SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

INGENIERO MECÁNICO

QUE PRESENTA:

CÉSAR DOMINGO DÍAZ ARCOS

CON EL TEMA:

"IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN CUCHILLAS DE OPERACIÓN EN GRUPO AUTOMATIZADAS CON MOTO-OPERADOR ONE VG"

MEDIANTE:

OPCION X
(MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS **ABRIL 2011**

RESUMEN

En la Comisión Federal de Electricidad (CFE) el área de distribución sureste zona San Cristóbal de las Casas, Chiapas; es la encargada de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones hasta el usuario final, para lograr este objetivo se cuentan con varios equipos automatizados que nos proporcionan un servicio confiable, en estos equipos no se requieren de presencia humana para realizar su función principal por tal razón tienen que encontrarse en condiciones optimas para que no disminuya su eficiencia y confiabilidad. Uno de estos equipos es el operador neumático modelo ONE VG[1] **(a partir de ahora nos referiremos solo como moto-operador)**, actualmente por falta de mantenimiento y desinterés estos equipos se encuentran ya obsoletos y en malas condiciones.

Dada esta problemática se presento la propuesta de implementar mejoras en cuchillas de operación en grupo con moto-operador, las ventajas que obtendremos son:

Reducción de vibraciones tanto de las partes del moto-compresor como del mecanismo de las CT´s. Evitando así que las partes de sujeción y acoplamiento se aflojen o desgasten por fatiga.

Evitar fugas, una mejor distribución de aire comprimido en el sistema neumático, así como mayor control y eficiencia en el movimiento vaivén del cilindro de doble efecto (pistón).

Con todo lo anterior tener una mejor respuesta en la operación de los mecanismos de las cuchillas tripolares[2] (CT´s); para detectar en el menor tiempo posible las fallas en los circuitos de distribución de energía eléctrica, de esta manera aumentar su continuidad, eficacia y confiabilidad en las redes de subtransmisión o distribución[3] en la zona san Cristóbal de las casas.

---

[1] maquina mecánica compuesta por circuitos neumáticos cuya función es generar una fuerza de trabajo.
[2] Las cuchillas tripolares o CT¨s como comúnmente se le conoce dentro de la empresa son mecanismos que permiten aislar las redes de distribución de energía eléctrica en secciones.
[3] líneas de transmisión que llevan la energía eléctrica de la subestación al cliente. Manejando tensiones de 13.8 KV y 34.8 KV.

ÍNDICE

1. Introducción……..1
1.1. Justificación…….....3
1.2. Objetivos.....3
1.2.1. Objetivos generales……3
1.2.2. Objetivos específicos.....4
1.3. Caracterización del área de trabajo……...……5
1.3.1. Antecedentes……...……5
1.3.2. Procesos que se realizan en el área de distribución……6
1.3.3. Organigrama de la empresa……..……..…10
1.3.4. Descripción del departamento donde se realiza el proyecto.....…11
1.4. Descripción del moto operador modelo ONE VG y montaje ……..12
1.4.1. Gabinete……...…14
1.4.2. Sistema neumático……16
1.4.3. Sistema eléctrico……17
1.4.4. Sistema mecánico……..18
1.5. Problemas a resolver……20
1.6. Alcances y limitaciones……..21

2. Fundamento teórico y parámetros de diseño.....22
2.1 Vibraciones mecánicas.....23
2.1.1.- Movimiento armónico……..……..…23
2.2.- Neumática.....27
2.2.1. Compresor……...……29
2.2.2. Elementos de mando……32
2.2.3. Elementos de información……...35
2.2.4. Elementos neumáticos de trabajo……..38
2.2.5. Unidad de mantenimiento……40

3. Cálculos y resultados del rediseño.....42
3.1. Cálculo neumático….....43
3.1.1. Cálculos de las fuerzas para operar las Ct`s.....43
3.1.2. Capacidad del compresor……..48
3.1.3. Velocidad del embolo……..……49
3.1.4. Consumo de aire……...……..50
3.2. Análisis de vibraciones……..……...55

4. Implementación de mejoras y prototipo.....59
4.1. Reducción de vibraciones por medio de aislantes……59
4.2. Rediseño del sistema neumático.....62
4.3. Eliminación del sistema electrónico……67
Conclusiones.....69
Bibliografía.....71
Anexos.....72

1. Introducción

En la siguiente memoria de residencia se exponen las características para implementar un rediseño en los sistemas del moto-operador, con esto tener una mejor respuesta en las operaciones de las CT´s, además de algunos términos básicos referentes a neumática y vibraciones mecánicas.

Para exponer los puntos antes mencionado se ha estructurado esta memoria de residencia de la siguiente manera:

En el capitulo uno se describen los objetivos que pretendemos alcanzar, así como la justificación del porque la necesidad de realizar este trabajo. También se detallan las actividades, organización y procesos que se manejan tanto en el área como en el departamento de la empresa donde nos desarrollaremos, ya que para emprender dicho proyecto es necesario conocer el lugar, las funciones y condiciones en que opera el equipo. En este mismo capítulo analizaremos a fondo el moto-operador, estudiando cada uno de los sistemas y elementos que lo conforma, así como el principio de su funcionamiento y su comportamiento en el campo de trabajo, se darán una descripción de las partes que consideramos fundamentales. Para esto la empresa nos proporciono los elementos de estudio; el equipo (moto-operador) y las herramientas para poderlo analizar, estudiar, calcular y rediseñar.

En él capitulo dos se presentan los fundamentos teóricos, información que posteriormente nos servirán para los cálculos y análisis del rediseño. Se da una descripción de cada uno de los elementos neumáticos que componen el moto-operador, su funcionamiento y las ecuaciones que las rigen, así como las ecuaciones fundamentales de la neumática. Además se explica parte de la teoría de vibraciones para aplicarlo en la reducción de vibraciones.

En él capitulo tres se analizan y se hacen los cálculos necesarios utilizando teorías, leyes y ecuaciones extraídas del capítulo dos, para la reducción de vibraciones y el rediseño del sistema neumático. Aquí es donde aplicaremos los conocimientos físicos-matemáticos para el desarrollo y las soluciones de los problemas mecánicos.

En él capitulo cuatro se realiza un prototipo implementando todas las mejoras explicadas en este trabajo, llevando las soluciones matemáticas a la práctica real. Fue necesario buscar proveedores que nos proporcionaran las piezas adecuadas de acuerdo a los cálculos realizados en este trabajo. En si los capítulos tres y cuatro son de nuestro interés porque en ellos se encierra el objetivo del proyecto, dado que en el

capitulo uno muestra las condiciones en que se encontraba el operador neumático, en los capítulos tres y cuatro muestran las ventajas que se obtiene con los rediseños que se le implementaran al equipo.

En este trabajo se anexan fotos, diagramas y tablas que facilitan la comprensión del lector. Se anexan también diagramas, dimensiones y características técnicas de los elementos neumáticos proporcionadas por el proveedor.

1.1. Justificación

La empresa cuenta con varios equipos para la automatización y monitoreo de sus redes de distribución, una de ellas es el moto-operador ONE VG cuyo objetivo principal es de cerrar y abrir un mecanismo llamado cuchillas tripolares en grupo (CT`s). Actualmente por falta de mantenimiento y desinterés estos equipos se encuentran ya obsoletos y en malas condiciones, no aptos para la función que se requiere lo cual ha llevado a la empresa a adquirir otros equipos más actualizados como son los interruptores de gas y de aceite cuyo precio comercial están muy elevados, son inestables además de ser peligrosos por los fluidos que maneja, por esta razón se reconsidero el tema del operador neumático viendo la forma de hacerlo más eficiente. De esta manera levantar el automatismo en las redes de distribución, para esto se desarrollara el proyecto cuyo nombre define su objetivo: **Implementación de mejoras de cuchillas de operación en grupo automatizadas con moto operador modelo ONE VG.**

1.2. Objetivos

Aquí se describen los objetivos que se pretenden alcanzar con la implementación de mejoras en el moto operador ONE VG, en primer lugar encontraremos los objetivos generales posteriormente los objetivos específicos.

1.2.1. Objetivos generales

Rediseñar los sistemas del moto-operador para conseguir una mejor operación en los mecanismos de CT`s, con esto aumentar la confiabilidad y eficacia de operación en los seccionamientos[4] de las redes de distribución de energía eléctrica en la zona san Cristóbal de las casas, así como disminuir los tiempos muertos durante las maniobras y evitar accidentes.

[4] Un punto de seccionamiento es un conjunto de elementos de hardware y software que fueron diseñados para el monitoreo de señales en redes de distribución. Su función es captar señales de la línea de distribución, procesarla y principalmente intervenir cuando ocurre una falla en la red de Distribución.

1.2.2. Objetivos específicos

En el sistema mecánico

- Reducir las vibraciones mecánicas
- Eliminar el sistema electrónico ya que se ha observado varias deficiencias.

En el sistema neumático:

- Evitar fugas
- Regular la distribución del aire comprimido
- Regular el movimiento vaivén del pistón
- Prolongar la vida útil del las partes neumáticas, con esto prolongar los programas de mantenimiento
- Colocar interruptores manuales para evitar accidentes.

1.3. Caracterización del área de trabajo

En esta sección se darán datos relevantes de la empresa. Las funciones, procesos y actividades que se realizan dentro del área de trabajo donde se desarrollara el proyecto.

1.3.1. Antecedentes

Hasta el año 1980 en la división sureste así como en las demás divisiones del ámbito nacional, cada subestación trabajaba con el sistema tradicional, es decir en el momento de presentarse la falla, el interruptor o restaurador abría el circuito, si era urbano inmediatamente se detectaba la ausencia de potencial y se instruía al personal para que se trasladara a la subestación para ver el tipo de protección que había operado e implementar las acciones de restablecimiento, si la interrupción ocurría en una subestación de tipo rural donde ni siquiera había comunicación por teléfono con los usuarios afectados y donde el tiempo del traslado del personal para la atención a este tipo de eventos o contingencia era significativamente prolongado, ya que debe considerarse desde el momento de la interrupción hasta que el usuario afectado podría trasladarse a una población con teléfono y avisar a la comisión federal de electricidad de la interrupción, para ello pasaban muchas horas y en ocasiones hasta días.

La inquietud del personal de distribución de la división sureste con el objeto de buscar la forma de enterarse lo más pronto posible de lo que sucedía en una subestación rural y lejana se propuso un sistema audible que permitiera la detección a distancia de la ausencia del servicio de energía eléctrica de la subestación no atendida o retirada del centro de trabajo y mandara la señal hasta los radios receptores con que cuentan los ingenieros encargados de la operatividad del sistema.

1.3.2. Procesos que se realizan en el área de distribución

Dentro del área de distribución de energía eléctrica donde se maneja la calidad y continuidad de servicio hacia los clientes de la baja tensión (13.8 KV), se tiene pues dentro de ella la responsabilidad directa de todas las líneas de distribución, por lo que es necesario monitorear estas líneas en secciones colocando equipos en puntos estratégicos para la detección de fallas por medio de radio. Un punto de seccionamiento es un conjunto de elementos de hardware y software que fueron diseñados para el monitoreo de señales en redes de distribución. Su función es captar señales de la línea de distribución, procesarla y principalmente intervenir cuando ocurre una falla en la red de distribución. Cuando se presenta una falla en la rama a la que ellos están alimentándose se opera una protección de disparo en los alimentadores, estas operaciones de protección son llamadas recierres[3], en las cuales después del disparo inicial se deja pasar un intervalo de tiempo y luego se manda cerrar de nuevo al alimentador, si ya no se encuentra presente la condición de falla del sistema queda normalizado, sino, el proceso de disparo se volverá a repetir. Si la protección se vuelve a disparar se declara una falla franca, para localizarla se procede a realizar una serie de aperturas y cierres de unos mecanismos llamados cuchillas tripolares (CT´s).

El moto-operador neumático ONE VG es un equipo diseñado para aplicarse en la automatización de sistemas eléctricos de distribución para la operación de CT's en forma local u automática (a control remoto).

El objetivo es reducir el tiempo de interrupción por usuario este es decir es el tiempo que el usuario no dispone del servicio de energía eléctrica.

[3] recierres: intervalo de tiempo de la operación de la protección por falla en que el sistema energiza nuevamente la parte fallada, si el motivo de la falla desapareció, la sección fallada recupera su carga, en caso contrario vuelve a operar la protección.

En la figura 1.1 se muestra un circuito de distribución de energía San Cristóbal de las casas-Teopisca, básicamente las demás redes de distribución siguen la misma secuencia.

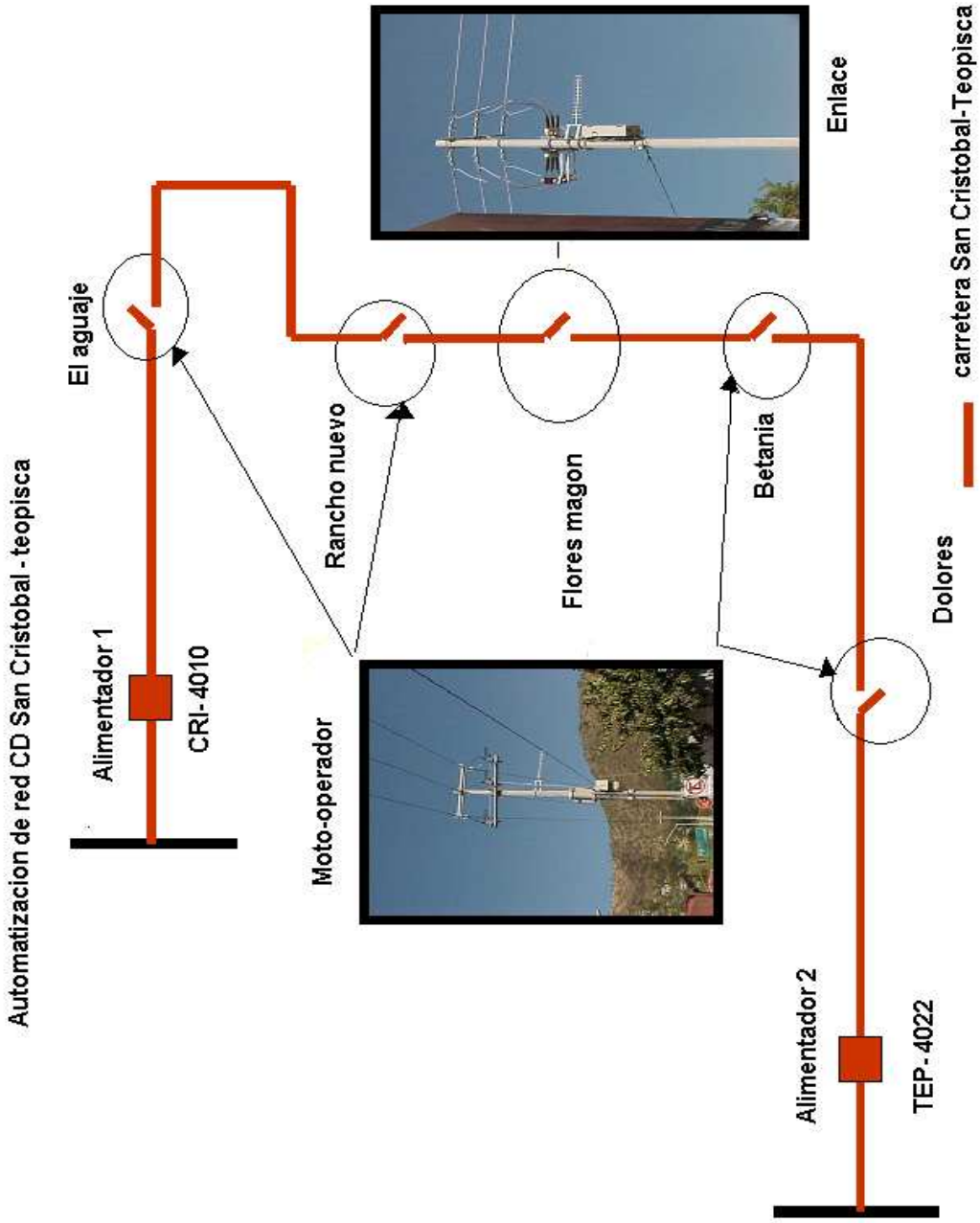


Figura 1.1. Circuito de red de distribución San Cristóbal de las casas - Teopisca

Cuando ocurre fallas en las redes de distribución los operadores en turno tienen la obligación de realizar los siguientes procedimientos.

1. - Se presenta la falla.
2. - Opera la protección y el interruptor abre.
3. - Transcurrido el tiempo opera el primer recierre.
4. - La falla está aún presente y el interruptor abre nuevamente.
5. - Opera el segundo recierre.
6. - La falla continúa y el interruptor vuelve a abrir por protección.
7. - Se declara la falla franca.
8. - El personal se prepara a patrullar el circuito para seccionarlo, localizar la falla y repararla.

Considerando la figura 1.1 podemos realizar el siguiente ejemplo

Tómese en cuenta la figura 1.2, vamos a suponer que la falla se presenta en la sección 3 dentro de las cuchillas tripolares 3 (CT-3).

1. - Dispara el circuito, espera sus recieres y queda fuera.
2. - Después de 70 segundos (tiempo programable) abren todas las CT`s.
3. -Se prueba el alimentador y dispara, (con esto se localiza la falla en la primara sección sí estuviese en esta sección).
4. - Si la falla no se encuentra en la primera sección, el alimentador energiza la primera sección y alimenta el lado fuente de CT1 (cuchilla tripolar 1).
5. - Después de detectar voltaje por 20 segundos (tiempo programable) la CT1 cierra, alimentado la falla y dispara el alimentador.
6. - Las CT1 abren y se bloquea, el alimentador cierra, tomando la carga de la primera sección (con esto se localiza la falla en la segunda sección sí estuviese ahí).
7. - Si la falla no se encuentra en la segunda sección el alimentador energiza la segunda sección y alimenta el lado fuente de CT2.
8. - Después de detectar voltaje por 20 segundos (tiempo programable) la CT2 cierra, alimentado la falla y dispara el alimentador.
9. - Las CT2 deberán abrirse y bloquearse.
10. - Prueba a través del alimentador y queda energizado el circuito hasta la sección 2.
11. – Se localiza y se repara la falla en sección 3.

Nota: Si la falla ocurriera en la sección siguiente, el procedimiento de localización y seccionamiento seria siguiendo la secuencia anterior.

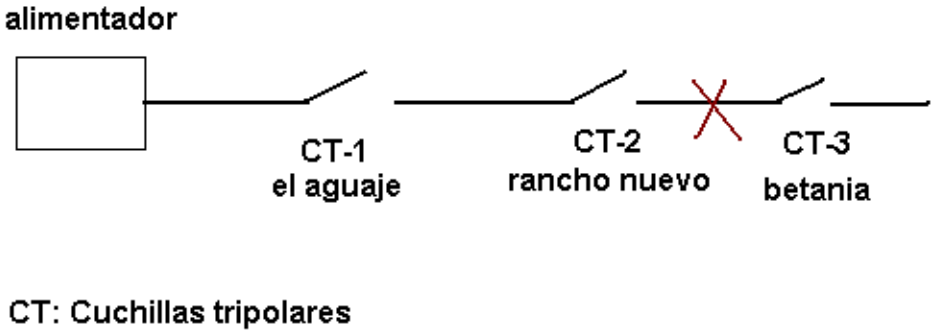


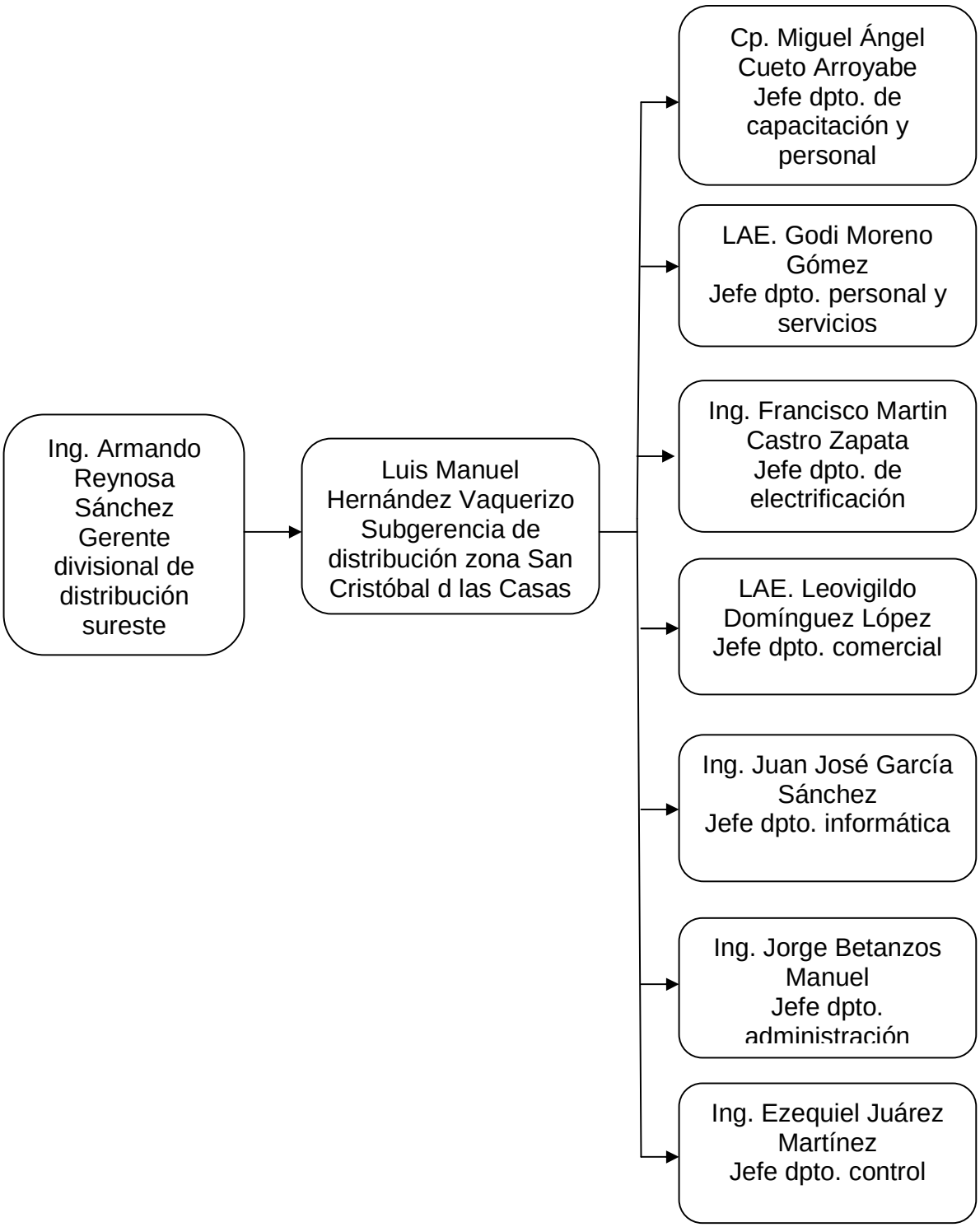
Figura 1.2. Circuito con falla en la sección 3

Los tipos de fallas son:

- Falla transitoria, es aquel disturbio en el sistema eléctrico que ocasiona sobre corrientes o sobre tensiones capaces de hacer operar alguna protección y que por naturaleza son de corta duración; descargas atmosféricas, objetos extraños que golpean las líneas.
- Falla franca, es aquella de carácter permanente que para su liberación o restablecimiento requiere de la intervención del personal, por ejemplo un poste caído, un conductor roto, etc.

Mas del 90 % de las fallas son transitorias, por lo que una vez eliminado el motivo de la falla la línea, circuito o ramal pueden energizarse casi de inmediato sin mayor problema. Los interruptores cuentan con la función de recierre. Esto es; el recierre puede hacer varios intentos, si en todos ellos opera la protección se declara la falla franca.

1.3.3. Organigrama



1.3.4. Descripción del departamento donde se realizara el proyecto

De los diferentes departamentos con las que cuenta el área de distribución se opto por el departamento de control para que lleve a cabo la supervisión de las mejoras que se implementen en el moto-operador, ya que dentro de la empresa es la encargada de programar mejoras en las redes de distribución.

La oficina de control es la encargada de planear, adquirir, instalar y supervisar el mantenimiento de los equipos de control automatizadas de la división sureste.

Por lo tanto las actividades del departamento van encaminadas a:

- salvaguardar la seguridad del personal al liberarlo de tareas complicadas, repetitivas y peligrosas.
- Reducir el factor de riesgo humano.
- Ahorrar tiempo en la solución de problemas.
- Reducir los gastos de operación.

Las Oficinas de dicho departamento cuenta con:

- Dos cubículos: Cada una con una PC equipada con su respectivo escritorio, dos instantes donde guardar archivos y una mesa de distintos usos.
- Un cuarto de control: también llamada unidad central maestra donde se encuentran los equipos como radios, que sirven para monitorear las redes de distribución
- Una sala de monitoreo: En esta parte es donde el operador (personal) vigila y monitorea los seccionamientos, teniendo la responsabilidad de llevar los procedimientos adecuados cuando se presente una falla ya sea transitoria o franca.
- Un taller: El lugar donde se realizan los trabajos manuales, reparación y rediseños de los equipos con los que cuenta la empresa. Contando con las maquinas y herramientas necesarias.
- Una bodega: en este lugar se guardan y reciclan equipos o partes de ello para su desecho o reutilización.
- Recepción: Personal de vigilancia se encuentra en esta área para llevar el control del acceso del personal a la subestación.

1.4. Descripción del moto-operador modelo ONE VG y montaje.

Para darnos idea del acoplamiento del moto-operador con las cuchillas tripolares véase la figura 1.3.

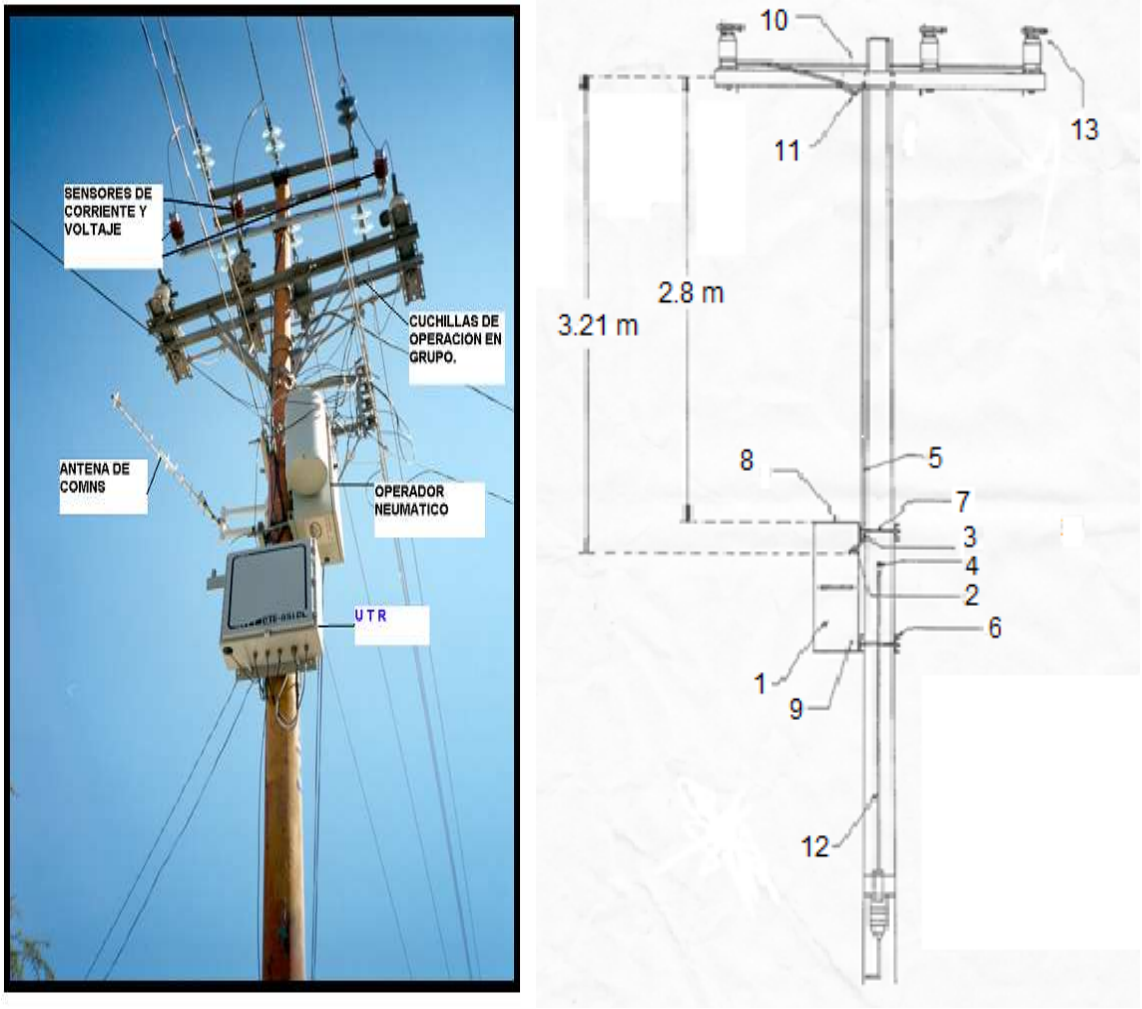


Fig. 1.3. Montaje del moto- operador

Donde:
1.- Dispositivo motriz (moto-operador)
2.- Brazo de operación
3.- Cople universal tubular
4.- Ensamble de barra guía
5.- tubo de operación superior 3.81 CM (1.5 In)
6.- Cruceta canal 102 mm X 400 mm
7.- Tornillo DR 16 mm X 457 mm
8.- Orejas de levantamiento

9.- Conector de tierra
10.-Palanca de operación
11.- Ensamble de leva
12.- Tubo de operación inferior
13.- Cuchillas tripolares

El mecanismo que abre las cuchillas es un operador neumático ONE VG que es un equipo diseñado para aplicarse en la automatización de sistemas eléctricos de distribución para la operación de CT´s en forma local o automática (a control remoto) con este equipo instalado se tendrá mayor seguridad que en una operación de las cuchillas realizadas en forma manual por su velocidad y fuerza constante en su accionamiento.

La unidad Terminal remota (UTR) es un equipo de control que nos permite el enlace del estado de una subestación (en este caso el moto operador) y monitorearlo a través de la unidad central maestra; esta nos permite ver en forma grafica el estado de apertura o cierre de los seccionamientos. Así como ejecutar mandos de apertura y cierre en forma remota sobre interruptores o restauradores instalados.

El conjunto o sistema que forman el moto-operador son:

- El envolvente (gabinete),
- Sistema mecánico,
- Sistema neumático
- Sistema eléctrico.

El cual en conjunto proporcionan una fuerza de giro (par de torsión) en forma horizontal por medio de una flecha donde se acoplan mecanismos para trasmitir dicha fuerza hasta su acción final la de cerrar y abrir las cuchillas tripolares. Se muestra en la figura 1.4 las partes que forman el moto-operador.

Fig.1.4. Moto – operador ONE VG

1.4.1. Gabinete

Es la parte que protege los elementos del moto operador para evitar daños a intemperie, ya que el equipo es colocado a medio ambiente para realizar su función, por lo que es necesario que el gabinete cuente con protección para servicio a intemperie por ello está fabricado en lamina de acero calibre No. 12 USG recubierta con pintura de aceite, sus características son las siguientes:

- Sus dimensiones son 410 mm de largo, 920 mm de alto y 390 mm de ancho.
- Puerta abisagrada y provista de empaque:
  La puerta debido a las bisagras puede girar hasta 180 grados para una mayor comodidad al colocar los componentes del moto operador y en futuro para darle mantenimiento.
- Cerradura de seguridad con llave o sin llave, según se requiera.

- Medios para sujeción y conexión a tierra.
  Son partes salientes del gabinete donde permite sujetar los cables por medio de cinchos. Para la conexión a tierra cuenta con una perforación en la parte inferior derecha por donde pasara el cable a tierra.
- Canales de soporte (4 piezas)
- Herrajes de maniobra.
  Por medio de este herraje podemos mantener la puerta abierta sin que esta nos estorbe, es decir evita que la puerta se mueva en el momento de proporciónale mantenimiento al equipo.
- Base para el cilindro.
  Está localizada en la parte inferior izquierdo hacia el fondo, más que una base es un relleno una parte saliente del gabinete para poder soldar a esta el cilindro, sus dimensiones son pequeñas dependiendo de las dimensiones del cilindro que se monte. El cilindro se monta a la base rígida para evitar que esta se mueva y produzca la fuerza necesaria para hacer rotar el eje o flecha.
- Escuadra base de gancho de enclave.
  Es un medio donde se instala un gancho de enclave situado en la parte superior izquierdo del gabinete.
- Bases de microchip.
  Es una caja metálica en donde se encuentran todas las partes eléctricas del sistema, también cuenta en su parte frontal con un panel para visualizar las funciones del equipo.
- Base para tope de pistón.
- Base de chumacera.
- Buje para flecha.

1.4.2. Sistema neumático

Este sistema es encargado de generar el movimiento de vaivén del pistón utilizando aire comprimido como fluido de potencia, se presenta el diagrama de conexiones neumáticas en la figura 1.5.

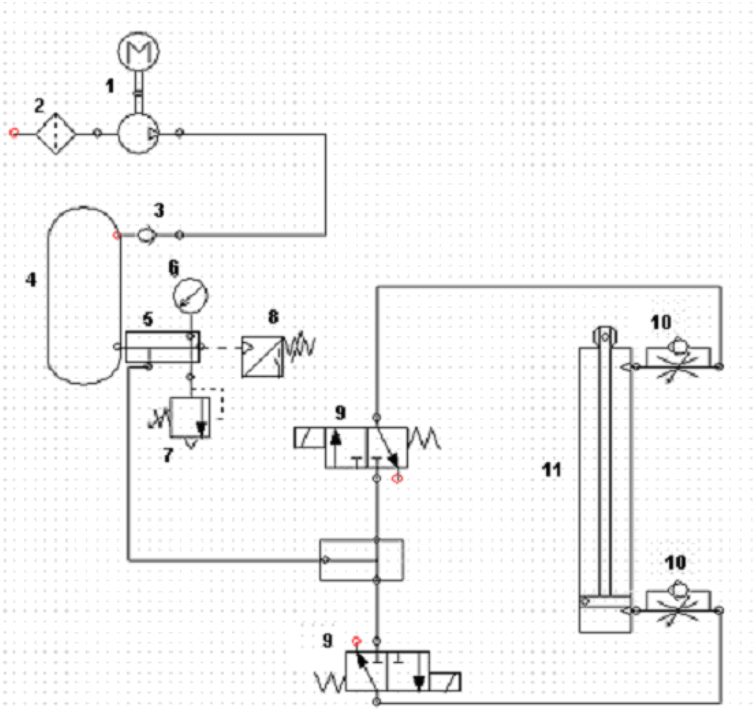


Figura 1.5. Conexiones neumáticas del moto-operador

Las partes que lo forman son:

1. Compresor 1hp 127V CA
2. Filtro
3. Válvula check
4. Tanque para almacenamiento de aire 48 lts.
5. Distribuidor de aire
6. Manómetro 0 – 10.34 bar
7. Válvula de seguridad
8. Interruptor de presión(presostato) 482.633 – 689.475 KPa (ajustable)
9. Electro válvulas con bobinas o solenoides (2 piezas)
10. Válvula reguladora de caudal
11. Pistón de doble efecto.
12. Accesorios (tubería neumático de aluminio con conectores, tubería neumáticos de plástico con conectores y Tornillos.)

1.4.3. - Sistema eléctrico

Este sistema es él más complejo en comparación de las demás, es la parte que controla las operaciones del equipo de forma automática, detecta por sí sola la falla y manda a disparar la protección del interruptor, posteriormente (si la falla sigue presente) a un tiempo programable realiza las aperturas y cierres del las CT`s, para localizar la falla.

Básicamente se compone de dos partes el panel de control y la tarjeta electrónica. Véase figura 1.6.

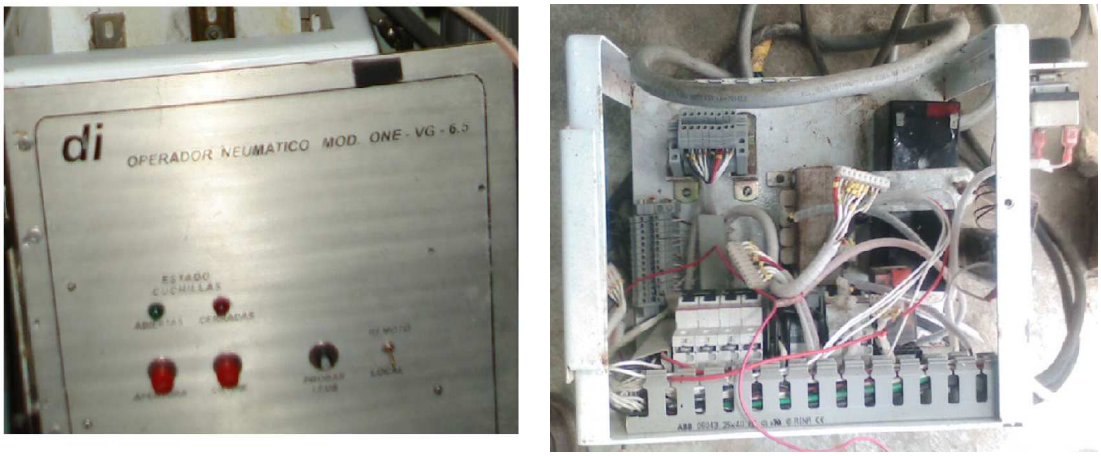


Fig. 1.6. Panel de control y tarjeta electrónica

Panel de control y tarjeta electrónica montados en puerta abisagrada del modulo integral para facilitar el acceso a fusibles, potenciómetros de ajuste y respuestas electrónicas.

El panel de control cuenta con lo siguiente:

1. Selector local – remoto.
2. Botón de leds indicando posiciones abierto y cerrado.
3. Botones para mandos de cierre apertura en posición local.

Los componentes de estos sistemas son:

- Cables, interruptores, batería
- Leds focos pilotos, relevadores , trasformador
- Contador, supresor ,resistencia
- Tarjeta de control
- Canaletas
- Micro interruptores

- Fusibles

1.4.4. - Sistema mecánico.

Este sistema es el encargado de convertir el movimiento rectilíneo del pistón en movimiento giratorio, además de poder mantener el estado abierto de las cuchillas gracias a un sistema de enclave. Véase figura 1.7.

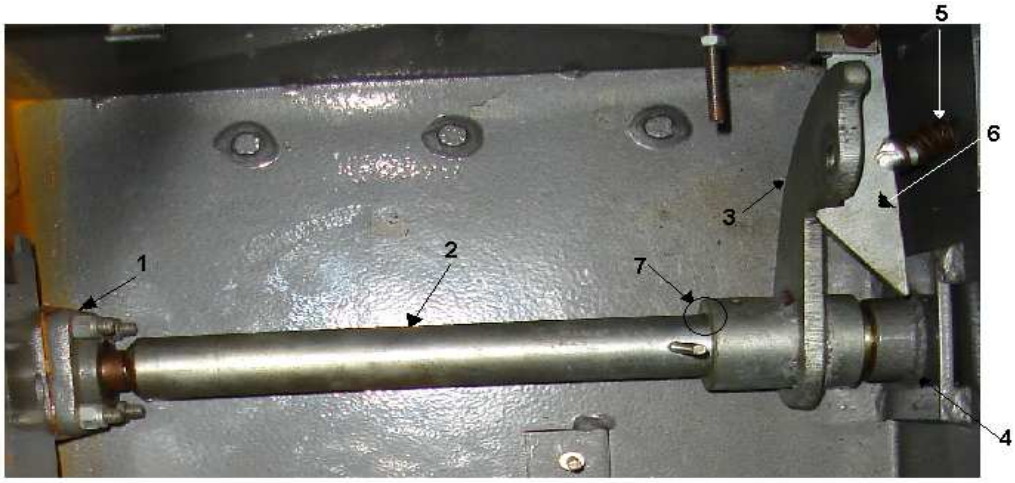


Fig. 1.7. Sistema mecánico del moto-operador

1. Chumacera de pared 15.88mm: permite el movimiento giratorio de la flecha y a su vez para sostenerlo, en flechas de alta velocidad es necesario estar engrasando periódicamente las chumaceras, en este caso no es necesario un análisis periódico pero si engrasarlo cuando se le da mantenimiento general al equipo.

2. Flecha de 38.1mm: Esta flecha es la encargada de trasmitir el par de torque al mecanismo de cuchillas tripolares, con una ranura en la parte donde se une con la leva llamada cuñero, donde se coloca la cuña. Véase figura 1.8.

3. Leva: Esta leva une el pistón con la flecha, gracias a su diseño hace que el mecanismo de transmisión de movimiento lineal a giratorio no se trabe.

4. Grasera 3.18 mm para buje: es una perforación en la parte lateral derecha del gabinete por donde pasa la flecha para unirse con el mecanismo de cuchillas, también debe de sostener la flecha de tal forma que no produzca tanta fricción al rotar esta, para esto se utilizan sellos o ring entre la flecha y el buje.

5. Resorte: el resorte empuja el gancho para que este se agarre con la leva, es de tipo helicoidal de compresión con 3 cm de diámetro y 10 cm de longitud, se monta sobre una base y una guía del gancho.

6. Gancho de enclave: este gancho sostiene la leva cuando el pistón ha llegado a su carrera final, impidiendo el regreso de este hasta que una fuerza superior al resorte desenclave la leva, este mecanismo es de suma importancia ya que sin ella las cuchillas tripolares por acción de su peso tenderían a cerrarse formando arcos eléctricos.

7. Cuña cuadrada de 7.94 mm: esta trasmite la potencia de la leva al eje, colocado entre los cuñeros de la leva y el eje

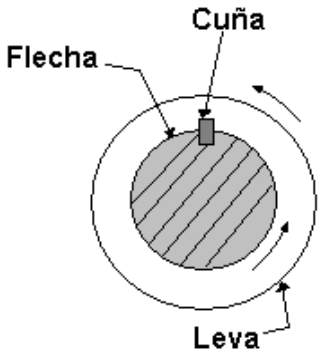


Fig. 1.8. Transmisión de potencia por cuña

1.5. Problemas a resolver

Después de analizar el equipo durante días y de acuerdo a los objetivos especificados podemos tener una relación de los problemas que vamos a resolver.

a) Reducir las vibraciones mecánicas, debido a la vibración que produce el moto-compresor el equipo produce aflojamientos en las conexiones neumáticas y mecánicas, produciendo asimismo con el paso del tiempo incremento de fugas y desgastes en las partes criticas.
b) Evitar fugas, ya que esta es la principal causa de la falta o pérdida de presión en la red de aire comprimido de nuestro equipo.
c) Regular el movimiento vaivén del pistón, hacer que el pistón entregue la fuerza requerida con menos esfuerzo y que se auto enclavé.
d) Prolongar la vida útil de las piezas neumáticas, los componentes neumáticos se encuentran muy deteriorados por oxidación, algunos ya obsoletos, además la parte neumática no cuenta con filtros que le sirvan para mantener la pureza del aire por esa misma razón se tienen piezas demasiadas oxidadas ya que en su mayoría son de cobre.
e) Demasiados componentes y sistemas eléctricos que hacen difícil al personal entender su funcionamiento y detectar posibles fallas, por lo que se tiene que rediseñar el equipo de tal manera que el sistema eléctrico no tenga ninguna función en el equipo y se pueda eliminar. Además dicho sistema eléctrico detecta automáticamente las fallas mandando abrir y cerrar (recierres) la protección de los alimentadores, por lo que cualquier falla ya sea la mínima diferencia de voltaje interrumpirá el servicio de energía a los usuarios.
f) Colocar interruptores manuales para evitar accidentes del personal, cuando se requiera utilizar el equipo manualmente se tiene pensado colocar botones de opresión para que el personal opere con seguridad.

1.6. Alcances y limitaciones

Con una implementación de mejoras en el diseño del moto operador se pretende cubrir los problemas planteados en el tema anterior (sección 1.5). De esta manera cumplir con los objetivos propuestos.

Una de nuestra propuestas es la reducción de las vibraciones mecánicas por medio de tacones de neopreno alcanzando un aislamiento del casi el 90% de las vibraciones, se pretende aislar el moto-compresor ya que este es la que genera las vibraciones, lamentablemente no se podrá aislar totalmente ya que el equipo trabaja a la intemperie por lo que es necesario que el moto-compresor se encuentre dentro del gabinete para conservarlo en buen estado.

Con la reducción de vibraciones mecánicas también podremos cubrir el problema de las fugas ya que al reducir las vibraciones estamos haciendo que las partes de acoplamiento tengan menos desgaste por fatiga y evitar que estas se aflojen, además proponemos utilizar racores tipo quick star este tipo de tecnología resiste las vibraciones y los picos de presión. Complementando con un rediseño general en la parte neumática e implementando elementos neumáticos adecuados al equipo tendremos una mejor distribución de aire comprimido en el sistema por lo que tendremos un trabajo controlado y eficiente del pistón. Además el rediseño neumático se hará de tal manera que se puedan sustituir las funciones del sistema eléctrico y así poder eliminar este sistema ya que ha presentado varias deficiencias.

Implementando las mejoras al equipo, el trabajo de recierres de las CT`s se realizaran de manera segura e eficiente, evitando tiempos muertos en el servicio de energía.

El equipo fue diseñado para trabajar solo con mecanismo de CT`s, es decir no se pueden acoplar otros tipos de mecanismos, y dentro de la CFE se cuentan con diferentes tipos de mecanismos que manejan cargas mas grandes por lo que es necesario utilizar mayor fuerza la cual el equipo no lo puede proporcionar.

2. Fundamento teórico y parámetros del diseño

El diseño en ingeniería es el proceso de idear un sistema, componente o proceso para satisfacer ciertas necesidades. Es un proceso de toma de decisiones en el que las ciencias básicas, las matemáticas y las ciencias de ingeniería se aplican para convertir recursos en forma óptima a fin de cumplir un objetivo estipulado. Entre los elementos fundamentales del proceso de diseño se encuentran el establecimiento de objetivos y criterios, síntesis, análisis, construcción, ensayos y evaluación.

El diseño comienza cuando alguien se da cuenta de una necesidad y decide hacer algo al respecto. Identificar la necesidad y expresarla en determinado número de palabras es una actividad sumamente creativa, pues la necesidad puede manifestarse simplemente como un vago descontento, o bien, por la intuición de una dificultad o en la sensación de que algo no está bien.

Una vez que la necesidad ha sido claramente reconocida, el siguiente paso es comenzar a crear ideas de diseño que satisfagan la necesidad. Una vez que la idea ha sido creada, resulta necesario encontrar un medio de evaluar la calidad de esa idea para satisfacer los requisitos de la necesidad, una manera de hacer esto es construir la idea de diseño sugerida.

Una vez que el modelo ha sido preparado, es necesario evaluar la idea de diseño propuesta ejercitando el modelo. Como resultado de las pruebas efectuadas en el modelo, se debe de tener una medida cuantitativa del éxito o fracaso de la idea. Sin importar que tan bien un diseño pueda satisfacer una necesidad humana, el diseño no puede convertirse en un producto útil si los detalles del mismo no se comunican a aquellos que implementaran su uso.

2.1. Vibraciones mecánicas

El estudio de las Vibraciones Mecánicas es una rama de la Mecánica, y por lo tanto de la Ciencia, que estudia los movimientos oscilatorios de los cuerpos, sistemas y de las fuerzas asociadas. El interés de las vibraciones mecánicas llega al mantenimiento industrial de la mano del mantenimiento preventivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Maquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

El interés principal para el Mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de la Vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las Vibraciones Mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

2.1.1. Movimiento armónico

Un sistema aislado de las vibraciones puede ser considerado como un sistema simple Masa-Resorte (ver Fig. 2.1). Este sistema visualiza al equipo al cuál se quiere aislar como una masa a la cual se le aplica una fuerza vibratoria – generada por su mecanismo de funcionamiento – y está soportada a tierra o un elemento fijo mediante un elemento elástico – resorte – con cierta rigidez o constante del resorte.

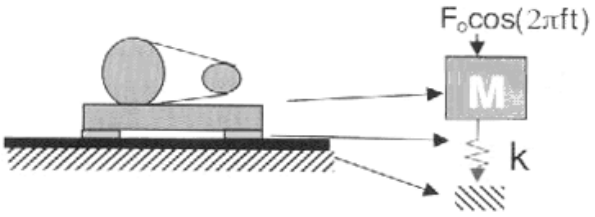


Fig. 2.1. Sistema masa-resorte

Frecuentemente se representa el movimiento armónico como la proyección sobre una línea recta de un punto que se mueve en una circunferencia a velocidad constante, como se muestra en la figura 2.2. Si ω es la velocidad angular de la línea *OP*, el desplazamiento *x* puede escribirse como

$$x = Asen\omega t \quad \text{.....(2.1-1)}$$

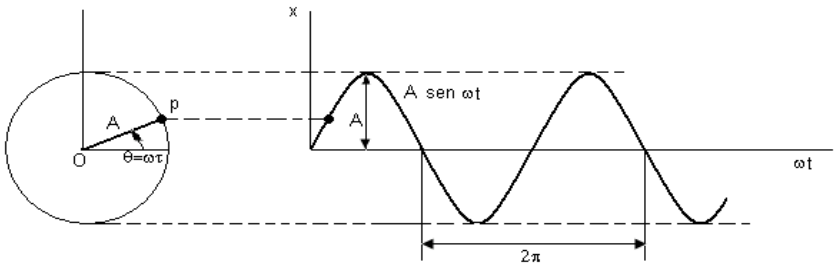


Fig. 2.2. Movimiento armónico como proyección de un punto que se mueve en una circunferencia.

La cantidad ω es generalmente en radianes por segundo y se denomina frecuencia circular. Como el movimiento se repite cada 2π radianes tenemos

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} = 2\pi f \quad \text{.....(2.1-2)}$$

En donde τ y f son el periodo y la frecuencia del movimiento armónico, usualmente medidos en segundos y ciclos por segundo respectivamente.

- Frecuencia: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
- Desplazamiento: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.

La segunda ley de newton es la primera base para examinar el movimiento del sistema. Como se muestra en la figura 2.3 la deformación del resorte en la posición de equilibrio estático es Δ y, la fuerza del resorte *k*Δ es la fuerza gravitacional ω que actúa en la masa *m*:

$$k\Delta = w = mg$$ .....(2.1-3)

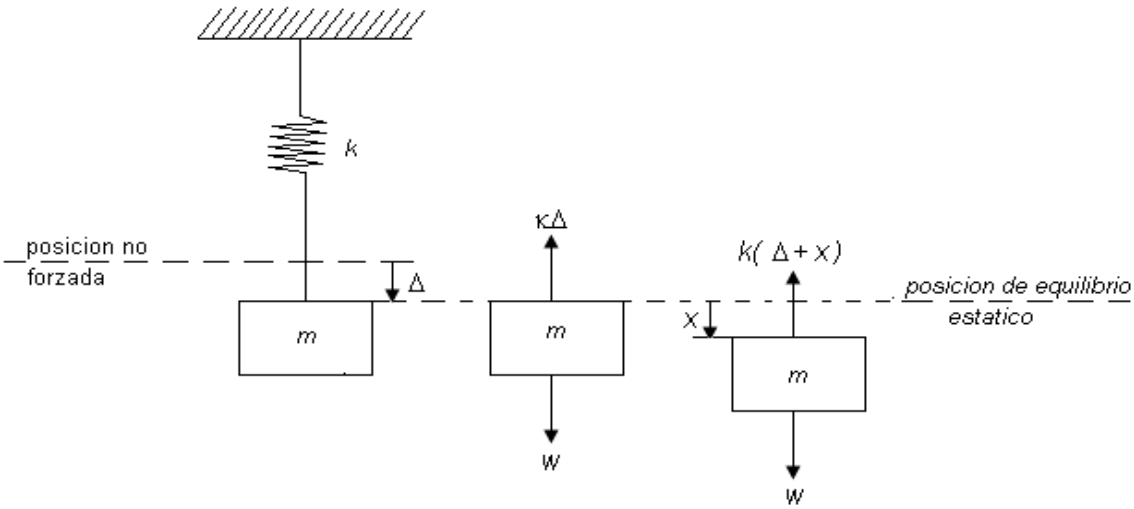


Fig. 2.3. Diagrama de cuerpo libre masa-resorte

Definiendo la frecuencia circular ω_n por medio de la ecuación:

$$\omega_n^2 = \frac{k}{m}$$ .....(2.1-4)

El periodo natural de oscilación se establece a partir de $\omega_n \tau = 2\pi$ o

$$\tau = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$ .....(2.1-5)

Y la frecuencia natural es:

$$fn = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}}$$ .....(2.1-6)

Se observa que la frecuencia natural de vibración depende de la masa del equipo y de la constante del resorte.

Estas cantidades pueden expresarse en función de la deflexión estática Δ, observado la EC. $k\,\Delta = mg$, así la ecuación puede expresarse como:

En milímetros:

$$fn(rpm) = \frac{945.6}{\sqrt{\Delta(mm)}} \quad \text{(2.1-7a)}$$

En pulgadas:

$$fn(rpm) = \frac{188}{\sqrt{\Delta(in)}} \quad \text{(2.1-7b)}$$

Por lo tanto, podemos seleccionar un aislador de acuerdo a su deflexión estática (Δ).

2.2. Neumática

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

De los antiguos griegos procede la expresión "Pneuma", que designa la respiración, el viento y, en filosofía, también el alma. Como derivación de la palabra "Pneuma" se obtuvo, entre otras cosas el concepto neumática que trata los movimientos y procesos del aire.

Presión:

Se define como la fuerza normal producida por unidad de área que actúa sobre la frontera del sistema. En los sistemas en reposo, la presión es uniforme en todas las direcciones alrededor de un volumen elemental de fluido. Sin embargo, la presión puede variar dentro del sistema en el caso de un fluido en presencia de un campo gravitatorio. La variación de la presión al aumentar la profundidad en una piscina o un lago y la variación de la presión atmosférica con la altura son ejemplos conocidos.

Aunque la presión atmosférica varía con el lugar de la tierra y con el tiempo, la atmósfera estándar constituye una referencia valiosa para el valor de la presión. Se define como la presión ejercida por una columna de mercurio de 760mm de altura exactamente a 273.15 K y bajo la aceleración de la gravedad estándar.

1 atm = 1.01325 bars = 14.696 lb_F / in^2 (Psia)…… (2.2-1)

La presión en un lugar determinado de un sistema puede darse referida a la presión cero o referida a la presión atmosférica. La **presión absoluta** se mide respecto a la presión absoluta cero. Una p**resión manométrica** es la diferencia de presión entre la presión absoluta del fluido y la presión atmosférica.

Pabs = Patm + Pman…….…….... (2.2-2)

Una presión manométrica negativa, que se tiene cuando la presión atmosférica es mayor que la presión absoluta, frecuentemente recibe el nombre de **presión de vació** como se ilustra en la figura 2.4.

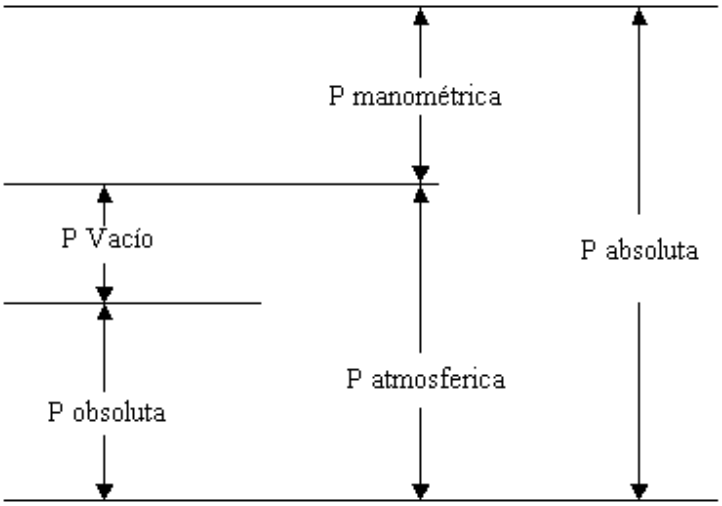


Fig. 2.4. Diagrama de presiones

Presiones y temperaturas absolutas.

Los cálculos del circuito tratando con cambios de volumen y presión de aire debe ser realizado usando la presión absoluta y los valores absolutos de la temperatura.

Presión absoluta (Psia) = presión dada (Psi) + 14.7 psi……. (2.2-3a)
Presión absoluta (Pa abs) = presión dada (Pa) + 101 Kpa……... (2.2-3b)
Temperatura absoluta (ºR) = temperatura (ºF) + 460…….…. (2.2-4a)
Temperatura absoluta (K) = temperatura (ºC) + 273…….. …. (2.2-4b)

Ley general de los gases.

Es una combinación de la ley de Boyle, charles y Gay-Lussac definida por.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \text{…… (2.2-5)}$$

La ley general del gas contiene los tres parámetros del gas (presión, temperatura y volumen), donde ninguno se mantiene constante durante el proceso del estado 1 al estado 2. Por obtener el valor de T, P o V se deben mantener constantes, la ley general del gas se reduce a las ley de Boyle, charles, o Gay Lussac, respectivamente. Por ejemplo, si $T_1 = T_2$, la ley general se reduce a:

$P_1V_1 = P_2V_2$ (ley **de Boyle**)…… (2.2-6)

Es decir temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas.

2.2.1. Compresor

Para producir el aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado.

Un compresor es una máquina que comprime aire u otro tipo de gas de un nivel de baja presión (generalmente atmosférico) a un nivel deseado más alto de la presión. Esto es alcanzado reduciendo el volumen del gas. El aire comprimido son unidades generalmente de desplazamiento positivas y son del tipo de émbolo reciprocante, tornillo rotatorio o de los tipos rotatorios de la veleta.

Tipos de compresores

Se distinguen dos tipos básicos de compresores: El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo). El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

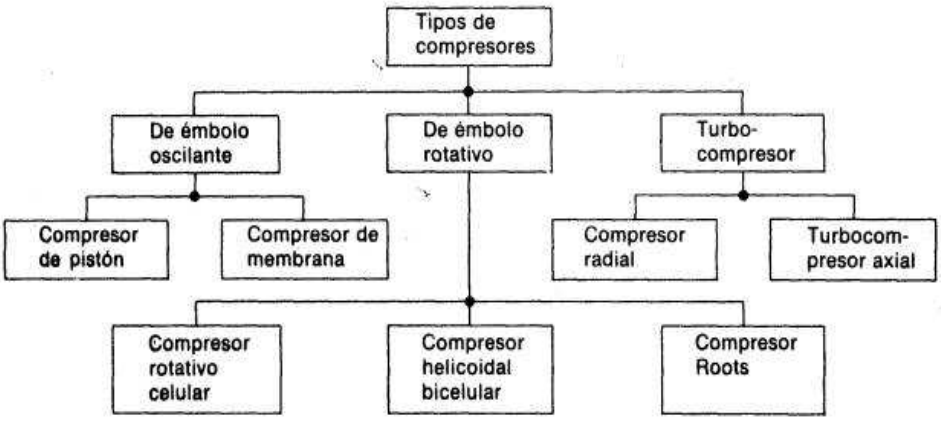


Fig. 2.5. Clasificación de compresores

El tipo de compresor con el que trabaja el equipo es de tipo de embolo oscilante por lo que solo se tratara de este tema y no se hablaran de los diferentes tipos de compresores ya que no es de nuestro interés.

Compresores de émbolo o de pistón

Este compresor funciona en base a un mecanismo de excéntrica que controla el movimiento alternativo de los pistones en el cilindro. Cuando el pistón hace la carrera de retroceso aumenta el volumen de la cámara por lo que disminuye la presión interna, esto a su vez provoca la apertura de la válvula de admisión permitiendo la entrada de aire al cilindro. Una vez que el pistón ha llegado al punto muerto inferior inicia su carrera ascendente, cerrándose la válvula de aspiración y disminuyendo el volumen disponible para el aire, esta situación origina un aumento de presión que finalmente abre la válvula de descarga permitiendo la salida del aire comprimido ya sea a una segunda etapa o bien al acumulador.

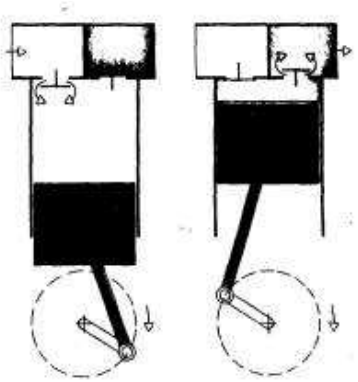


Figura 2.6. Compresor de émbolo oscilante

Calculo de la capacidad del compresor

El aire comprimido se valora generalmente en términos de cfm (pies cúbicos por minuto) de aire libre, definidas en condiciones atmosféricas normales. cfm de aire libre se llama scfm cuando el aire comprimido está en las condiciones atmosféricas uniformes de 14.7 psia y 68 ºF. La abreviación de scfm significa pies cúbicos estándar por minuto. Por lo tanto, en un cálculo es necesario determinar la capacidad de compresor en términos de cfm de aire o scfm para una aplicación dada. En unidades métricas un cálculo semejante se hace usando m^3/min. De aire libre o estándar m^3/min. También se pueden dar en LPM (litros por minuto) donde las condiciones atmosféricas

son uniformes de 101 KPa abs y 20 ºC. el cálculo del caudal se realiza por la siguiente ecuación.

$$Q_1 = Q_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \left(\frac{T_1}{T_2} \right) \text{..... (2.2-8)}$$

Otro parámetro importante es la determinación de la potencia requerida para el compresor al manejar el aire comprimido, la siguiente ecuación puede ser usada para determinar la potencia teórica requerida del compresor.

$$hp = \frac{P_{in} Q}{65.4} \left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{0.286} - 1 \right] \text{.....(2.2-9a)}$$

$$kW = \frac{P_{in} Q}{17.1} \left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{0.286} - 1 \right] \text{..... (2.2-9b)}$$

Dadas en unidades inglesas (a) y métricas (b) respectivamente

2.2.2. Elementos de mando

Los elementos de señalización y mando que modulan las fases de trabajo se denominan válvulas.

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por un compresor o almacenado en un depósito (tanque).

Para el tratamiento de la información y órganos de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el flujo de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido.

Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- Distribuir el fluido
- Regular caudal
- Regular presión

Según su función las válvulas se subdividen en 4 grupos:

- Válvulas de bloqueo
- Válvulas de presión
- Válvulas de caudal
- Válvulas de cierre

Válvula check

Las válvulas antiretorno impiden el paso absolutamente en un sentido; en el sentido contrario, el aire circula con una pérdida de presión mínima. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, una bola, un disco o una membrana.

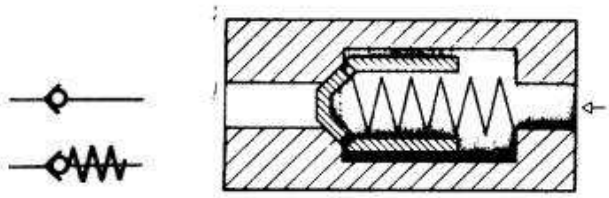


Fig. 2.7. Válvula check

Válvula de estrangulación

También se conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional. Estrangula el caudal de aire en un solo sentido. Esta válvula cierra el paso del aire en un sentido, y el aire puede circular sólo por la sección ajustada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través de la válvula antiretorno abierta. Estas válvulas se utilizan para regular la velocidad de cilindros neumáticos.

Para los cilindros de doble efecto, hay por principio dos tipos de estrangulación. Estas válvulas deben montarse lo más cerca posible de los cilindros.

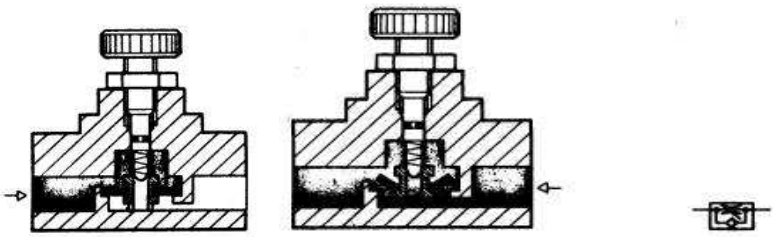
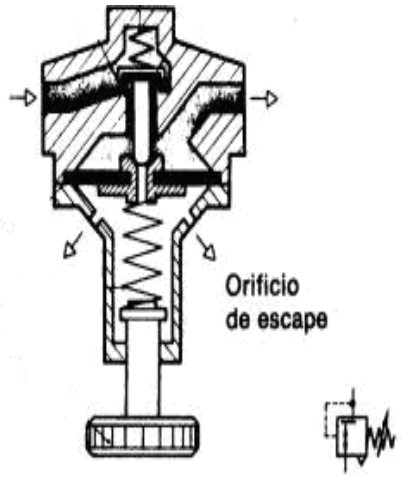


Fig. 2.8. Regulador unidireccional

Válvula limitadora de presión



Estas válvulas se utilizan, sobre todo, como válvulas de seguridad (válvulas de sobre presión). No admiten que la presión en el sistema sobrepase un valor máximo admisible. Al alcanzar en la entrada de la válvula el valor máximo de presión, se abre la salida y el aire sale a la atmósfera. La válvula permanece abierta, hasta que el muelle incorporado, una vez alcanzada la presión ajustada en función de la característica del muelle, cierra el paso.

Fig. 2.9. Válvula limitadora de presión

Válvulas de caudal

Estas válvulas influyen sobre la cantidad de circulación de aire comprimido; el caudal se regula en ambos sentidos de flujo.

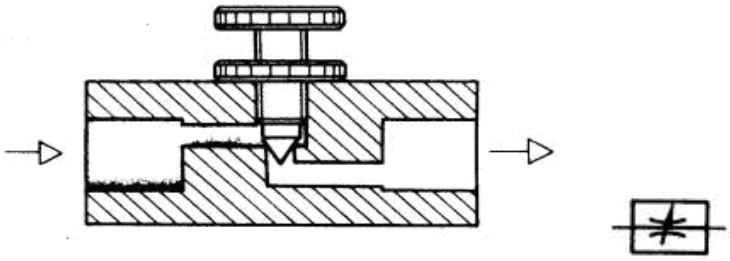


Fig. 2.10. Válvula reguladora de caudal

2.2.3. Elementos de información

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop).Son válvulas de varios orificios (vías) los cuales determinan el camino que debe seguir el fluido bajo presión para efectuar operaciones tales como puesta en marcha, paro, dirección, etc.

Pueden ser de dos, tres, cuatro y cinco vías correspondiente a las zonas de trabajo y, a la aplicación de cada una de ellas, estará en función de las operaciones a realizar.

Electroválvulas

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremamente largas y cortos tiempos de conexión.

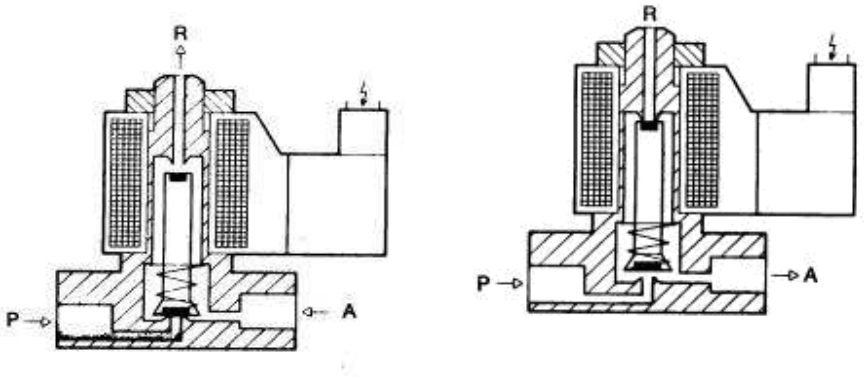


Fig. 2.11. Electroválvulas con bobinas

La electroválvula posee dos bobinas y cuyo funcionamiento es similar a los flip-flops electrónicos. Con este sistema, para que la válvula vaya de una posición a la otra basta con aplicar un pequeño pulso eléctrico a la bobina que está en la posición opuesta. Allí permanecerá sin importar que dicha bobina siga energizada y hasta que se aplique un pulso en la bobina contraria. La principal función en estos sistemas es la de "memorizar" una señal sin que el controlador esté obligado a tener permanentemente energizada la bobina.

En estas válvulas, los diversos orificios se unen o cierran por medio de una corredera de émbolo, una corredera plana de émbolo o una corredera giratoria. Consiste en un cuerpo que en su interior contiene una parte móvil y una serie de pasajes internos. La parte móvil puede (al adoptar diversas posiciones) desconectar o comunicar entre sí, de diversas formas, a estos pasajes internos. La parte móvil la constituye una pieza torneada que puede deslizarse (como si fuera un pistón) dentro de una cavidad cilíndrica que tiene el cuerpo de la válvula. La forma de esta parte móvil en el caso de las válvulas direccional se asemeja a un grupo de varios émbolos pequeños, unidos a un eje que los atraviesa por el centro y que los mantiene separado entre sí.

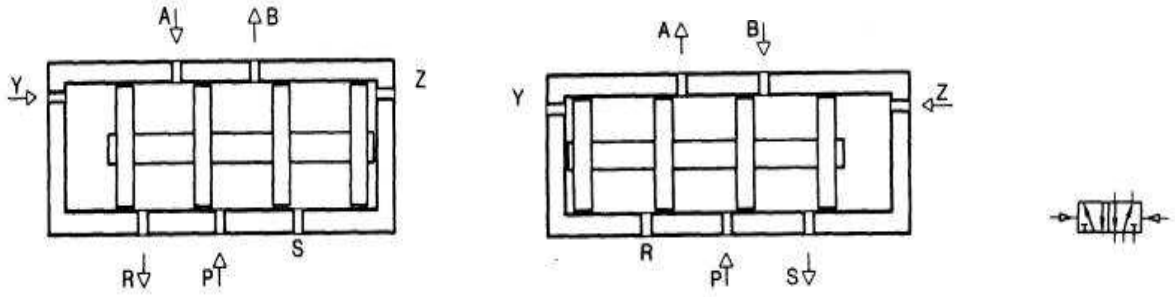


Figura 2.12. Válvula distribuidora 5/2 (principio de corredera longitudinal)

En la figura 2.13 aparece la ruta que sigue el aire a presión con una válvula 5/2 y un cilindro de doble efecto. La mayoría de las electroválvulas tienen un sistema de accionamiento manual con el cual se pueden activar sin necesidad de utilizar señales eléctricas. Esto se hace solamente en labores de mantenimiento, o simplemente para corroborar el buen funcionamiento de la válvula y del cilindro, así como para verificar la existencia del aire a presión.

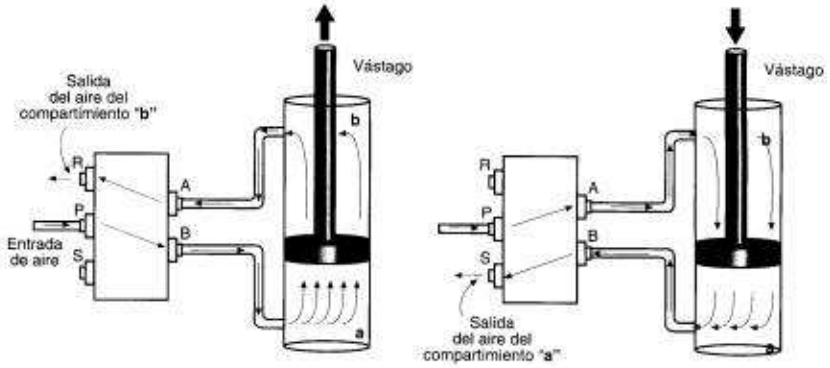


Fig. 2.13. Dirección del flujo

Válvulas de accionamiento manual de 3/2 vías

En estas válvulas, los empalmes se abren y cierran por medio de bolas, discos, placas o conos. La estanqueidad se asegura de una manera muy simple, generalmente por juntas elásticas. Los elementos de desgaste son muy pocos y, por tanto, estas válvulas tienen gran duración. Son insensibles a la suciedad y muy robustas.

Las válvulas distribuidoras 3/2 se utilizan para mandos con cilindros de simple efecto o para el pilotaje de servo elementos.

Estás válvulas son de concepción muy simple y, por tanto, muy económicas. Se distinguen por sus dimensiones muy pequeñas.

Un muelle mantiene apretada la bola contra el asiento; el aire comprimido no puede fluir del empalme P hacia la tubería de trabajo A. Al accionar el taqué, la bola se separa del asiento. Es necesario vencer al efecto la resistencia M muelle de reposición y la fuerza del aire comprimido.

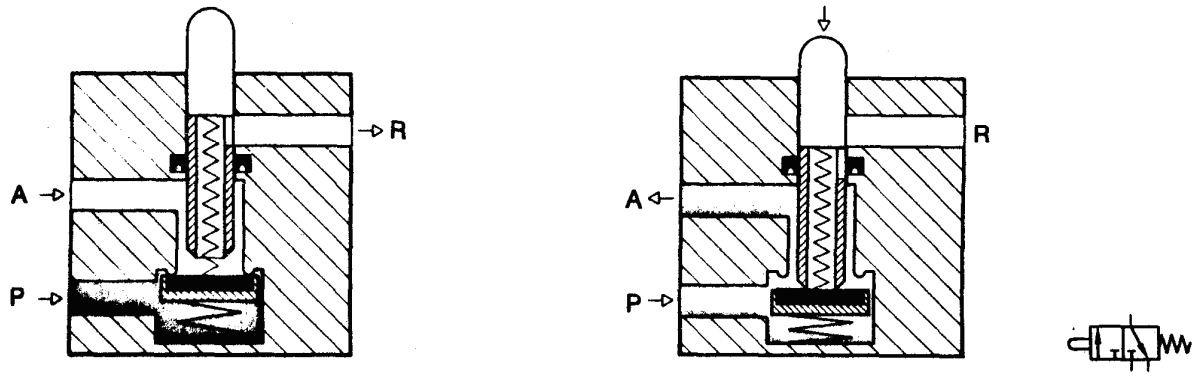


Fig. 2.14. Válvula distribuidora 3/2 accionamiento manual

Al accionar el taqué se cierra primeramente el conducto de escape de A hacia R, porque el taqué asienta sobre el disco. Al seguir apretando, el disco se separa del asiento, y el aire puede circular de P hacia A. El retorno se realiza mediante un muelle.

Las válvulas pueden accionarse manualmente o por medio de elementos mecánicos, eléctricos o neumáticos.

2.2.4. Elementos neumáticos de trabajo

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro.

Cilindros de doble efecto

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

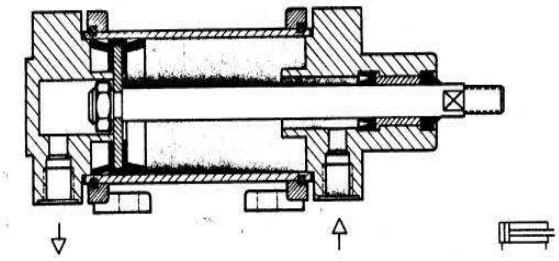


Figura 2.15. Cilindro de doble efecto.

Cilindros con amortiguación Interna

Cuando las masas que traslada un cilindro son grandes, al objeto de evitar un choque brusco y daños es utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momentos antes de alcanzar el final de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior .En cambio, es dispone de una sección de escape muy pequeña, a menudo ajustable.

El aire comprimido se comprime más en la última parte de la cámara del cilindro. La sobre presión producida disminuye con el escape de aire a través de las válvulas antiretorno de estrangulación montadas (sección de escapo pequeña). El émbolo se desliza lentamente hasta su posición final. En el cambio de dirección del émbolo, el aire entra sin obstáculos en la cámara del cilindro por la válvula antiretorno.

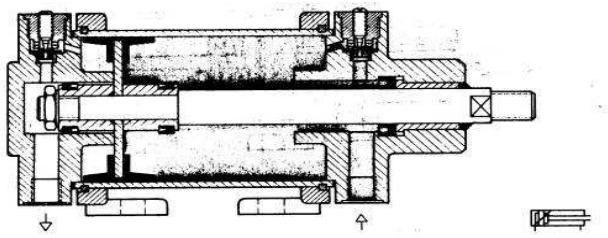


Figura 2.16. Cilindro con amortiguación interna.

Fijaciones

El tipo de fijación depende del modo en que los cilindros se coloquen en dispositivos y máquinas. Si el tipo de fijación es definitivo, el cilindro puede ir equipado de los accesorios de montaje necesarios. De lo contrario, como dichos accesorios se construyen según el sistema de piezas estandarizadas, también más tarde puede efectuarse la transformación de un tipo de fijación a otro.

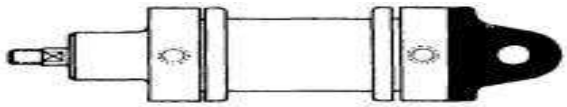


Fig. 2.17. Brida posterior oscilante

2.2.5. Unidad de mantenimiento

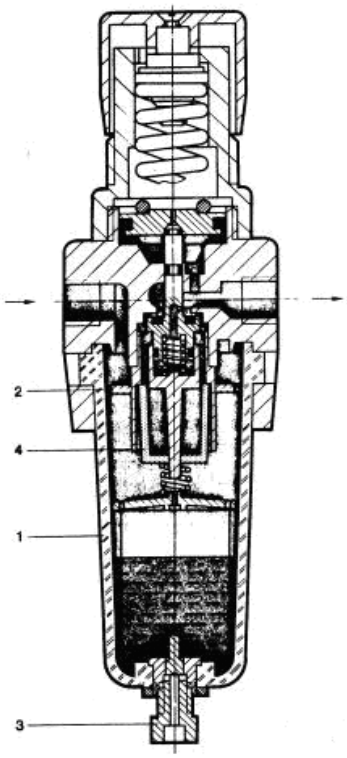


Fig. 2.18. Filtro de purga automática

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada. En los procesos de automatización neumática se tiende cada vez a miniaturizar los elementos (problemas de espacio), fabricarlos con materiales y procedimientos con los que se pretende el empleo cada vez menor de los lubricadores. Consecuencia de esto es que cada vez tenga más importancia el conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido, para lo cual se crea la necesidad de realizar un filtraje que garantice su utilización. El filtro tiene por misión:

- Detener las partículas sólidas
- Eliminar el agua condensada en el aire

Para entrar en el recipiente (1), el aire comprimido tiene que atravesar la chapa deflectora (2) provista de ranuras directrices. Como consecuencia se somete a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por el efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente.

En el filtro (4) [ancho medio de poros, 40 µm] sigue la depuración del aire comprimido.

Dicho filtro (4) separa otras partículas de suciedad. Debe ser sustituido o limpiado de vez en cuando, según el grado de ensuciamiento del aire comprimido.

El aire comprimido limpio pasa entonces por el regulador de presión y llega a la unidad de lubricación y de aquí a los consumidores.

Los depósitos deben construirse de material irrompible y transparente. Generalmente pueden limpiarse con cualquier detergente.

Generalmente trabajan siguiendo el siguiente proceso: El aire entra en el depósito a través de un deflector direccional, que le obliga a fluir en forma de remolino. Consecuentemente, la fuerza centrífuga creada arroja las partículas líquidas contra la pared del vaso y éstas se deslizan hacia la parte inferior del mismo, depositándose en la zona de calma.

La pantalla separadora evita que con las turbulencias del aire retornen las condensaciones. El aire continúa su trayecto hacia la línea pasando a través del elemento filtrante que retiene las impurezas sólidas. Al abrir el grifo son expulsadas al exterior las partículas líquidas y sólidas en suspensión.

El agua no debe pasar del nivel marcado que normalmente traen los elementos, puesto que en la zona turbulenta el agua sería de nuevo arrastrada por el aire.

La condensación acumulada en la parte inferior del recipiente (1) se deberá vaciar antes de que alcance la altura máxima admisible, a través del tornillo de purga (3). Si la cantidad que se condensa es grande, conviene montar una purga automática de agua.

El filtro que se usa contiene un regulador de presión: Los reguladores de presión son aparatos de gran importancia en aplicaciones neumáticas. Normalmente son llamados mano reductores, que son en realidad reguladores de presión.
Para su aplicación en neumática debemos entender su funcionamiento y comportamiento ante las variaciones bruscas de presión de salida o frente a demandas altas de caudal.

3. Cálculos y resultados del diseño

En este capítulo se realizaran los cálculos correspondientes para la implementación de mejoras, se aplicaran los conocimientos matemáticos y de las ciencias mecánicas vistas en el capitulo anterior para llevarnos a los resultados correctos en la elección de las modificaciones que se harán en el equipo.

Una vez comprendido el funcionamiento principal del equipo (visto en el capitulo dos) y teniendo los conocimientos necesarios (vistos en el capitulo dos) se analizaran las posibles mejoras que se pueden implementar en dichos sistemas, no obstante para poder implementar mejoras es necesario conocer los problemas que se tienen con el equipo, tomando en cuenta lo que se analizo en la página 20 los problemas a resolver son:

a) Reducir las vibraciones mecánicas, debido a la vibración que produce el moto-compresor el equipo produce aflojamientos en las conexiones neumáticas y mecánicas, produciendo asimismo con el paso del tiempo incremento de fugas y desgastes en las partes criticas.
b) Evitar fugas, para que el sistema aproveche al máximo el aire comprimido, dando un mayor rendimiento al pistón y menos trabajo para el compresor.
c) Regular el movimiento vaivén del pistón, hacer que el pistón entregue la fuerza requerida con menos esfuerzo y que se auto enclavé.
d) Prolongar la vida útil de las piezas neumáticas, los componentes neumáticos se encuentran muy deteriorados por oxidación, algunos ya obsoletos, además la parte neumática no cuenta con filtros que le sirvan para mantener la pureza del aire por esa misma razón se tienen piezas demasiadas oxidadas ya que en su mayoría son de cobre.
e) Demasiados componentes y sistemas electrónicos que hacen difícil al personal entender su funcionamiento y detectar posibles fallas, por lo que se tiene que rediseñar el equipo de tal manera que el sistema eléctrico quede obsoleto y se pueda eliminar
f) Colocar interruptores manuales para evitar accidentes del personal, cuando se requiera utilizar el equipo manualmente se tiene pensado colocar botones de opresión para que el personal opere con seguridad.

3.1. Cálculo neumático

El principio del funcionamiento neumático del moto-operador es producir una fuerza de vaivén por medio de un elemento de trabajo, para producir dicha fuerza se manipula el fluido de potencia (aire comprimido) a través de elementos neumáticos los cuales deben estar en buenas condiciones y libres de impurezas para tener un optimo rendimiento.

3.1.1. Cálculo de las fuerzas para operar las CT`s

Por datos de campo se sabe que el par de torsión necesario para operar las cuchillas tripolares (CT`s) es de 13.3 kg•m, dentro de un rango de presión de 70psi (482.633KPa) a 120psi (827.4 Kpa).

Tomando estos valores de entrada tenemos lo siguiente:

T_1= 13.3 kg•m=130.47 N•m

P_1 = 70 psi= 482.633 Kpa

P_2 = 120 psi= 827.4 Kpa

Donde:

T_1= par necesario para abrir las cuchillas tripolares

P_1 = presión mínima de trabajo

P_2 = presión máxima de trabajo

Consideremos la figura 3.1, para el cálculo de la fuerza del embolo del pistón a partir del par de torsión T1.

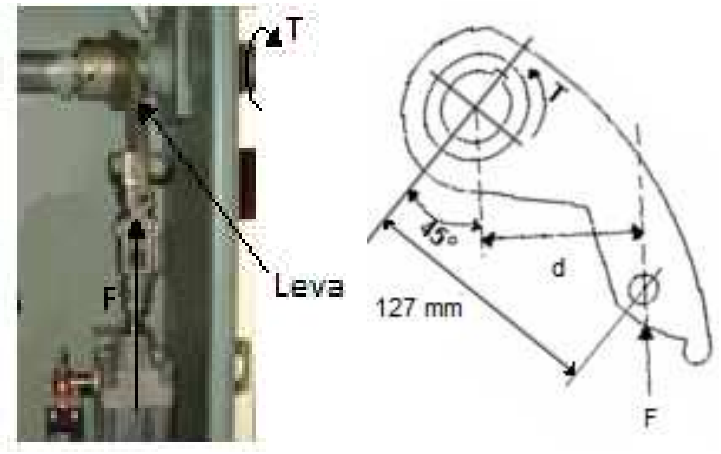


Fig. 3.1. Representación del sistema Pistón-leva-flecha

Donde:

F= fuerza que proporciona el pistón

T= Torsión que proporciona la flecha al mecanismo de cuchillas tripolares

Utilizando el teorema de Pitágoras para calcular la distancia d

$$d = 0.127 sen 45° = 0.09m$$

Se sabe que para el cálculo de la torsión:

$$T = F \bullet d$$

Despejando F

$$F = T / d$$

Por lo tanto para

$$F_1 = \frac{T_1}{d} = \frac{130.47 N \bullet m}{0.09m} = 1449.67 N = 1.45 KN$$

Donde:

F_1= fuerza mínima del embolo para accionar la apertura de las CT`s

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica del émbolo se calcula con la siguiente ecuación:

En el avance

$$F_t = A \bullet P \quad \text{..... (3.2-1)}$$

Donde:

$$F_t = \text{Fuerza teórica del embolo (N)}$$
$$\text{A} = \text{Superficie útil del embolo } (\text{m}^2)$$
$$\text{p} = \text{Presion de trabajo} \qquad (\text{KPa})$$

Despejando A

$$A = F_t / P$$

Por lo tanto para A_1 se tiene

$$A_1 = \frac{F_1}{p_1} = \frac{1.45KN}{482.633KPa} = 0.003m^2$$

Donde:

A_1= superficie útil del embolo para producir la fuerza necesaria F_1

Sabemos que:

$$A = \pi r^2$$

Despejando r se tiene:

$$r_1 = \sqrt{\frac{A_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.003m}{3.1416}} = 0.031m$$

Donde:

r_1= radio del embolo del pistón optimo

Dentro del mercado la pieza que más se acerca a este dato es el cilindro de doble efecto, proporcionado por FESTO, cuyas características se muestran el anexo A4 pág. 75.

Cabe mencionar que este cilindro es de auto enclave por lo que ya no es necesario el gancho de enclave que mantenía al pistón y las cuchillas en el estado de apertura.

Ahora calcularemos la fuerza que nos produce este cilindro cuando se opera en el cierre de las CT`s, es decir la fuerza producida en el retorno del pistón.

En el retorno

$$F_1' = A' \bullet P \quad \text{..... ..... (3.2-2)}$$

Donde

$$A' = \text{superficie util del anillo de embolo}$$

$$A' = (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4}$$

$$F_1'' = \text{fuerza minima del embolo para accionar el cierre de las CT`s}$$

Tomando datos de la tabla en anexos A4 (pág. 75)

D=diámetro del embolo=63mm=0.063m

d=diámetro del vástago=20mm=0.02m

$$A' = \left[(0.063)^2 - (0.02)^2\right]\frac{\pi}{4} = 0.0028m^2$$

$$F_1' = 0.0028 \bullet 482650 = 1351.42N = 1.35KN$$

De manera análoga ahora utilizando la máxima presión

P_2 = 827.4Kpa

Se obtienen:

Fuerza máxima del embolo en el avance para operar la apertura de las CT`s.

$$F_2 = 2498.74N = 2.5KN$$

Y la fuerza máxima del embolo en el retroceso para operar el cierre de las CT`s.

$$F_2' = 2316.72N = 2.317KN$$

Utilizando la ecuación 3.2-3 y las fuerzas calculadas en la parte anterior podemos elaborar la siguiente tabla:

Presiones de trabajo	Fuerza en avance	Fuerza en retroceso	Par de torsión en avance	Par de torsión en retroceso
Pmax 827.47 Kpa	2.5 KN	2.317 KN	224.88 N•m	208.5 N•m
Pmin 482.63 Kpa	1.45 KN	1.35 KN	130.47 N•m	121.62 N•m

Tabla 3.1. Fuerzas máximas y mínimas en el avance y retroceso del cilindro

3.1.2. Capacidad del compresor

Tomando la ecuación 2.2-9a (ver pág. 31) en el capitulo dos se tiene que:

$$hp = \frac{P_{in} Q}{65.4}\left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)^{0.286} - 1\right]$$

En la parte de anexos (A1) para el moto-compresor que usamos se sabe que:

$$hp = 1$$

$$P_{out} = 90\, psi$$

Por la ecuación 2.2-3a (ver pág. 28) para convertir este valor en absoluto

$$P_{out} = 104.7\, psia$$

Las condiciones atmosféricas son:

$P_{in} = 14.7\, psia$ (Estándar)

Despejando Q en la EC. 2.2-9a y sustituyendo los valores anteriores se tiene que.

$$Q = \frac{65.4 hP}{P_{in}\left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)^{0.286} - 1\right]}$$

$$Q = \frac{65.4}{14.7\left[\left(\frac{104.7}{14.7}\right)^{0.286} - 1\right]} = 5.9\, scfm$$

Se sabe que por tabla de anexos (A8).

$$1scfm = 28.4LPM$$

Por lo tanto

$$Q = 5.9scfm = 167.56LPM \blacktriangleleft$$

El resultado anterior es válido si el motor eléctrico trabajara el 100% de su eficiencia, pero se sabe que en la práctica no es así, por lo que se supone que el motor trabajara el 75 % de su eficiencia, ya que la mayoría de estos equipos oscilan entre este valor.

Por lo tanto el compresor entrega aire a:

$$Q_{teorico} = 5.9scfm = 167.56LPM$$

$$Q_{actual} = Q_{teorico} \bullet n_o = 5.9 \bullet 0.75$$

$$Q_{actual} = 4.425scfm = 125.67LPM \blacktriangleleft$$

3.1.3. Velocidad del embolo

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento demando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antiretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antiretorno y de estrangulación, y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores (véase figura 3.2).

En este caso el aire de alimentación entra libremente en el cilindro; se estrangula el aire de escape. El émbolo se halla entre dos cojinetes de aire. Esta disposición mejora

considerablemente el comportamiento del avance. Por esta razón, es el método más adecuado para cilindros de doble efecto.

En el caso de cilindros de volumen pequeño y de carrera corta, la presión en el lado de escape no puede formarse con la suficiente rapidez, por lo que en algunos casos habrá que emplear la limitación M caudal de alimentación junto con la del caudal de escape.

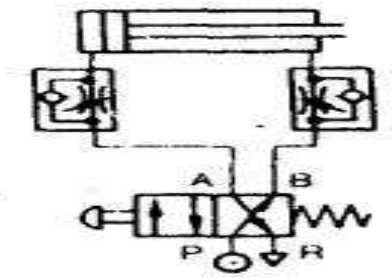


Fig. 3.2. Arreglo de válvulas unidireccionales a las salidas del cilindro

3.1.4. Consumo de aire

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.

Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinado, el consumo de aire se calcula como sigue:

Consumo de aire= área transversal $\bullet$ carrera del pistón…….. (3.2-3)

Desarrollando lo anterior se tiene

$$v' = \left[s(\frac{D^2 \bullet \pi}{4}) + s(\frac{D^2 - d^2)\pi}{4} \right] \bullet n$$

Simplificando nos queda

$$v' = \frac{s\pi}{4}\left(2D^2 - d^2\right) \bullet n \text{ ……. (3.2-4)}$$

Donde

$$v' = \text{Cantidad de aire(NL/min)}$$
$$s = \text{Longitud de carrera(m)} = 0.25\text{m}$$
$$n = \text{Ciclos por minuto}$$
$$D = \text{Diametro del embolo} = 0.063\text{m}$$
$$d = \text{Diametro del vastago} = 0.02\text{m}$$

Sustituyendo los datos anteriores se tiene:

$$v' = \frac{0.25\pi}{4}\left(2(0.063)^2 - (0.02)^2\right) \bullet n = 1.48x10^{-3} m^3 \bullet n$$

No se tiene un estándar de números de cierres y aperturas por un intervalo de tiempo por lo que desconocemos a n. pero podemos interpretar nuestro resultado como el consumo de aire en un ciclo (avance y retorno del pistón) sin importar el tiempo en que se tarde el recorrido. Por lo tanto el consumo de aire es:

$v' = 0.00148 m^3 = 1.48 litros$ ◄ en una ciclo de trabajo

Utilizando la ecuación 2.2-6 (ver pág. 28).

$P_1V_1 = P_2V_2$ (ley de Boyle)

Esta ecuación se utiliza en cilindros-pistón donde mayor presión ejerce el pistón menor volumen ocupa el cilindro y cuando menor presión ejerce el pistón mayor volumen ocupa el cilindro. En el caso de un acumulador ocurre lo contrario, por lo tanto:

$P_1V_2 = P_2V_1$…… (3.2-5)

P_2 (presión máxima)= 827.4Kpa+103.1Kpa=930.5Kpa abs

P_1 (presión mínima)= 482.65Kpa+103.1Kpa=585.75Kpa abs

V_2 (volumen máximo del tanque)= 48 litros

Despejando V_1 se obtiene:

$$V_1 = \frac{p_1 V_2}{P_2} = \frac{585.75(48)}{930.5} = 30 litros$$

Es decir en la presión mínima 482.65 Kpa tendremos en el tanque 30 litros

Ahora para calcular cuántos ciclos de avance y retorno podemos operar, antes de llegar a la mínima presión si al inicio nuestro tanque está cargado a su máxima presión

$V_2 – V_1$ = 48litros – 30 litros =18 litros

El cilindro consume 1.48 litros según los cálculos anteriores

Numero de ciclos = $\frac{\text{diferencia entre el volumen máximo y mínimo ajustado}}{\text{Volumen consumido por el cilindro}}$

- Numero de ciclos= 18/ 1.48 = 12.16◄

Es decir el equipo operara 12 acciones de aperturas y cierres antes de que el tanque llegue a la minina presión y que el interruptor de presión (presostato) vuelva a accionar al moto compresor para cargarlo a su máxima presión.

Ya sé a calculado la cantidad de aire que entrega el compresor en la parte de arriba, y se obtuvo 125.67 LPM (litros por minuto) y se sabe la cantidad de aire que se consume desde la carga máxima a la carga mínima, por lo tanto podemos calcular el tiempo que se tarda de llenar el compresor el tanque a su capacidad máxima.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \ldots\ldots \text{ (3.2-6)}$$

Despejando t

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{18 litros}{125.67 LPM} = 0.143 \min = 8.6 segundos$$

Con todo lo anterior nuestro prototipo para el rediseño neumático es como se muestra en la figura 3.3.

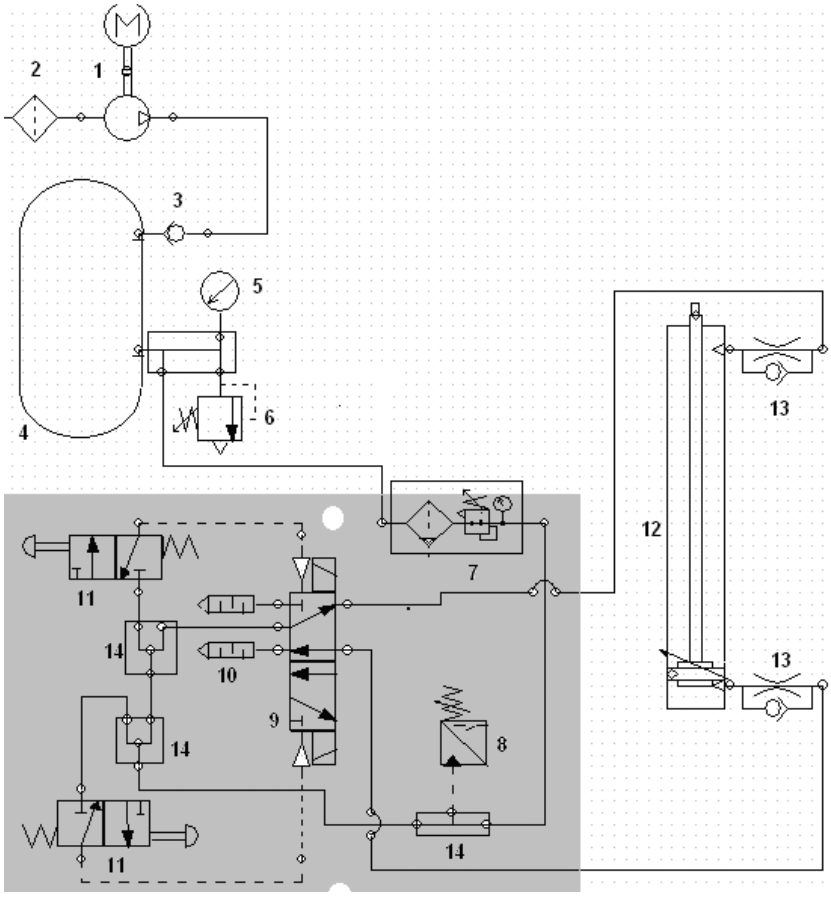


Fig. 3.3. Prototipo de circuito neumático

Teniendo los siguientes elementos:

1. Moto-compresor reciprocante
2.- Filtro del compresor
3.- Válvula antiretorno (válvula check)
4.- Tanque o acumulador de aire
5.- Manómetro
6.- Válvula de alivio o de seguridad
7.- Unidad de mantenimiento (filtro regulador)
8.- Interruptor de presión (presostato)
9.- Electroválvulas con bobinas
10.- Silenciadores
11.- Válvulas de accionamiento manual
12.- Cilindro doble efecto
13.- Válvulas reguladoras de flujo
14.- Conectores

La zona gris es una placa removible donde se montaran la mayoría de los elementos.

3.2. Análisis de vibraciones

Se puede pensar que debido a que el moto-compresor es el que genera la vibración se pudiera hacerle unas modificaciones para controlar sus movimientos rotativos y alternativos logrando una reducción en la vibración, sin embargo por las características y la forma de construcción de esta es imposible hacerle mejoras ya que debido al tipo de compresor que es de tipo embolo rotativo estos siempre van a estar generando vibraciones por su movimiento alternativo que necesitan para comprimir el aire, por lo que la forma más viable para la reducción de vibraciones en nuestro caso es el aislamiento del moto-compresor por medio de tacones de hule de neopreno y resortes para amortiguar.

Existen básicamente 3 tipos de aisladores: Elastómeros; Resortes; y Muelles de Aire. El aislador elastómero más popular es el neopreno.

El primer paso para seleccionar un elastómero para el aislamiento de vibraciones es conocer la frecuencia de disturbio del equipo que se quiere aislar. Esto se realiza mediante inspección de la frecuencia más baja de rotación dentro del equipo.

Las frecuencias del equipo con la que contamos se pueden observar en la siguiente figura (3.4), de acuerdo con los datos proporcionados en la tabla de las características del equipo (anexos A1).

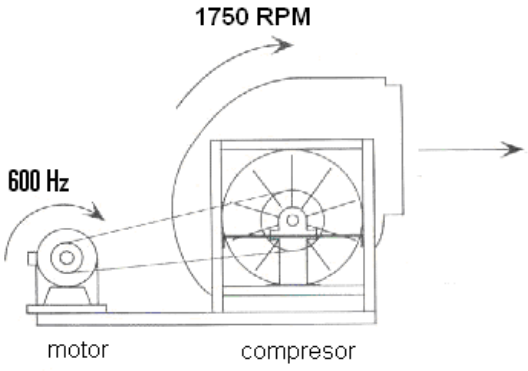


Fig. 3.4. Frecuencias en el moto-compresor

Podemos hacer las conversiones de hertz (Hz) a ciclos por minuto (CPM) por medio de la siguiente operación.

Conversiones:

$$f_n(motor) = 60\,Hz = 60\frac{Ciclos}{s}\left(\frac{60\,s}{1\min}\right) = 3600\,CPM$$

$$f_n(compresor) = 1750\,RPM = 1750\,CPM$$

Por lo tanto la frecuencia de disturbio es:

$$f_d = 1750\,RPM \blacktriangleleft$$

Una vez conocida la frecuencia de disturbio se debe seleccionar la frecuencia del aislador. En esta etapa debemos tener claro qué cantidad de vibraciones necesitamos atenuar, considerando la potencia y tamaño del equipo que se quiere aislar y la sensibilidad del lugar dónde se instalará. Por ejemplo una instalación en un hospital u oficina es más sensible a las vibraciones que una instalación industrial.

Como se puede observar de la ecuación 2.1-6 (ver pág. 25), lo único que podemos controlar para modificar la Fn es la constante del resorte K, dado que la masa M está dada por el equipo que se quiere aislar.

La eficiencia del aislamiento de vibraciones del sistema depende sólo de la relación entre la frecuencia natural del sistema (Fn) y la frecuencia de disturbio (Fd), para fines prácticos es la frecuencia preponderante más baja producida por el equipo a aislar. Cuando la frecuencia natural Fn del sistema es más alta que la frecuencia de disturbio, no existe aislamiento de las vibraciones. Cuando las frecuencias Fn y Fd son iguales se produce una resonancia del sistema operando, por lo tanto, una amplificación de las vibraciones.

Cuando la relación Fd / Fn es igual a aprox. 1,41 comienza a haber un aislamiento de las vibraciones hacia la fundación. Cuando esta relación es igual a 3 se produce un aislamiento del 90% de las vibraciones para la frecuencia de disturbio, en la práctica esta se puede considerar como el aislamiento mínima de un sistema.

Cuando esta relación es de 6, se produce un aislamiento del 99% de las vibraciones para la frecuencia de disturbio. Si aumentamos esta relación a un número mayor a 6, la efectividad del aislamiento prácticamente no cambia por lo que podemos considerar este número para máxima aislamiento.

Por lo tanto, para aislar efectivamente un equipamiento debemos seleccionar un aislador de vibraciones que permita una relación Fd / Fn entre 3 y 6, es decir, que al

estar cargado con una masa M produzca una frecuencia natural los suficientemente baja en relación a la frecuencia de disturbio que permita que la relación Fd / Fn esté entre 3 y 6.

Es decir, que la relación de frecuencias se encuentre entre tres y seis.

$$3 \leq \frac{f_d}{f_n} \leq 6$$

Tenemos que:

$$f_d = 1750 \ \ rpm$$

Para que $\frac{f_d}{f_n} = 3$

$$f_n = \frac{f_d}{3} = 583 \ .33 \ rpm$$

Utilizando la ecuación (2.1-7a)

$$fn(rpm) = \frac{945.6}{\sqrt{\Delta(mm)}}$$

$$\Delta(mm) = \left(\frac{945.6}{fn(rpm)}\right)^2 = \left(\frac{945.6}{583.33}\right)^2 = 2.67\,mm \ \blacktriangleleft$$

De manera análoga para que $\frac{f_d}{f_n} = 6$

$$\Delta(mm) = 10.16\,mm \ \blacktriangleleft$$

Por lo tanto debemos escoger un elastómero de neopreno cuya deflexión estén dentro de:

$$2.54mm \leq \Delta \leq 10.16mm$$

Es decir entre mas se aproxime la deflexión de nuestro tacón de hule de neopreno al valor de 10.16 se estará aproximando al 90% del aislamiento de vibraciones y entre mas se aleje será menos eficiente.

Se buscara dentro del mercado tacones de neopreno de hule que proporcionen las deflexiones anteriores y se acoplen a un montaje simple del moto-compresor, será necesario soldar una nueva base ya que las dimensiones de los tacones modificaran la forma de montaje que se utilizaba anteriormente.

4. Implementación de mejoras

En el capitulo anterior se realizaron los cálculos matemáticos y físicos para respaldar que nuestras implementaciones a realizar sean las correctas, es decir se evaluó las propuestas de rediseño a base de ecuaciones, leyes y teorías mecánicas. En el capitulo siguiente se llevaba la propuesta de rediseño a la práctica, se harán las modificaciones necesarias al equipo a base de lo analizado.

A continuación explicaremos con relación a los resultados obtenidos en los cálculos anteriores (capitulo 3) que materiales y productos seleccionaremos para implementar las mejoras en el equipo y crear nuestro prototipo, para posteriormente exponerlo a los coordinadores de la empresa CFE (Comisión Federal de Electricidad).

4.1. Reducción de vibraciones por medio de aislantes

Se puede pensar que debido a que el moto-compresor es el que genera la vibración se pudiera hacerle unas modificaciones para controlar sus movimientos rotativos y alternativos logrando una reducción en la vibración, sin embargo por las características y la forma de construcción de esta es imposible hacerle mejoras ya que debido al tipo de compresor que es de tipo embolo rotativo estos siempre van a estar generando vibraciones por su movimiento alternativo que necesitan para comprimir el aire, por lo que la forma más viable para la reducción de vibraciones en nuestro caso es el aislamiento del moto-compresor por medio de tacones de hule de neopreno y resortes para amortiguar.

Existen básicamente 3 tipos de aisladores: Elastómeros; Resortes; y Muelles de Aire. El aislador elastómero más popular es el neopreno.

La figura 4.1 muestra cómo se produce la deflexión de estos elementos al estar cargados por el equipo a aislar.

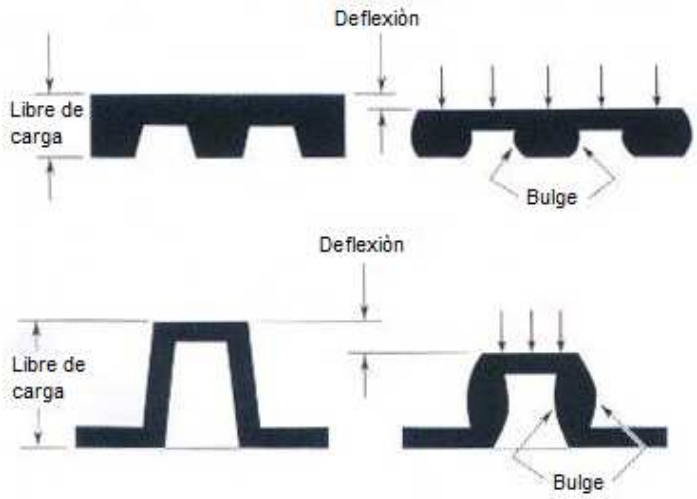


Fig. 4.1 Deflexiones de tacones

Un aislador de neopreno otorga deflexiones de hasta aprox. 12mm (0,5 In.). Por lo tanto, es menos eficiente para equipamiento debajo de 800 ciclos por minuto (cpm), como nuestro equipo está trabajando a frecuencias mayores que estas y las condiciones de montaje se prestan mas para utilizar elastómeros de neopreno utilizaremos estos como aisladores.

Se sabe por los cálculos anteriores (véase pág. 56) que para reducir las vibraciones entre un 60% y 90%, se necesitan utilizar tacones de neopreno de hule para el aislamiento de las vibraciones cuyas deflexiones se deben encontrar entre 2.54 mm y 10.16 mm.

Se busco dentro del mercado el material que nos proporcionaran dichas deflexiones, cuyas características de su diseño sean de fácil acoplamiento con los asientos de agarre de la base y el moto-compresor. El siguiente aislante es el que mejor se acopla a nuestras necesidades, figura 4.2.

Fig. 4.2. Tacón de neopreno de hule

Las características y dimensiones del aislador seleccionado son presentadas en la parte de anexos.

Se tuvo que soldar una nueva base para montar el moto-compresor de tal forma que nos permitiera acoplar los asientos con las modificaciones que les hicimos para ajustarles los tacones, se trato de hacer que el equipo sea montable y desmontable con facilidad para futuras maniobras.

Quedando el montaje del moto-compresor de la siguiente forma (vea figura 4.3)

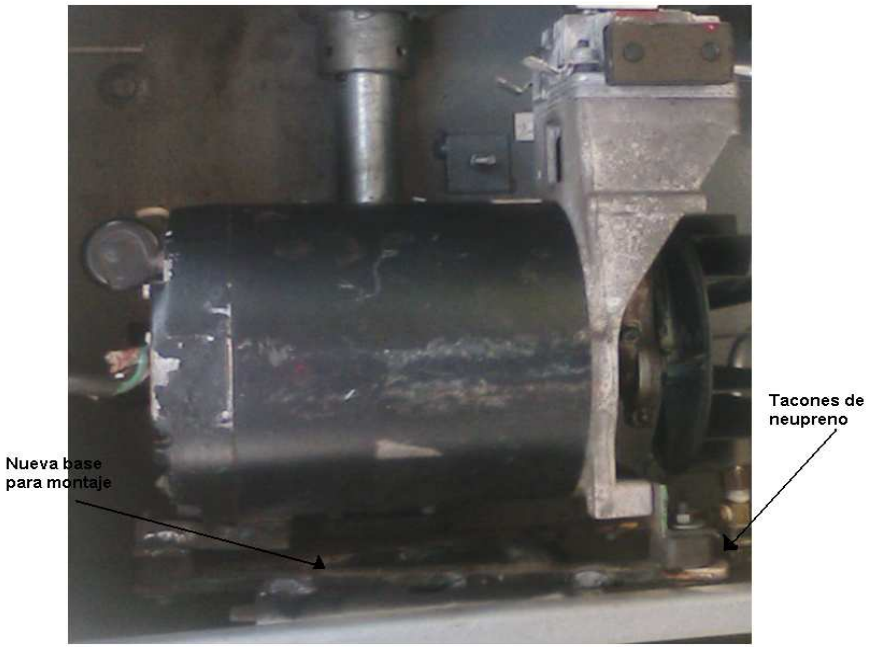


Fig. 4.3 Nuevo montaje del moto-compresor

Con este nuevo diseño se cumple con la primera necesidad reduciendo las vibraciones mecánicas, garantizándonos que las conexiones no se aflojen debido a estas vibraciones, y reduciendo el esfuerzo fluctuante en las diferentes piezas que estén sujetos a la vibración.

4.2. Rediseño en el sistema neumático

Con los cálculos realizados en el capitulo anterior (ver pág. 43) se obtuvieron los siguientes valores mostrados en la tabla 4.1.

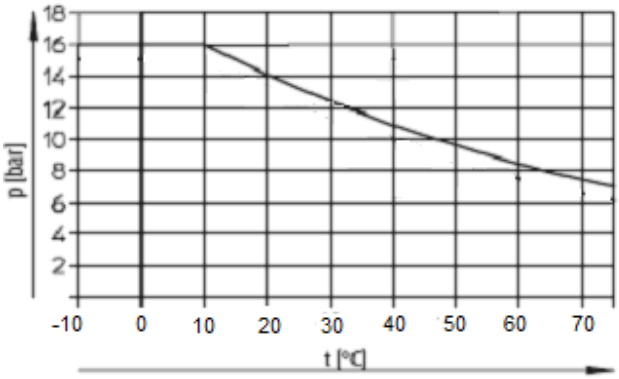
Parámetros	Resultados
Entrega de aire de compresor	$Q_{actual} = 4.425\ scfm = 125.67\ LPM$
Consumo de aire del cilindro	$v' = 0.00148 m^3 = 1.48 litros$
Fuerza critica de avance	$F_{teori} = 1.45 KN$
Fuerza critica de retroceso	$F_{teori} = 1.35 KN$
Rango de presión	De 482.63 a 827.47 KPa

Tabla 4.1. Valores obtenidos de los cálculos en el sistema neumático.

Utilizando estos valores podemos buscar dentro del mercado elementos neumáticos que se acoplen a nuestras necesidades, se puso en contacto con la empresa FESTO líder en el ramo de la neumática para que nos proporcionaran las piezas neumáticas que se necesitan de acuerdo a nuestro prototipo.

De acuerdo con los valores de obtenidos en el capítulo 3 (véase pág. 46) empezamos buscando el elemento de trabajo, seleccionamos un cilindro de doble efecto debido a que se necesita una fuerza útil tanto en la ida como en el retroceso con las características descritas en el anexo A4 (pág. 75).

A base de las características del cilindro de doble efecto fuimos seleccionando los elementos neumáticos que mejor se acoplaban a las características de esta, la tubería se selecciono de acuerdo al rango de trabajo en función de la presión-temperatura, sabemos que nuestro pico de presión de trabajo es de 827.47 KPa, a una temperatura ambiente no más de 70 ºC (véase grafica 4.1). Siempre que nuestra relación presión-temperatura este debajo de la curva, nuestra tubería estará en óptimas condiciones.



Grafica 4.1. Presión de funcionamiento p en función de la temperatura t

Se procedió a la instalación de los elementos neumáticos (compresor, válvulas, electroválvulas, manómetro, cilindro, entre otros) de acuerdo a nuestra propuesta como se muestra en la figura 4.4.

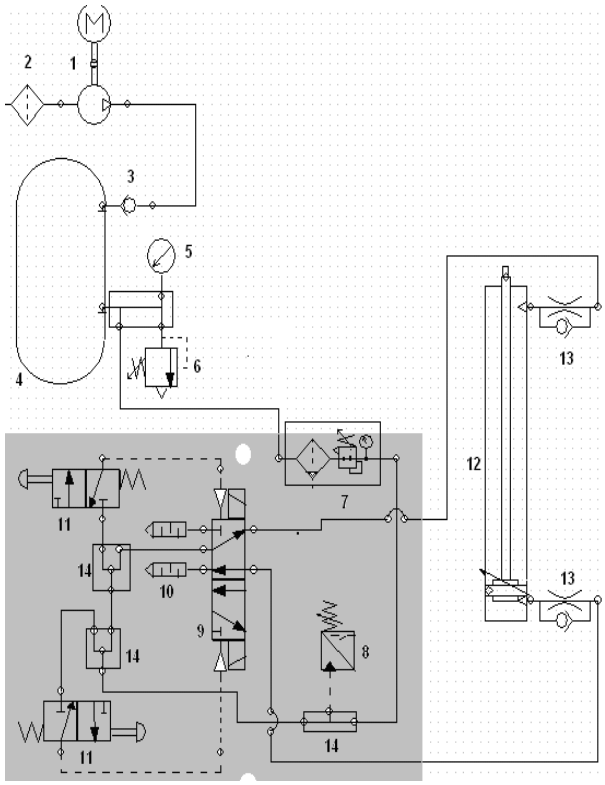


Fig. 4.4. Rediseño del sistema neumático

Donde:
1. Moto-compresor reciprocante
2.- Filtro del compresor
3.- Válvula antiretorno (válvula check)
4.- Tanque o acumulador de aire
5.- Manómetro
6.- Válvula de alivio o de seguridad
7.- Unidad de mantenimiento (filtro regulador)
8.- Interruptor de presión (presostato)
9.- Electroválvulas con bobinas
10.- Silenciadores
11.- Válvulas de accionamiento manual
12.- Cilindro doble efecto
13.- Válvulas reguladoras de flujo
14.- Conectores

Con este nuevo rediseño las ventajas que obtenemos son:

- Unidad de mantenimiento: que nos proporciona una mejora en la calidad del aire, al trabajar con aire limpio tenemos menos contaminación y desechos en las partes neumáticas, alargando la vida útil de este, además de que tendrá mayor rendimiento. Ya que sin estas un compresor típico impulsará a la instalación, durante un período una buena cantidad de agua, junto con considerables cantidades de partículas de suciedad. Antes de que este aire pueda ser utilizado, necesitará ser tratado para eliminar los contaminantes. Ya que un aire sucio traerá consigo disminución en la eficiencia de los elementos y un acelerado proceso de oxidación en estas.

- Válvula de accionamiento mecánico: anteriormente el sistema neumático no contaba con mandos auxiliares que activaran el movimiento de vaivén del cilindro, ahora el equipo cuenta con dos botones pulsadores para la operación manual del equipo.

- Silenciadores: este accesorio nos reducirá el ruido que produce el sistema al desfogar el aire a la atmósfera, será de gran utilidad cuando se requiera instalar el equipo en lugares libres de contaminación auditiva.

- En el diseño anterior utilizaban una electroválvula 3/2 monoestable por cada mando del cilindro, es decir una activaba el avance y otra el retroceso, cambiamos estas dos electroválvulas por una sola de 5/2 vías biestable, esta válvula controlara tanto el avance como el retroceso. Además, no olvidemos que el pistón del cilindro debe de enclavarse en la parte final de su carrera para mantener las cuchillas abiertas y que el peso de estas no hagan cerrarse, para esto en el diseño anterior se contaba con un sistema mecánico de enclavamiento que consta de un gancho y un resorte, por lo que para el retroceso el cilindro tenía que vencer una fuerza que desenclavara el pistón, que debido a la oxidación de las partes dicha fuerza producía mucho esfuerzo. Ahora podemos eliminar este sistema mecánico de enclavamiento y los problemas que produce, con la nueva electroválvula 5/2 vías debido a sus características que posee explicados en el capitulo dos.

- Se instalo un nuevo interruptor de presión (presostato) que arranca el motocompresor cuando esta desciende a menos de 482.63 Kpa y lo apaga cuando asciende a mayor de 827.47 Kpa cuyo rango se le denomina histierisis, con este nuevo interruptor se tiene la seguridad de que el compresor no se sobre cargue y garantizar de que el tanque siempre este lleno.

Así también se eliminaron piezas y partes que quedaron inservibles como es el caso del sistema de enclavamiento mecánico ya que el enclave la obtenemos por la electroválvula 5/2 vías.

Además de alinear el cilindro con respecto a leva para entregar la fuerza adecuada, con esto evitar que la zona critica del pistón se desgaste por el golpeteo o evitar el pandeo del vástago. Para esto se soldó una nueva base para el cilindro ya que la anterior base no garantizaba el trabajo adecuado del cilindro ni su alineación debido a su colocación como se muestra en la figura 4.5.

Esta nueva base cuenta con bridas basculantes (véase pág. 75). Cuenta con medios para montar el cilindro, es necesario utilizar gomas de hule para evitar el golpeteo del cilindro con la placa así también tener un mayor agarre entre estos.

antes después

Fig. 4.5. Alineamiento y montaje de los cilindros

Implementando todas las mejoras explicadas se obtuvo el siguiente rediseño.

Fig. 4.7. Implementación de mejoras

4.3. Eliminación del sistema electrónico y partes mecánicas

El sistema electrónico es uno de los sistemas que conforman el moto-operador, su principal objetivo es activar a la electroválvula a través de un pulso eléctrico cuando este ha detectado un cambio de voltaje en los ramales de distribución eléctrica, que consta de tarjetas electrónicas inteligentes de estado sólido con contactos secos de entrada y salida para indicar:

- Corriente de falla: las líneas de distribución eléctrica operan normalmente a 13.8 KV cuando hay una variación de este voltaje se dice que ocurre una falla y la tarjeta inteligente detecta esta diferencia de voltajes interpretando de que ha ocurrido una falla mandando un pulso eléctrico a la electro válvula esta acciona al cilindro que a través de un mecanismo abre las cuchilla tripolares para el aislamiento de la falla. A simple vista este parece ser un buen sistema de automatismo ya que no requiere la interferencia humana pero después de estar operando dentro del campo de trabajo se produjeron algunos problemas. Uno de los problemas y tal vez la más grave es que debido a que en las líneas de distribución siempre se cuenta con pequeños cambios de voltaje sin necesidad de que haya ocurrido fallas y por lo que la tarjeta detecta cualquier diferencia de voltaje ya sea la más mínima y todo lo interpreta en fallas, mandando a disparar los interruptores de protección de los alimentadores sin que se requieran, ya que

los interruptores se encuentran normalmente cerradas permitiendo el paso de la corriente eléctrica y solo son abiertas cuando ha ocurrido una falla aislando el circuito , si esta se mantiene abriendo y cerrando afecta en gran manera la continuidad del servicio de energía eléctrica. Podemos eliminar esta función del equipo ya que los recierres se pueden hacer desde la unidad central maestra operados por un personal y tener un mejor control en el procedimiento para detectar fallas, además la unidad central esta monitoreada las 24 horas por operadores de la empresa, por lo tanto esta función se puede desechar del equipo.

- Botones para mandos de cierre apertura en posición local: función para cuando se necesite operar el equipo manualmente, esta función se sustituyo colocando en el sistema neumático válvulas de accionamiento manual.
- Ausencia de voltaje, bajo voltaje de corriente directa, voltaje de alimentación, cargador de batería, fuentes, etc., estas partes se utilizan para mantener y monitorear el buen funcionamiento de la parte electrónica, pero si la esta es eliminada por consiguiente de nada nos sirve la unidad de mantenimiento.

Por todo lo anterior el sistema electrónico del moto-operador puede ser ignorado y eliminado de esta manera se simplificaría el diseño fundamental del moto-operador y seria más entendible para el personal.

Conclusiones

La implementación de mejoras en el equipo se realizo por tres etapas, reducción de vibraciones mecánicas, rediseño en el sistema neumático y eliminación del sistema eléctrico.

Al utilizar tacones de neopreno para el aislamiento del moto-compresor (que es la que genera las vibraciones en el equipo por el movimiento oscilatorio del embolo) tuvimos una reducción notable de vibraciones tanto de las partes del moto-compresor como del mecanismo de las CT´s. Evitando así que las partes de sujeción y acoplamiento se aflojen o desgasten por fatiga.

.

Junto con la reducción de vibraciones, remplazando las tuberías con tubos flexibles de acuerdo a las características necesarias y utilizando racores tipo quick star (este tipo de tecnología resiste las vibraciones y los picos de presión, además de que la junta de caucho nitrílico garantiza la hermeticidad entre los tubos flexibles normalizados y el racor) tuvimos una disminución considerable de fugas, esto se noto cuando el tanque le tomo más tiempo (días) en vaciarse con respecto al anterior diseño.

Con el rediseño neumático sustituyendo los elementos neumáticos anteriores del equipo por los elementos adecuados se obtuvo una mejor distribución de aire comprimido en el sistema, así como mayor control y eficiencia en el movimiento vaivén del cilindro de doble efecto (pistón).

Además al colocar una unidad de mantenimiento (filtro) nos proporcionara una mejora en la calidad del aire, al trabajar con aire limpio tenemos menos contaminación y desechos en las partes neumáticas, alargando la vida útil de este, además de que tendrá mayor rendimiento.

Junto con la reducción de vibraciones y la implementación del filtro los periodos para realizar mantenimiento al equipo serán largos, por lo que habrá una reducción de gastos para la empresa.

Finalmente con todas las mejoras implementadas notamos que las funciones que realizaba el sistema eléctrico quedaron absorbidas por el sistema neumático, de esta manera pudimos eliminar el sistema eléctrico sin ningún problema a futuro.

En general implementando las mejoras al equipo, el trabajo de recierres de las CT`s se realizaran de manera segura e eficiente, evitando tiempos muertos en el servicio de energía, así como disminuir riesgos de accidentes del personal operativo.

Lamentablemente el equipo fue diseñado para trabajar solo con mecanismo de CT`s, es decir no se pueden acoplar otros tipos de mecanismos, y dentro de la CFE se cuentan con diferentes tipos de mecanismos que manejan cargas mas grandes por lo que es necesario utilizar mayor fuerza la cual el equipo no lo puede proporcionar.

Para realizar este prototipo era necesario contar con habilidades administrativas y de comunicación, pues se sabe que los factores que intervienen en un diseño es tiempo, dinero y esfuerzo. Pues era necesario hacer antes una cotización del proyecto, para esto se puso en contacto con FESTO la empresa líder en neumática que nos proporciono manuales y precios de las piezas neumáticas, dicha cotización alcanzo un precio de $15, 000.00.

Bibliografía

- http://www.sapiensman.com/neumatica

- Manual del personal de la CFE

- Física
  Raymond A. Serway
  Ed. Mc Graw Hill

- Fluid power with applications
  Esposito, Anthony
  Ed. Prentice hall

- Elementos de maquinas
  Spotts y Shoup
  Ed. Prentice hall

- Teoría de vibraciones y aplicaciones
  Thomson, William
  Ed. Prentice hall

- Mecánica de fluidos e hidráulica
  Giles, Ronald V.
  Ed. Mc Graw Hill

- Diseño en ingeniería mecánica
  Joshep E. Shigley, Charles R. Mischke
  Ed. Mc Graw Hill

ANEXO A1

Moto-compresor

Fig. A1. Compresor

COMPRESOR	
No de cilindros	1
Diámetro del cilindro	72.39 Cm
Carrera del cilindro	40 Cm
Desplazamiento	167.56 LPM (5.9 SCFM)
Capacidad del tanque	48 lts
Potencia	1 Hp
Velocidad	1750 RPM
Voltaje	120 V
Amperaje	15 Amperes
MOTOR	
Tipo del motor	Eléctrico libre de aceite
Material del cuerpo	Aluminio
Frecuencia	60 Hz

Tabla A1. Datos técnicos del compresor

ANEXO A2

Filtro regulador con purga automática

Fig. A2. Filtro

CRITERIO	CARACTERISTICAS
Grado de filtración	40 µm
Cantidad máxima de condensado	22 cm^3
Margen de regulación de la presión	0,5 - 12 bar
Temperatura (T)	De -10 a +60 ℃
Caudal nominal normal (Q)	1400 l/min

Tabla A2. Datos técnicos del filtro

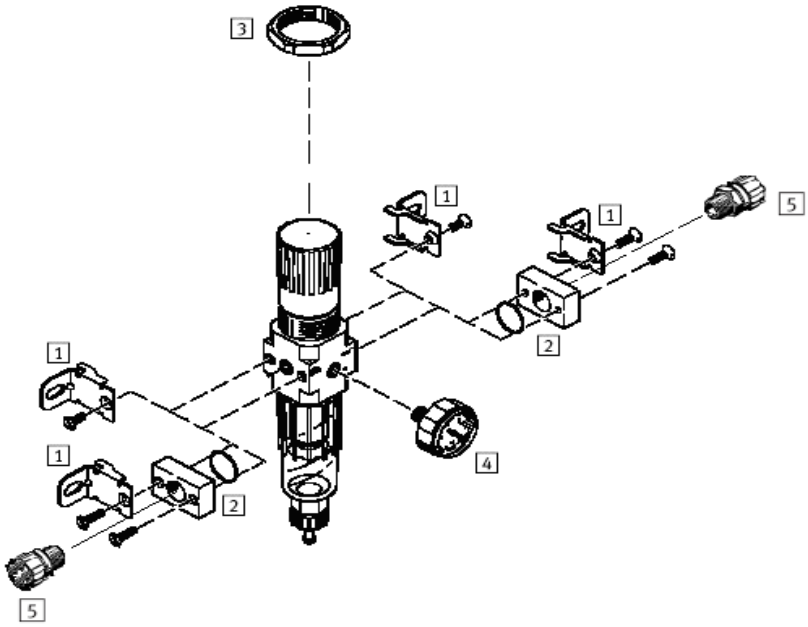


Diagrama A2. Modo de instalación del filtro

Elementos de fijación y accesorios

1. - Escuadra de fijación
2. - Conjunto de conexiones
3. - Tuerca hexagonal
4. - Manómetro
5. - Conector rápido CK (ver conexiones)

Anexo A3

Electroválvulas 5/2 Vías con bobinas

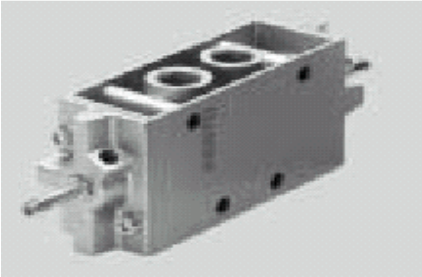


Fig. A3. Electroválvula

CRITERIO	CARACTERISTICAS
Función de las válvulas	5/2 biestable
Presión de funcionamiento	1,5 - 8 bar
Diámetro nominal	7 mm
Accionamiento manual auxiliar	con enclavamiento
Temperatura del medio	-10 - 60 ℃
Temperatura ambiente	-5 - 40 ℃

Tabla A3. Datos técnicos de la electroválvula

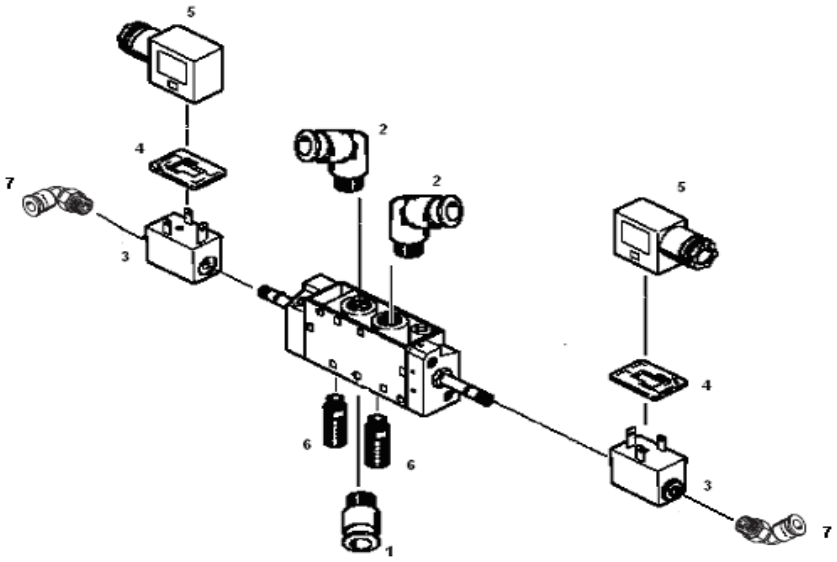


Diagrama A3

1. - Racor rápido roscado QS (ver conexiones Pág. 77)
2. - Racor rápido roscado en L QSL (ver conexiones Pág. 77)
3. - Bobinas F
4. - Juntas iluminada
5. - Conector tipo zócalo
6. - Silenciadores
7. - Racor rápido QSLM para pilotaje (ver conexiones Pág. 77)

Anexo A4

Cilindro de doble efecto

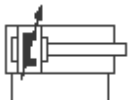


Fig. A4. Cilindro de doble efecto

CRITERIO	CARACTERÍSTICAS
Diámetro del embolo	63mm
Carrera	250 mm
Presión de funcionamiento	0,6 - 12 bar
Diámetro del vástago	20 mm
Temperatura ambiente	-20 - 80 AC

Tabla A4. Datos técnicos del cilindro

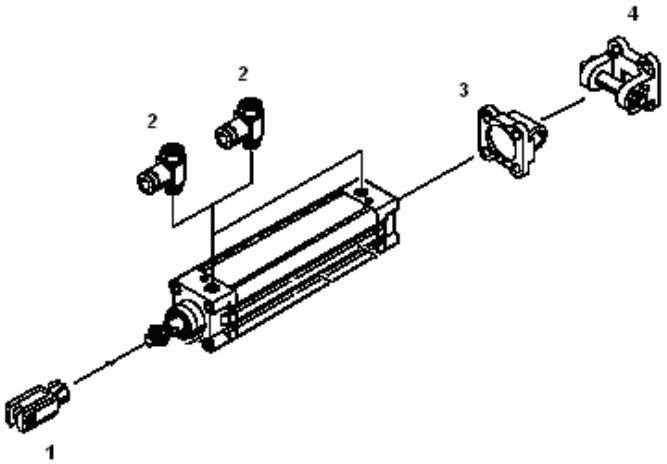


Diagrama A4. Conexiones de los elementos del cilindro

1. - Horquilla: Permite giros del cilindro neumático en un plano
2. - Válvula reguladora de caudal: Para regular la velocidad
3. - Brida basculante: Para culata posterior del cilindro
4. - Brida basculante: Para montaje del cilindro

Anexo A5

CONEXIÓNES

- **Racores rápidos roscados de bloqueo y giratorios modelo Quick Star QS**

Características generales

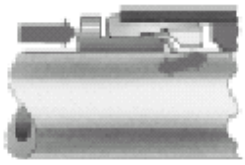
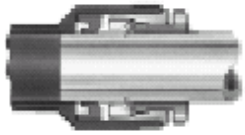
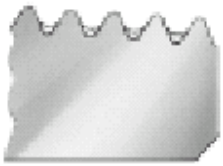
Enchufar y listo  La garra de acero inoxidable sujeta él tubo flexible sin dañar su superficie. El sistema resiste las vibraciones y los picos de presión. Para desmontar el tubo flexible, simplemente apretar el anillo azul. Para más fácil identificación, el diámetro exterior del tubo flexible consta en el anillo de desbloqueo.	Máxima seguridad  La junta de caucho nitrílico garantiza la hermeticidad entre los tubos flexibles normalizados y el racor. El tubo flexible normalizado, combinado con racores de Festo, es apropiado para presión y vacío.
Orientable en 360 Alineación durante el montaje. Compensación de los movimientos del tubo flexible durante la utilización.	 Todas las piezas de latón de los racores rápidos de Festo tienen una superficie niquelada, con lo que son extremadamente resistentes a la corrosión.

Tabla A5. Beneficios al utilizar racores Quick star QS

Anexo A6

Combinación de racores y roscas

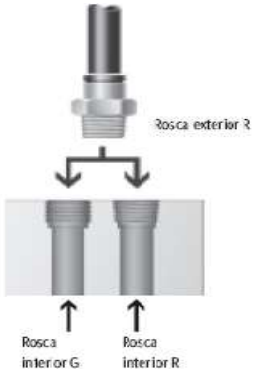
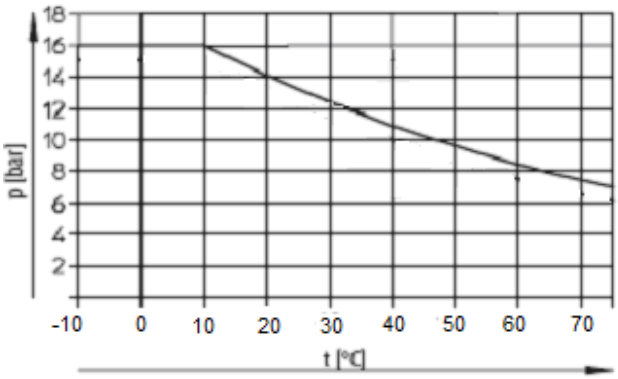
Rosca métrica	Rosca G	Rosca R
_Comparables a roscas G; estos racores se montan en roscas métricas cilíndricas _Montaje hermético mediante junta teórica 	_Rosca más corta _Profundidad de montaje constante _Junta intercambiable _Junta frontal 	_Rosca autoblocante _Hermetización en la rosca _No precisa superficie hermetizante adicional _Dimensiones compactas por prescindir de escalonamiento para superficie hermetizante 

Tabla A6. Tipos de racores y roscas

Anexo A7

Tubo flexible

Fig. A7. Tubo flexible



Grafica A7. Presión de funcionamiento p en función de la temperatura t

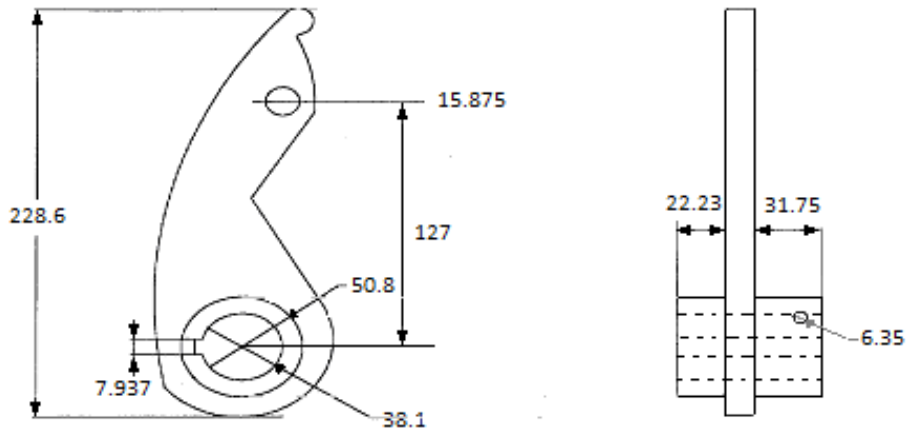
DIMENSIONES

diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Radio de curvatura mínima (mm)	Radio de curvatura relevante para el caudal (mm)	peso (Kg/m)	color
6	4	12	50	0.034	azul

Tabla A7. Dimensiones del tubo flexible

Anexo A8

LEVA



	Energía, fluidos y automatismo	01/JUNIO/07
	Operador neumático mod. ONE VG Elemento leva	DIBUJO: LEVA Dimensiones: mm

Plano A8. Datos de leva Mecánica

Características del tacón de neopreno para control de vibraciones

Fig. A8. Tacón de neopreno

Dimensiones

modelo	Color	R/carga (Kg)	Peso (g)	Deflexión (cm)	Diámetro (cm)	Alto (cm)	Tornillo/tuerca
NS-C60	negro	30-61	39	0.5-0.58	3.2	1.9	9.5 Cm NC18 tornillo

Fig. A8 Dimensiones del tacón

Anexo A9
Factores de conversión de unidades

Parámetro	Unidades inglesas	Unidades métricas
Flujo	1 ft^3/s	0.0284 m^3/s
	1 gpm	0.0632 Lps
Fuerza	1 Ib	4.448 N
Longitud	1in	2.54 cm
Potencia	1 hp	745.7 W
Presión	1 psi	6895 Pa
	1 atm (14.7psia)	101.3 KPa abs

Tabla A9. Factores de conversión