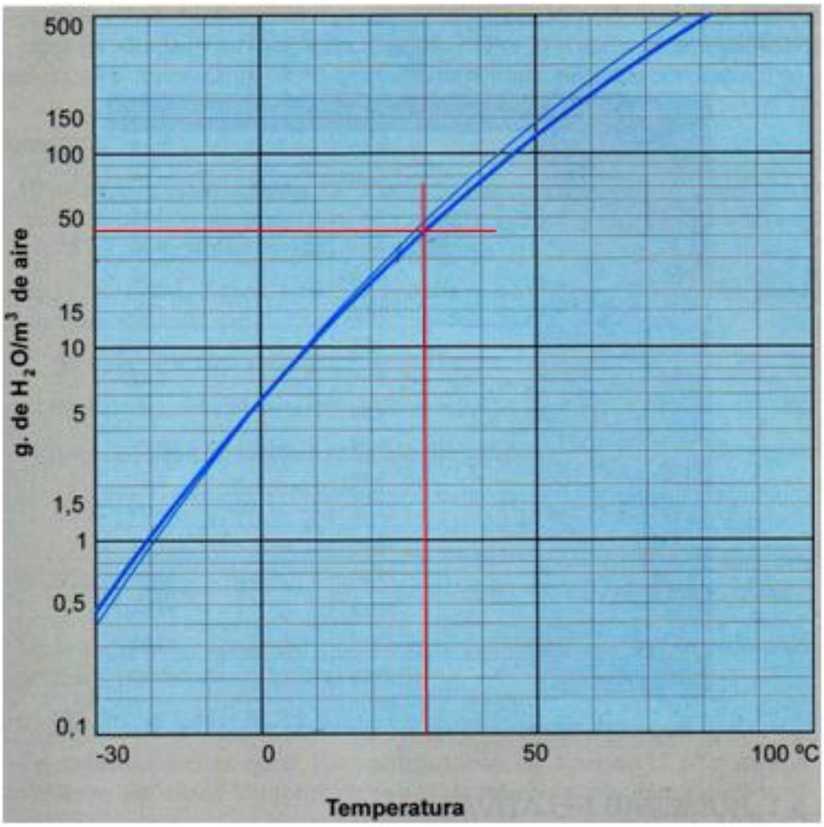
- Manguera de caucho.
- Manguera de plástico y de nylon.
- Tubo de acero de alta resistencia.
- Tubos especiales de latón.
- Manguera de caucho o de plástico reforzado.

En nuestro proyecto fue utilizado tubos de acero galvanizado cedula 40 por: las propiedades mecánicas que tienes, cedula 40, nos hace fácil el mecanizado de la rosca, así como también tiene el espesor adecuado para que resista la presión, y a la fatiga que implica la subida y bajada de presión en la tubería; otras ventajas en el uso de acero galvanizado es la alta protección en su superficie contra la corrosión, resistencia mecánica, y facilidad de pintado.

4.7 Condensación de agua.

El aire de la atmósfera contiene siempre un porcentaje de vapor de agua. la cantidad de humedad presente, depende de la humedad atmosférica y de la temperatura.

La cantidad real de agua que puede ser retenida, depende por completo de la temperatura; 1 m^3 de aire comprimido es capaz de retener sólo la misma cantidad de vapor de agua como 1 m^3 de aire a presión atmosférica.



Fuente: Libro de “Neumática SMC International Training”pag.21

Tabla. 4.6. CANTIDAD DE AGUA/METRO CUBICO.

Esta tabla nos permite conocer la cantidad en gramos de agua que existe en 1 m^3 de aire. En Guayaquil la temperatura fluctúa entre los 20°C a 35°C, lo que nos da un dato aproximado de 40 gramos de agua en 1 m^3 de aire, lo que equivale a 0.04 litros de agua. (Véase la tabla 4.6)

$$\frac{1\,l}{1000\,gr} \times \frac{x}{40\,gr} \qquad x = \frac{40\,\cancel{gr} \times 1l}{1000\,\cancel{gr}} = 0.04\,litros\ de\ agua$$

Pero para sistemas neumáticos se utiliza también la siguiente tabla, que dan valores más exactos y específicos.

Temperatura ° C	g / m^3 $_n$ (estándar)	g / m^3 (atmosférico)
- 40	0,15	0,18
- 35	0,25	0,29
- 30	0,40	0,45
- 25	0,64	0,70
- 20	1,00	1,08
- 15	1,52	1,61
- 10	2,28	2,37
- 5	3,36	3,42
0	4,98	4,98
5	6,99	6,86
10	9,86	9,51
15	13,76	13,04
20	18,99	17,69
25	25,94	23,76
30	35,12	31,64
35	47,19	41,83
40	63,03	54,108

Fuente: Libro de "Neumática SMC International Training" pag. 23

Tabla. 4.7. TEMPERATURA-CANTIDAD DE AGUA.

Como se puede observar en la tabla, se puede decir que en el lugar donde se encuentra trabajando el compresor, se manejaran proporciones de 0.019 a 0.035 litros de agua en cada metro cúbico de aire.

Entonces, 0.019 (litros) * 34,00 (caudal) ≈ 0.646 litros.

4.8 Equipo utilizado en el Taller.

- Juego de Tarrajas ½"-2" NPT
- Cierra circular

- Flexómetro 5 m
- Teflón (cinta)
- Llaves para tubo
- Mesa de trabajo con tornillo de banco para tubo
- Taladro percusor
- Broca para cemento de Ø 8 mm
- Llaves Francesas 8”, 12”, 18”

4.9 Selección del equipo compresor y estimación de la potencia.

Como seleccionar un compresor correctamente:

- Sáquese la lista de los aparatos por alimentar.
- Sepárense estos en dos grupos: los que operan continuamente y los que operan intermitentemente.
- Procédase como si fuera a seleccionar dos diferentes compresores, para operar el equipo en dos grupos.
- Con la lista de aparatos trabajando intermitentemente, obténgase el rango de presiones y de volumen requerido individual y total. (Tabla de ``Metros cúbicos por minuto de aire requeridos´´)
- Márquese el rango de presión máximo requerido.
- Consúltese ahora ``Carta de selección de compresores´´ y márquese el rango de presión correcto y localícese en la línea

opuesta y bajo `` Estación de servicio promedio´´ el consumo igual o mayor del total necesario. Esto indica el caballaje requerido para trabajar el equipo intermitente.

- Repítase paso a paso, el procedimiento anterior para la lista del equipo con operación continúa. Al usar la ``Carta de selección de compresores´´ para este caso, utilícese la columna encabezada por ``Aire libre de operación continua´´. Antes de seleccionar sus dos compresores asegúrese que ambas sean del mismo tipo.
- Después se puede decidir cuál de los dos alimentará mejor el equipo de ambos tipos, sumando el caballaje requerido de los dos. Esta es la forma correcta de seleccionar el compresor adecuado.

PRESIONES DE COMPRESORES				ESTACIÓN DE SERVICIO PROMEDIO, O GARAGE, COMSUMO DE AIRE LIBRE EN M^3/MINUTO EN EQUIPO TOTAL			HP REQUERIDOS DEL COMPRESOR		AIRE LIBRE DE OPERACIÓN CONTINUA **		
LIBRAS POR PULGADAS CUADRADAS		KILOS POR CENTRIMETROS CUADRADOS					UN PASO	DOS PASO	CONSUMO EN M^3/MIN DEL EQUIPO DE HERRAMIENTAS		
CONEXIÓN	DESCONEXIÓN	CONEXIÓN	DESCONEXIÓN								
70	100	5	7	hasta		0,187		1/2	hasta		0,054
70	100	5	7	0,19	a	0,297		3/4	0,054	a	0,085
70	100	5	7	0,3	a	0,385		1	0,085	a	0,11
70	100	5	7	hasta		0,42	1		hasta		0,119
70	100	5	7	0,43	a	0,63	1 1/2		0,119	a	0,182
70	100	5	7	0,63	a	0,86	2		0,182	a	0,247
70	100	5	7	0,86	a	1,31	3		0,247	a	0,375
70	100	5	7	1,31	a	1,7	5		0,375	a	0,57
70	100	5	7	1,7	a	2,08	7 1/2		0,57	a	0,83
70	100	5	7	2,08	a	2,832	10		0,83	a	1,13
70	100	5	7	2,832	a	3,33	15		1,13	a	1,335
120	150	8,5	10,5	hasta		0,108		1/2	hasta		0,031
120	150	8,5	10,5	0,109	a	0,207		3/4	0,031	a	0,059
120	150	8,5	10,5	0,208	a	0,285		1	0,059	a	0,082
120	150	8,5	10,5	hasta		0,357	1		hasta		0,102
120	150	8,5	10,5	0,357	a	0,567	1 1/2		0,102	a	0,162
120	150	8,5	10,5	0,567	a	0,733	2		0,162	a	0,21
120	150	8,5	10,5	0,733	a	1,11	3		0,21	a	0,317
120	150	8,5	10,5	1,11	a	1,47	5		0,317	a	0,49
120	150	8,5	10,5	1,47	a	1,91	7 1/2		0,49	a	0,765
120	150	8,5	10,5	1,91	a	2,63	10		0,765	a	1,05
120	150	8,5	10,5	2,63	a	3,3	15		1,05	a	1,32
145	175	10	12,5	hasta		0,366	1***		hasta		0,096
145	175	10	12,5	0,336	a	0,525	1 1/2		0,096	a	0,015
145	175	10	12,5	0,525	a	0,685	2		0,15	a	0,196
145	175	10	12,5	0,685	a	1,03	3		0,196	a	0,295
145	175	10	12,5	1,03	a	1,44	5		0,295	a	0,482
145	175	10	12,5	1,44	a	1,87	7 1/2		0,482	a	0,75
145	175	10	12,5	1,87	a	2,5	10		0,75	a	1

*** No se recomienda un compresor de menos de 1 1/2 hp si el equipo neumático indique un elevador de 3500 kg de capacidad.
** Estas figuras se emplearán cuando debido al equipo la operación normal requiere una cotinua alimentación de aire comprimido sin ningun factor para operación intermitente.

Fuente: Manual de Instalaciones Hidráulicas, Aire, Gas y Vapor. Por el Ing. Sergio Zepeda. Pag. 358

Tabla. 4.8. CARTA DE SELECCIÓN DE COMPRESORES.

METRO CUBICOS POR MINUTOS DE AIRE REQUERIDOS PARA OPERACIÓN DE VARIOS EQUIPOS.		
RANGO DE PRESIONES DEL EQUIPO Kg/cm²	TIPO DE APARATOS	CONSUMO DE AIRE LIBRE M³/min
5 - 7	*Descarbonizador	0,085
5 - 7	Pistola quitadora de polvo	0,071
5 - 7	Probador de radiadores	0,028
5 - 7	Limpiador de bujias	0,142
5 - 7	Probador de bujias	0,014
8,5 - 10,5	*Balanceador de carros	0,165
8,5 - 10,5	*Pistola de grasa (Alta presión)	0,085
8,5 - 10,5	Puerta de garage neumática	0,057
5 - 7	*Elevadores: Montacarga (1ton.)	0,028
10 - 12,5	*Rampa hidráulica	0,15
5 - 7	*Limpiador de máquinas	0,142
5 - 7	*Pistola rociadora de pintura (producción)	0,24
5 - 7	*Pistola rociadora de pintura (superficie)	0,064
5 - 7	*Pistola rociadora de pintura (interiores)	0,54
5 - 7	Aceitador de muebles	0,105
5 - 7	*Martillo de aire	0,465
5 - 7	*Martillo guarda fango	0,248
8,5 - 10,15	Quitador de llantas	0,17
8,5 - 10,15	Cambiador de neumáticos	0,028
8,5 - 10,15	Línea infladora de neumáticos	0,043
8,5 - 10,15	Ensanchador neumático	0,028
8,5 - 10,15	*Limpiador al vacio	0,185
5 - 7	*Limpiador de filtros de aire	0,085
5 - 7	*Pulidora de carrocerías	0,057
5 - 7	*Lijadora de carrocerías	0,142
5 - 7	Probador de frenos	0,1
5 - 7	*Lavadora de carros	0,24
7 - 8,5	Aspiradora de aceite	0,1
5,6 - 7	Lavadoras de carrocerías	0,24
10 - 12	Rampa hidráulica de 4 ton.	0,15
5 - 7	Limpiador de bujías	0,142
5 - 7	Rampa hidráulica de 10 ton.	0,37
5 - 7	Probador de bujías	0,014
5 - 7	Pistola para cubrir chasis	0,535
5 - 7	Taladro de 1/4''	0,34
5 - 7	Taladro de 5/16''	0,51
5 - 7	Taladro de 1/2''	0,79
5 - 7	Desarmador de 1/4''	0,51
5 - 7	Llave de impacto 3/8''	0,68
5 - 7	Llave de impacto 3/4''	0,1
5 - 7	Llave de impacto 1 3/4''	1,27
5 - 7	Esmeril de 2''	0,4
5 - 7	Esmeril de 6''	0,85
5 - 7	Lijadoras orbitales	0,225
5 - 7	Martillos	0,52
5 - 7	Gruas de 1/2 ton.	1,08
5 - 7	Gruas de 1 ton.	1,27
5 - 7	Pistola de pintar: producción	0,24
5 - 7	Retoque	0,068
8,5 -10,5	Línea para inflar llantas	0,042
* Estos aparatos están considerados de operación continuos, el restos de operación intermitentes. Mientras operan normalmente, el compresor deben generar el suministro de aire suficiente.		

Fuente: Manual de Instalaciones Hidráulicas, Aire, Gas y Vapor. Por el Ing. Sergio Zepeda. Pag. 358

Tabla. 4.9. METROS CÚBICOS POR MINUTO DE AIRE REQUERIDOS.

Teniendo a continuación la lista de las herramientas que se va a utilizar en el taller mecánico, se puede determinar el caballaje necesario de la unidad compresora:

CONSUMO POR TOMA				
NUMERO DE TOMA	**HERRAMIENTAS**	**PSI**	**m³/min**	**Uso**
1	Pistola de Torque	70-100	0.165	Intermitente
	Probador para Radiador	70-100	0.030	Intermitente
2	Lavadora de Carros	70-100	0.032	Intermitente
	Línea de inflar neumático	70-100	0.049	Intermitente
3	Aspiradora de Aceite	70-100	0.194	Intermitente
	Pistola Engrasadora	70-100	0.094	Intermitente
Consumo Total			**0,564**	

Tabla. 4.10. TABLA CONSUMO POR TOMA.

Ya teniendo la cantidad de aire libre que se necesita para el sistema, se puede buscar en la tabla 4.8. el caballaje en H.P. que se necesita.

Entonces así se tiene que el caballaje es de 5 H.P. pero se considera que el compresor instalado es aproximadamente de 16 H.P., así entonces se puede apreciar que se tiene potencia de más, se espera que como el taller crecerá, la potencia que se tiene actual (sobredimensionada), ya sea la adecuada. (Ver cálculo de potencia del compresor en Capítulo 1.3, Identificación de Compresor)

CAPÍTULO 5

5. COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Luego de haber concluido con el trabajo, es vitalmente importancia, revisar cada una de las partes cambiadas o adaptadas, así como sistemas construidos, tal es el caso del sistema de tuberías que llevaran el aire comprimido, ya que un fallo en una de las partes del sistema, pondrá en riesgo el funcionamiento del mismo y algo más importante es que pondrá en riesgo, nuestra reputación como nuevos profesionales. A continuación presentaremos las partes críticas, que representaron algún tipo de problema, y que se las resolvió sin ningún inconveniente para que el sistema trabaje de la forma requerida.

5.1. Presión del Sistema (Presostato)

De acuerdo con la presión requerida en el sistema, se calibro el presostato con un intervalo de 30 PSI, así que prende a 70 PSI y apaga a 100 PSI, así el compresor está listo para prender y apagar en el momento adecuado.

5.2. Temperatura de Aceite.

El compresor, contaba con un intercambiador de calor del tipo aire-aceite, pero no contaba con un mecanismo que produzca aire forzado para ayudar a la transferencia de calor, por lo que se adaptaron unas aspas de ventilador, las cuales, se colocaron sobre la polea del motor eléctrico, logrando así, con el aire forzado, reducir considerablemente la temperatura del aceite en el sistema.

5.3. Fugas de Aire.

Las fugas de aire, se presentaron principalmente en las uniones de los tubos con los accesorios, parte de las cuales se produjeron por la falta de teflón en las roscas así como la falta de presión al momento de apretar la tubería. Otra fuga que cabe recalcar, es la que se presento en una de las unidades de mantenimiento adquiridas, el problema estaba en que un golpe lastimo una tapa de la unidad de mantenimiento, que era el lugar por el cual se escapaba el aire. La solución fue llevarla hasta el lugar en el que se compro dicha unidad de mantenimiento, ya que contaban con garantía y así se solucionó el problema.

TABLA DE COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO			
PRUEBA	PARTES		
	Sistema de lubricación	Termostato	Presostato
1	*fuga en salida de tornillo*	*Reparar*	*fuga de aire*
2	*fuga en salida de radiador*	*Regular*	*cambiar*
3	*fugas en accesorios*	*Regular*	*bueno*
4	*fugas en accesorios*	*no funciona*	*mal instalado*
5	*fuga en filtro*	*Bueno*	*bueno*
6	*fugas en accesorios*	*Bueno*	*bueno*
7	*fuga en entrada de radiador*	*Bueno*	*bueno*
8	*fuga en mirilla*	*Bueno*	*bueno*
9	*bueno*	*Bueno*	*bueno*
10	*bueno*	*Bueno*	*bueno*
PRUEBA	**Mangueras**	**Sistema eléctrico**	**Tuberías de aire**
1	*cambio de mangueras*	*corto circuito*	*N/A*
2	*regular*	*cables dañados*	*N/A*
3	*regular*	*Regular*	*N/A*
4	*daño en acoples*	*contactor dañado*	*N/A*
5	*fuga de aire*	*breaker deficiente*	*N/A*
6	*bueno*	*Bueno*	*fugas en válvulas de paso*
7	*bueno*	*Bueno*	*fugas en unidades de mantenimiento*
8	*bueno*	*Bueno*	*instalación de cables de soporte*
9	*bueno*	*Bueno*	*bueno*
10	*bueno*	*Bueno*	*bueno*

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. Mientras el compresor está operando, genera vibraciones y a su vez, pueden producir el desplazamiento del mismo, por este motivo se instalo pernos de anclaje además de aislantes de caucho para resolver este inconveniente.
2. Se determinó que el método empleado para el CÁLCULO DE LOS DIÁMETRO DE LA TUBERÍAS es el más sencillo y aplicable para todo tipo de sistema de aire comprimido.
3. El anclaje en las bases de la estructura de protección del área del compresor, es por medio de pernos de anclaje. Los cuales permiten, en caso de ser necesario, la reubicación de la misma, puesto que de no ser así, tendrían que estar fundidas al piso, dando así dificultad a la reubicación.
4. El uso de manguera hidráulica en el sistema de lubricación es más eficiente que el uso de tubería galvanizada, hay menor riesgo de fugas, se evita el uso de accesorios y su flexibilidad permite pasar la manguera por espacios reducidos.
5. Antes de determinar los diámetros de la tubería, se debe conocer los datos técnicos de las herramientas que se van a utilizar en el sistema. Dado esto, se busca los diámetros de las tuberías por

medio de cálculos (ver capitulo 4) así entonces se trata de encontrar los diámetros más cercanos de la tubería que se encuentra en el mercado. Con estos diámetros se encuentra la caída de presión.

6. La manera más fácil de detectar las fugas en las tuberías de aire es utilizando el método de agua y detergente en cada una de las uniones. En caso de existir fugas de aire, se forman burbujas.
7. Es de vital importancia, que antes de la instalación de la tubería se deba determinar la inclinación de la misma, ya que esto permitirá que el agua condensada dentro de la tubería pueda ser drenada por medio de las válvulas al final de las líneas. Así también tratar de utilizar la cantidad de accesorios necesarios, porque de no ser así, se aumentaría la caída de presión innecesariamente. El uso de acople flexible en la salida del compresor, aísla a la tubería de las vibraciones generadas por el compresor en operación.
8. Las virutas y residuos de teflón (cinta) que inevitablemente quedan atrapados dentro de la tubería en el momento de instalar la misma, debe de ser retirados antes de la instalación de válvulas de drenaje, válvulas de paso y unidades de mantenimiento ya que estas pueden producir daños y taponamientos principalmente en las unidades de mantenimiento.

9. La unidad de mantenimiento permite regular la presión que entrega el sistema para que se llegue a la presión de trabajo de las herramientas, pero no regula el caudal. Además cuenta con filtros de condensado de agua y lubricación por aceite.
10. En vista que la mayoría de accidentes en el trabajo vincula al operario por su falta de conocimiento de riesgos que implica trabajar en distintas áreas, se coloco señales de seguridad para evitar incidentes.

11. El proyecto de grado, es la mejor manera de poner en práctica lo aprendido a lo largo de nuestra carrera universitaria valorando y comprendiendo así, todas y cada una de las pruebas que nuestros profesores nos hicieron a lo largo de las clases.

6.2. Recomendaciones

1. En el primer diseño de la tubería se consideró solo tener aire comprimido en una sección del taller, pero considerando la capacidad del compresor y la futura necesidad de ampliar el

taller, se colocó en una parte de la tubería una ``Te´´ con un tapón para que se instale un nuevo segmento de tubería.

2. Se realizó un mantenimiento del cableado eléctrico y sus conexiones, dejando el control eléctrico original, con sus contactores y relés. Se recomienda, para un futuro proyecto, cambiar este sistema por un control moderno como puede ser un sistema de control por PLC (controlador lógico programable).

3. Para el funcionamiento efectivo del sistema, y para evitar daños por corrosión en la tubería de aire comprimido, se debe purgar el sistema ya que el aire que está en el ambiente tiene gran cantidad de agua en forma de vapor.

4. El compresor debe ser manipulado solo por personal autorizado, utilizando el debido equipo de protección personal y respetando las señales de seguridad.

5. Se recomienda al personal que va a trabajar en el compresor, respetar todas las señales de seguridad colocadas en el mismo, ya que así se podrá evitar accidentes.

6. En la unidad de mantenimiento, existe un filtro que detiene el condensado del aire e impurezas, así que se debe purgar periódicamente.

7. Se aisló al compresor con una estructura metálica para evitar, que el mismo este en contacto con personal no capacitado. Así que se recomienda mantener cerradas las puertas de acceso.
8. Aunque se colocaron soportes en la tubería, se recomienda no someter a la misma a esfuerzos innecesarios como por ejemplo: colgar objetos, tomar como base de amarre o golpear.
9. En este proyecto no se puedo hacer una base de concreto individual para el compresor, que sería lo ideal, se recomienda en un futuro considerar esta.
10. Por el tiempo que tiene este compresor de creación, casi 80 años, se recomienda pensar a futuro el reemplazo de este por una más moderno.

6.3. Bibliografía

1. NEUMÁTICA, Thomson & Paraninfo, SMC International Training 2 edición, 2003.

2. SISTEMAS NEUMÁTICOS – PRINCIPIOS Y MANTENIMIENTO, S. R. Majumdar, McGRAW-HILL, 1998.

3. MANUAL DE MECANICA INDUSTRIAL, Neumática e hidráulica, Cultural S.A., 1999.

4. MANUAL DE INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS, AIRE, GAS Y VAPOR, por el Ing. Sergio Zepeda. México 1993.

5. http://www.definicionabc.com/motor/motor-electrico.php

6. http://www.caballano.com/aire_comprimido.htm

7. http://www.uji.es/bin/serveis/prev/docum/notas/airecom.pdf

8. http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/rrhh/segehigienework.htm

6.4. Anexos

Adjunto Plano de Tubería del Sistema de Aire Comprimido.