

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## ESCUELA DE POSTGRADO



## MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“GESTIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL PROGRAMA PROFESIONAL  
DE ING. MECÁNICA, MECÁNICA-ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, 2015”**

**PRESENTADO POR EL BACHILER MARCELO JAIME  
QUISPE CCACHUCO, PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**Arequipa-Perú**

**2015**

## Dedicatoria

A mi hijo Rodrigo, por su inteligencia y su alegría.

A mis 10 compañeros de la maestría, por compartir gratos momentos.



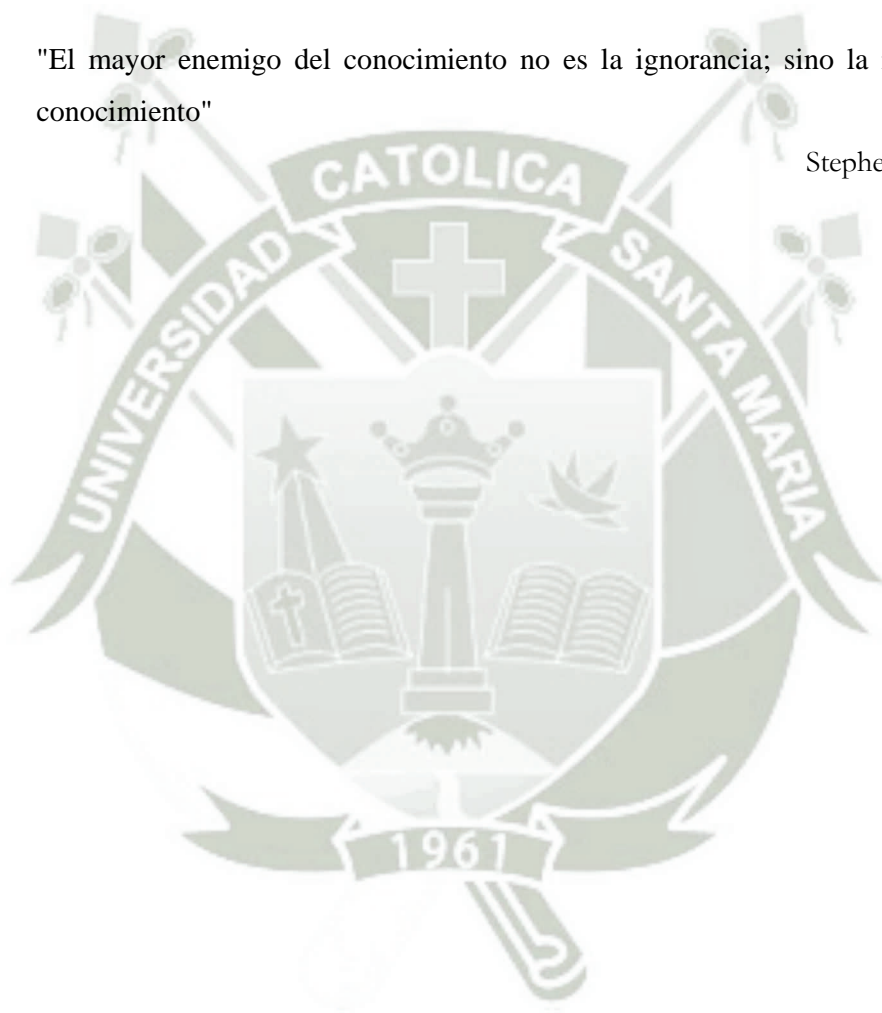
## Epígrafe

“Todas las teorías son legítimas y ninguna tiene importancia. Lo que importa es lo que se hace con ellas”.

Jorge Luis Borges

"El mayor enemigo del conocimiento no es la ignorancia; sino la ilusión del conocimiento"

Stephen Hawking



## INDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN .....   | 1  |
| ABSTRACT.....   | 2  |
| INTRODUCCIÓN .....  | 3  |
| CAPÍTULO I: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....  | 4  |
| 1.- Equipos del laboratorio a los cuales se realizará el M. P. ....   | 4  |
| 1.1.- Comentarios de la Tabla 1 .....   | 6  |
| 2.- Periodicidad de las tareas de mantenimiento del Lab. De neumática .....   | 10 |
| 2.1.- Programa de inspecciones/tareas para los compresores .....  | 10 |
| 2.2.- Programa de inspecciones/tareas para las válvulas y cilindros .....   | 12 |
| 2.3.- Programa de inspecciones/tareas para la FRL.....  | 14 |
| 3.- Costos estimados de la implementación del M. P. del Lab. de Neumática.....  | 18 |
| 3.1.- Costos por repuestos del plan de M. P. del Lab. de Neumática .....  | 19 |
| 4.- Equipos necesarios para llevar a cabo el M. P. del Lab. de Neumática .....  | 29 |
| 5.- Parámetros a medir para llevar a cabo el M. P. del Lab. de Neumática.....   | 30 |
| 5.1.- Mediciones en el compresor .....  | 30 |
| 5.2.- Mediciones en las válvulas y cilindros .....  | 31 |
| 6.- Procedimientos para la implementación del M. P. del Lab. de Neumática.....  | 34 |
| 6.1.- Formato Nro 4 .....   | 36 |
| 7.- La acreditación nacional de la EPIMMEM y el M. P. del Lab. de Neumática ....  | 40 |
| <br>  |    |
| CONCLUSIONES .....  | 43 |
| SUGERENCIAS .....   | 43 |
| ANEXO I: Proyecto de Tesis.....   | 44 |
| ANEXO II: Manual de mantenimiento del compresor JUN-AIR .....   | 63 |
| ANEXO III: Manual de Organización y funciones del Personal<br>administrativo del Laboratorio de Oleohidráulica y Neumática. |    |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.1:</b> Válvulas de 3/2 vías, de accionamiento eléctrico y manual.....             | 4  |
| <b>Figura 1.2:</b> Válvula de vías 3/2 con sistema de fijación A .....                        | 6  |
| <b>Figura 1.3:</b> Cilindro de simple efecto con sistema de fijación B .....                  | 6  |
| <b>Figura 1.4:</b> Captura de la página web de FESTO, para la búsqueda por código .....       | 7  |
| <b>Figura 1.5:</b> Resultado de la búsqueda de componentes en página de FESTO .....           | 8  |
| <b>Figura 1.6:</b> Compresor JUN-AIR modelo 6-25 .....  | 10 |
| <b>Figura 1.7:</b> Esquema del cambio de aceite para compresor jun-air modelo 6-25 .....      | 12 |
| <b>Figura 1.8:</b> Unidad de mantenimiento del sistema neumático (FRL).....                   | 14 |
| <b>Figura 1.9:</b> Propuesta económica de un laboratorio de Hidráulica .....                  | 18 |
| <b>Figura 1.10:</b> Válvula de accionamiento neumático 5/2 monoestable .....                  | 19 |
| <b>Figura 1.11:</b> Válvula de presostato .....   | 19 |
| <b>Figura 1.12:</b> Kit de repuestos de neumática y sus componentes.....                      | 20 |
| <b>Figura 1.13:</b> Hoja de datos del racor rápido roscado 130910 .....                       | 22 |
| <b>Figura 1.14:</b> Hoja de datos del racor rápido roscado autoblocante 153419.....           | 23 |
| <b>Figura 1.15:</b> Distribuidor neumático compuesto por racores autoblocantes.....           | 23 |
| <b>Figura 1.16:</b> Aceite sintético para compresor .....                                     | 24 |
| <b>Figura 1.17:</b> Propuesta económica del kit de repuesto y aceite sintético.....           | 25 |
| <b>Figura 1.18:</b> Probabilidad de falla en componentes mecánicos FESTO.....                 | 31 |
| <b>Figura 1.19:</b> Extracto del manual de funciones del lab. de neumática.....               | 34 |
| <b>Figura 1.20:</b> Recorte del plan Operativo 2015 de la EPIMMEM .....                       | 39 |
| <b>Figura 1.21:</b> Recorte del resultado de encuestas a estudiantes de la EPIMMEM – 2015.... | 41 |
| <b>Figura 1.22:</b> Indicador GIII-97 cumplimiento del programa de mantenimiento .....        | 41 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla N° 1:</b> Lista resumida de componentes neumáticos de FESTO .....                  | 5  |
| <b>Tabla N° 2:</b> Lista resumida de equipos eléctricos que no son parte del Mantto. P..... | 9  |
| <b>Tabla N° 3:</b> Tareas de mantenimiento preventivo para los compresores.....             | 11 |
| <b>Tabla N° 4:</b> Tareas de Mantto. P. para las válvulas y cilindros neumáticos .....      | 13 |
| <b>Tabla N° 5:</b> Tareas de Mantto. P. para la unidad de mantenimiento .....               | 15 |
| <b>Tabla N° 6:</b> Checklist semanal para el Mantto. P del laboratorio de neumática.....    | 16 |
| <b>Tabla N° 7:</b> Checklist mensual para el Mantto. P. del laboratorio de neumática.....   | 17 |
| <b>Tabla N° 8:</b> Lista de componentes del kit de repuestos .....                          | 21 |
| <b>Tabla N° 9:</b> Lista de Inventario de repuestos – primera parte .....                   | 26 |
| <b>Tabla N° 10:</b> Lista de Inventario de repuestos – segunda parte.....                   | 27 |
| <b>Tabla N° 11:</b> Medición de parámetros en los 4 compresores.....                        | 30 |
| <b>Tabla N° 12:</b> Extracto del informe de autoevaluación de la EPIMMEM 2015 .....         | 42 |

**RESUMEN**

En el marco de una acreditación nacional o internacional de una Escuela Profesional se debe contemplar los planes de renovación y mantenimiento de equipos de sus laboratorios, y la acreditación de sus Escuelas Profesionales es un objetivo del Plan Estratégico de la UCSM 2013-2022 (Universidad Católica de Santa María). En la actualidad existen muchas técnicas o tipos de mantenimiento; pero se debe aplicar de acuerdo al estado del mantenimiento en que se encuentra el laboratorio, y siendo que hasta la fecha no se aplicaba ningún tipo de mantenimiento, se presenta en este trabajo la implementación del mantenimiento preventivo para el Laboratorio de Neumática de la EPIMMEM (Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica) de la UCSM. Para que el mencionado plan no quede en letra muerta se complementa el presente trabajo con la gestión de dicho plan a las autoridades correspondientes.

Una parte de la metodología empleada es la recolección de información y datos con el fin de tener planes de mantenimiento de los equipos de parte de los fabricantes, lista de equipos, lista de repuestos y obtención de parámetros de los equipos que permitan saber si el mantenimiento empleado está dando resultados. La otra parte de la metodología es la elaboración de documentación como checklists, formatos de presupuesto anual, cronograma de tareas, etc.

Los resultados obtenidos a la actualidad desde fines del 2014 en que se empezó este trabajo son satisfactorios, ya que se adquirieron los repuestos necesarios en base a los requerimientos, se obtuvo el listado de inspecciones y tareas a realizar, se llegaron a realizar mediciones de presión, corriente, tiempos de compresión, ruido, para determinar el buen funcionamiento de los equipos que se encuentran dentro del plan de manteniendo.

Se implementó un primer plan de mantenimiento para el laboratorio de Neumática de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica–Eléctrica y Mecatrónica, para lo cual se desarrollaron las herramientas e indicadores necesarios para dicho plan y finalmente se gestionó la aprobación de este plan a través de los planes operativos de la EPIMMEM del 2015 y 2016.

**ABSTRACT**

As part of a national or international accreditation of a Professional School should contemplate plans for renovation and maintenance of equipment of its laboratories, and accreditation of their professional schools is an objective of the Strategic Plan 2013-2022 UCSM (Catholic University Santa Maria). At present there are many techniques or types of maintenance; but it must be applied according to the state of maintenance in which the laboratory is located, and since to date no maintenance is applied, is presented in this paper the implementation of preventive maintenance for laboratory pneumatic of EPIMMEM (Professional School of Mechanical, Mechanical – Electric and Mechatronic Engineer) of UCSM. For the mentioned plan does not remain a dead letter this work with the management of the plan to the relevant authorities is complemented.

Part of the methodology is to collect information and data in order to have maintenance plans of equipment manufacturers, equipment list, spare parts list and obtaining parameters of the equipment to see if maintenance employee is working. The other part of the methodology is the development of documentation and checklists, formats annual budget, schedule tasks, etc.

The results obtained today from the end of 2014 began this work are satisfactory, since the necessary parts were purchased based on the requirements, the list of inspections and tasks was obtained, they are reached pressure measurements , current, time compression, noise, to determine the proper functioning of the teams that are in keeping plan.

A first maintenance plan Pneumatic Laboratory of EPIMMEM, for which the tools and indicators needed for such a plan is developed and finally the approval of this plan was implemented through managed operating plans EPIMMEM 2015 and 2016.

## INTRODUCCIÓN

Desde el 2002 en que se implementó el Laboratorio de Neumática en la EPIMMEN de la UCSM es la primera vez que se toma conciencia de la necesidad de realizar un plan de mantenimiento debido a las fallas que venían apareciendo, fallas como fugas de aire o la aparición de agua y aceite en la alimentación de aire comprimido. El mantenimiento que se hacía consistía en el reemplazo de componentes dañados, no se contaba con un historial de fallas ni monitoreo de algún tipo de parámetro de operación de los equipos.

Este informe es el resultado de una investigación documentaria para la gestión e implementación del plan de mantenimiento preventivo del Laboratorio de Neumática mencionado. Se muestran los principales resultados de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, así como la gestión para la adquisición de componentes y repuestos. Resultados como cronogramas de inspecciones y tareas que se basan en los datos de los fabricantes y experiencia profesional; también se muestran los documentos que son parte de la gestión y sirven para la adquisición de equipos y repuestos.

En el Proyecto de Tesis que va como anexo, se explica en detalle la técnica neumática, la generación de agua como parte de la compresión de aire que puede afectar a los demás componentes neumáticos, se da una visa panorámica al Laboratorio de Neumática que es tema de estudio, sus componentes, se hace un listado de piezas, y un ejemplo de los ejercicios que se realizan en el laboratorio. En dicho Proyecto de Tesis se explica la política de adquisiciones en la UCSM, una descripción de los documentos relevantes y la alineación entre Plan Estratégico y el Plan Operativo.

Las limitaciones de esta investigación es el poco personal técnico con el que se cuenta en el laboratorio y la burocracia que aún se tiene para la adquisición de equipos o aprobación de requerimientos. Otra limitación es que se tiene suficiente información de los compresores; pero poco de los otros componentes como válvulas y pistones.

Este trabajo tiene una relevancia porque permitirá mantener la regularidad de funcionamiento del laboratorio para los alumnos o usuarios del mencionado laboratorio. Un reconocimiento a este trabajo es que ya se está desarrollando y la importancia que tiene es por el lado de acreditación, por el lado del Plan estratégico, o por la gestión de calidad que se viene implementando en la UCSM.

## CAPÍTULO I: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

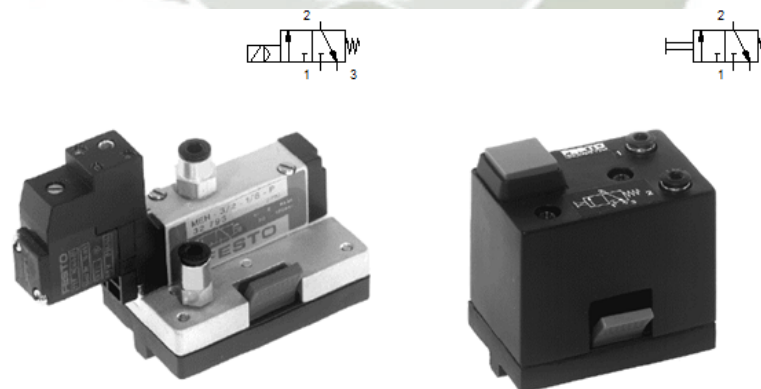
El objetivo de esta investigación es llevar a cabo un plan de mantenimiento que incluya tareas programadas, así como la gestión para que se lleve a cabo este plan por cada año en la UCSM. La idea es trabajar con los recursos y políticas que tiene la Universidad, ya que la única fuente de ingreso son los presupuestos asignados a cada Escuela Profesional y cada Escuela cuenta con personal administrativo a su cargo. No se considera servicios de terceros porque las inspecciones/tareas pueden ser realizadas por los técnicos y jefes de prácticas de la Escuela Profesional.

Este capítulo se desarrollará en el orden de la formulación interrogativa que se plantea en el Anexo I (Proyecto de Tesis).

**¿Cuáles son los equipos críticos de este laboratorio a los cuales se le puede hacer un mantenimiento preventivo?**

### 1.- Equipos del laboratorio a los cuales se realizará mantenimiento preventivo.

De acuerdo en el análisis del laboratorio de neumática, se tiene que se enseña la técnica neumática y la técnica electroneumática. Cada técnica tiene sus propios componentes neumáticos como válvulas y pistones, y cada uno de esos componentes se describe en el Anexo I (Proyecto de Tesis). Ambas técnicas tienen elementos en común como los compresores, unidad FRL, pistones y también válvulas similares que se diferencian por el tipo de accionamiento como se muestra en la figura 1.1.



**Figura 1.1:** Válvulas de 3/2 vías, de accionamiento eléctrico (izq.) y manual (der).

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

Como se menciona en el Anexo I, se tienen 4 módulos de neumática y 4 módulos de electroneumática, por lo cual se hará un resumen de componentes diferentes en base a la lista de piezas de los 8 módulos, con el fin de proponer tareas por tipo de componente.

**Tabla N° 1: Lista resumida de componentes neumáticos de FESTO.**

| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b>                   |  |                                    |                     |                    |                       |                      |
|---|--|------------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>Lista total de componentes del laboratorio de NEUMÁTICA de Ing. Mecánica</b> |  |                                    |                     |                    |                       |                      |
| orden   | Detalles de los componentes  | N° de art. en el catalogo de FESTO | cantidad por modulo | subtotal neumática | subtotal electroneum. | total de componentes |
| 1   | Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente cerrada                 | 152860                             | 3                   | 12                 | 0                     | 12                   |
| 2   | Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente abierta                 | 152861                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 3   | Válvula de 5/2 vías, con selector                                      | 152862                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 4   | Manómetro  | 152865                             | 2                   | 8                  | 0                     | 8                    |
| 5   | Válvula de 3/2 vías, accionamiento por rodillo. normalmente cerrada    | 152866                             | 3                   | 12                 | 0                     | 12                   |
| 6   | Válvula de 3/2 vías, con rodillo abatible, normalmente cerrada         | 152867                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 7   | Válvula de 5/2 vías, accionamiento neumático unilateral                | 152872                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 8   | Válvula de 5/2 vías, doble pilotaje, accionamiento neumático bilateral | 152873                             | 3                   | 12                 | 0                     | 12                   |
| 9   | Selector de circuito (OR)  | 152875                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 10  | Válvula de simultaneidad (AND)   | 152876                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 11  | Temporizador, normalmente cerrado                                      | 152879                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 12  | Válvula de escape rápido   | 152880                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 13  | Regulador de flujo unidireccional                                      | 152881                             | 2                   | 8                  | 0                     | 8                    |
| 14  | Válvula de secuencia   | 152884                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 15  | Cilindro de simple efecto  | 152884                             | 1                   | 4                  | 4                     | 8                    |
| 16  | Cilindro de doble efecto   | 152887                             | 2                   | 8                  | 8                     | 16                   |
| 17  | Válvula de entrada con filtro y regulador, 40 µm                       | 152894                             | 1                   | 4                  | 4                     | 8                    |
| 18  | Regulador de presión con manómetro                                     | 152895                             | 1                   | 4                  | 0                     | 4                    |
| 19  | Distribuidor   | 152896                             | 1                   | 4                  | 4                     | 8                    |
| 20  | Electroválvula de 3/2 vías con LED, normalmente cerrada                | 167073                             | 1                   | 0                  | 4                     | 4                    |
| 21  | Electroválvula de 5/2 vías con LED                                     | 167074                             | 2                   | 0                  | 8                     | 8                    |
| 22  | Electroválvula de 5/2 vías de doble solenoide                          | 167076                             | 1                   | 0                  | 4                     | 4                    |
| 23  | Convertidor neumático-eléctrico  | 177459                             | 1                   | 0                  | 4                     | 4                    |
| 24  | Compresor  | 91030                              | 1                   | 0                  | 4                     | 4                    |

Fuente: Adaptado de “Manual de Neumática básica TP - 101”, p. 17, de FESTO.

### 1.1.- Comentarios de la Tabla 1

El elemento que está en el orden 1 que es la válvula 3/2 de accionamiento manual, se observa que se tiene 3 de estas válvulas en cada módulo de neumática TP-101; pero estas válvulas no se tienen en electroneumática, por lo cual el número total de estas válvulas es de  $(3)*4=$  **12 válvulas**.



**Figura 1.2:** Válvula de vías 3/2 con sistema de fijación A.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

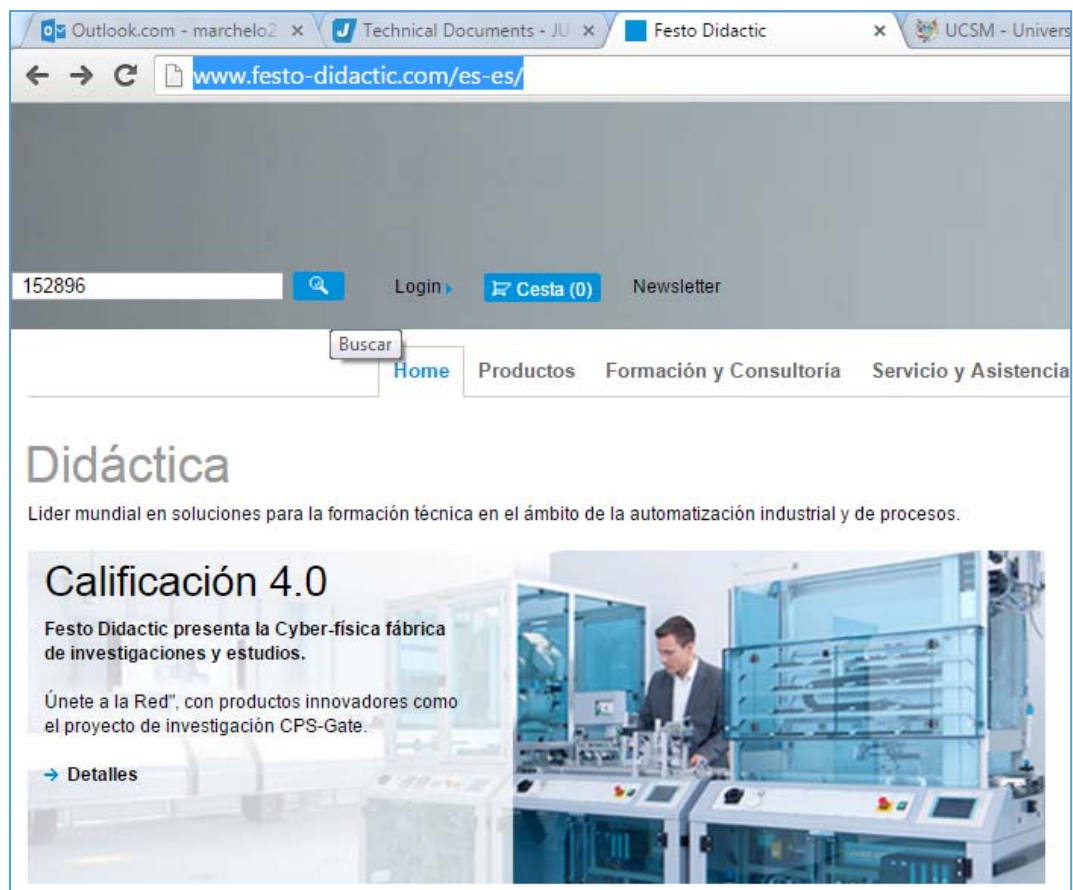
El elemento que está en el orden 12 que es un cilindro de simple efecto, se observa que se tiene 1 de este tipo de cilindros en cada módulo de neumática TP - 101, y también 1 de este tipo de cilindro en cada módulo de electroneumática TP - 201, por lo cual el número total de estas válvulas es de  $(1)*4+1*(4)=$  **8 cilindros de simple efecto**.



**Figura 1.3:** Cilindro de simple efecto con sistema de fijación B.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

Así se van sacando los diferentes tipos de componentes, es importante resaltar que se tiene solo 4 compresores y un total de 132 válvulas y 24 cilindros neumáticos en el laboratorio. También se observa que hay 24 diferentes componentes. No se realiza una codificación de equipos porque con el código del catálogo de FESTO, se encuentran detalles de cada componente ingresando a la página <http://www.festo-didactic.com/es-es/>. A continuación se muestra un ejemplo de una búsqueda – en este caso - para encontrar una unidad de distribución en base a su código.



**Figura 1.4:** Captura de la página web de FESTO (01/12/2015), para la búsqueda de componentes por código.

Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/>

Luego de la búsqueda, si el código es correcto nos mostrará una descripción rápida del componente, y si se desea comprar, la página web le permitirá hacer la compra, además podrá descargar una hoja de datos y especificaciones técnicas.



**Figura 1.5:** Captura del Resultado de la búsqueda de componentes en página de FESTO (01/12/2015) por código.

Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/>

Como se aprecia en la figura 1.5 se ve las siguientes especificaciones:

QS-6: Rácor estándar con rosca exterior con hexágono exterior. Y diámetro de conexión neumática de 6 mm.

QS-4: Rácor estándar con rosca exterior con hexágono exterior. Y diámetro de conexión neumática de 4 mm.

PUN 6 x 1: Manguera de polietileno de 6 mm de diámetro.

PUN 4 x 0.75: Manguera de polietileno de 4 mm de diámetro.

G 1/8: Conexión rosca exterior de 1/8 de pulgada.

Es importante hacer notar que en electroneumática hay otros componentes más, como son pulsadores eléctricos, lámparas, relés, finales de carrera, etc., que no serán considerados en el plan de mantenimiento por ser netamente eléctricos y

requieren de un mantenimiento diferente a los componentes neumáticos. Diferente porque se requieren instrumentos como multímetros, y las tareas son muy distintas también.

**Tabla N° 2: Lista resumida de equipos eléctricos de FESTO que no son parte del plan de mantenimiento.**

| orden | Detalles de los componentes                                   | N° de art. en el catálogo de FESTO | cantidad por modulo | subtotal electroneumático |
|-------|---|------------------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1     | Relé, triple  | 162241                             | 1                   | 4                         |
| 2     | Entrada de señales eléctricas                                 | 162242                             | 1                   | 4                         |
| 3     | Unidad de indicación y distribución eléctrica                 | 162244                             | 2                   | 8                         |
| 4     | Interruptor de proximidad electrónico con fijación a cilindro | 540695                             | 2                   | 8                         |
| 5     | Final de carrera, eléctrico, accionado por la izquierda       | 183322                             | 1                   | 4                         |
| 6     | Final de carrera, eléctrico, accionado por la derecha         | 183322                             | 1                   | 4                         |
| 7     | Bandeja para componentes                                      | 120772                             | 1                   | 4                         |

Fuente: Adaptado de “Manual de Neumática básica TP - 201”, p. 17, de FESTO.

De todos los equipos neumáticos a los que se les va a aplicar el mantenimiento, es fácil notar que el más importante es el compresor, debido a que son solo 4, no se tiene en standby ningún otro compresor, además es el generador de aire comprimido.

Los demás componentes a excepción de los cilindros no son tan relevantes porque en cada circuito se van cambiando las válvulas, y solo se repiten los cilindros neumáticos, las mangueras, etc.; pero se hará un mantenimiento preventivo a todos los equipos de la Tabla N° 1.

## ¿Cuáles serán los periodos que se deben considerar para la implementación del mantenimiento preventivo?

### 2.- Periodicidad de las tareas de mantenimiento del laboratorio de neumática.

#### 2.1.- Programa de inspecciones y tareas para los compresores

Como parte de esta investigación se estableció contacto con el fabricante y se pudo tener el manual del compresor, que incluye un manual de mantenimiento del compresor. Dicho manual contempla tareas que van desde semanales, mensuales y anuales. Por lo tanto con este modelo se van a adaptar las tareas y/o inspecciones para los demás componentes neumáticos.



**Figura 1.6:** Compresor JUN-AIR modelo 6-25.

Fuente: [www.festo.pe](http://www.festo.pe)

A continuación se hace una adaptación del plan de mantenimiento preventivo de este compresor, el plan completo se puede observar en el Anexo II de este informe, en dicho anexo se pueden observar esquemas y figuras que facilitan las tareas a realizar, así como algunas curvas y parámetros del compresor.

Del manual del compresor y de la conexión establecida con el fabricante se tiene el siguiente cronograma de inspecciones o tareas para el compresor JUN-AIR modelo 6-25:

**Tabla N° 3: Adaptación de las tareas de mantenimiento preventivo para los  
compresores del fabricante**

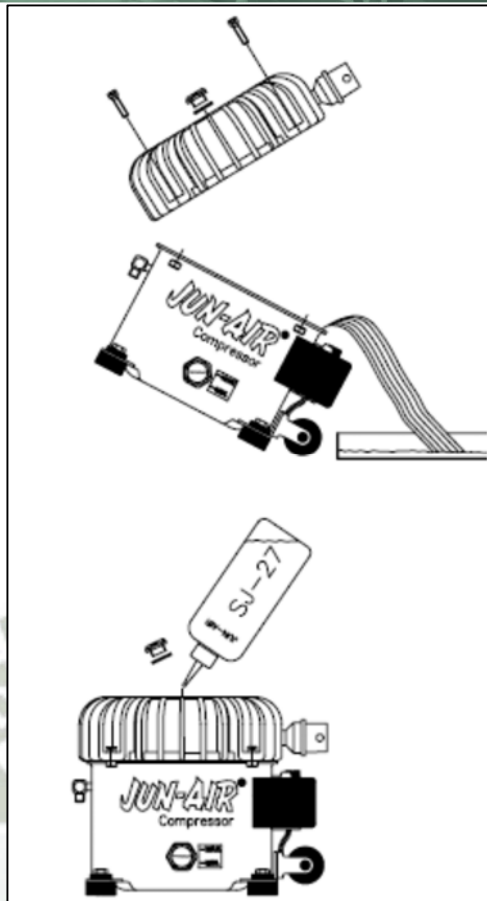
| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b> |  |         |         |       |
|---|--|---------|---------|-------|
| <b>Tareas de mantenimiento para el compresor</b>              |  |         |         |       |
| orden   | Detalle de las tareas  | Semanal | Mensual | Anual |
| 1   | Controlar el nivel de aceite. El nivel correcto será entre las líneas marcadas para mínimo y máximo. Utilizar únicamente aceite original de calidad SJ-27  | X       |         |       |
| 2   | Vaciado de agua condensada en el tanque (Presión máxima 2 bar). Si el compresor lleva un sistema de drenaje automático, la purga se efectúa automáticamente. Sin embargo, no omitir de vaciar la botella de agua condensada. | X       |         |       |
| 3   | Si el compresor lleva un filtro a la salida de aire, verificar este filtro y purgar activando el botón negro inferior. Si el filtro lleva drenaje automático, la purga se efectúa automáticamente.                           | X       |         |       |
| 4   | Comprobar el funcionamiento mecánico del motor, de la tubería, y de la instalación de aire. Comprobar el tiempo de bombeo de 0 a 8 bar.  |         | X       |       |
| 5   | Comprobar el filtro de ingreso. Reemplazar eventualmente.  |         | X       |       |
| 6   | Limpia el motor con aire comprimido, para quitar polvo. Polvo y suciedad impiden refrigeración del motor.  |         | X       |       |
| 7   | Verificar la junta <<o>> de la válvula de retención. Reemplazar eventualmente. Asegurese que el tanque se encuentre vacío antes de desmontar la válvula  |         |         | X     |
| 8   | Comprobar el filtro y los elementos de filtro.   |         |         | X     |
| 9   | Comprobar la válvula de seguridad, tirando del anillo mientras el tanque este con presión.   |         |         | X     |

Fuente: [www.jun-air.com](http://www.jun-air.com)

Para complementar estas tareas en el Manual del Compresor (Anexo II) dadas por el fabricante JUN – AIR; se indican con figuras de tal manera que sea más sencilla las tareas de inspecciones o actividades.

### **Cambio de aceite**

Con ocasión de reparaciones del motor modelo 6 –25 por ejemplo si se cambian la válvula de láminas o las piezas internas del motor o si el compresor está instalado en lugar polvoriento, el cambio del aceite del motor puede ser necesario. En este caso se debe hacer el cambio de aceite como sigue:



**Figura 1.7:** Esquema del cambio de aceite para compresor jun-air modelo 6-25.

Fuente: Manual del compresor jun-air, p-51.

La utilización de aceite de otra calidad que la del aceite original SJ-27 resulta en graves daños mecánicos del motor, después de poco tiempo. En este caso se anula la garantía.

## **2.2.- Programa de tareas e inspecciones para las válvulas de vías y para los cilindros neumáticos.**

En este caso no se tiene información del fabricante, así que esta parte se basa en la experiencia profesional y tutoriales de mantenimiento preventivo a sistemas neumáticos (<https://www.youtube.com/watch?v=Q7RbQRBCEIE>).

Los 2 enemigos principales de la neumática son el agua y la suciedad, otro factor que afecta en la vida útil de los componentes es el mal uso de los componentes por parte de los usuarios, que llevan al desgaste de los componentes.

**Tabla N° 4: Tareas de mantenimiento preventivo para las válvulas y cilindros neumáticos.**

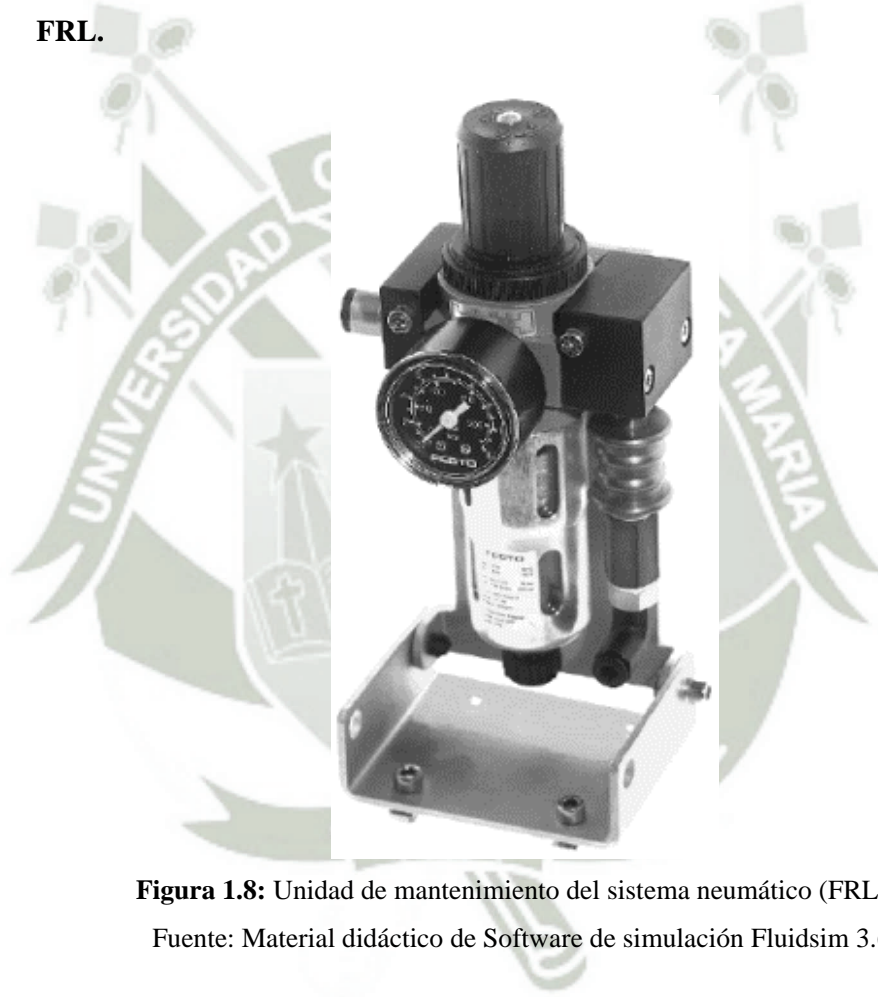
| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b> |  |         |         |        |
|---|--|---------|---------|--------|
| <b>Tareas de mantenimiento para las valvulas y cilindros</b>  |  |         |         |        |
| orden   | Detalle de las tareas  | Semanal | Mensual | Annual |
| 1   | Observar la apariencia y el sonido de los componentes durante su operación   | X       |         |        |
| 2   | Observar las lecturas de todos los manómetros, para asegurarse que las presiones esten en rangos aceptables.   | X       |         |        |
| 3   | Los conductores (mangueras) y accesorios deben ser chequeados por desgaste daño o escapes externos.  | X       |         |        |
| 4   | Observe si los cilindros estan bien montados, porque sino se generan fuerzas de choque y la vibracion pueden cambiar su posicion.  | X       |         |        |
| 5   | Verificar que no haya suciedad u otros contaminates alreodeor del circuito, ya que pueden dañar a los compnentes neumaticos (especificamente a los sellos y rodamientos del cilindro).   | X       |         |        |
| 6   | Inspeccione el vastago del cilindro de tal manera que este limpio  | X       |         |        |
| 7   | Inspeccione si hay alguna desviacion del vastago al avanzar, ya que esto significaria que los sellos del piston estan dañados y permiten que el aire escape de un lado del piston hacia el otro                                      | X       |         |        |
| 8   | Chequear las velocidades de avance y retroceso de tal manera que no sea ni muy rapida ni muy lenta   | X       |         |        |
| 9   | Verifique la graduacion de las valvulas de presion, como reguladores, presostatos, se deben revisar para asegurar que no han dido ajustadas en forma inexacta  | X       |         |        |
| 10  | Inspeccione los mecanismos activadores de las valvulas de vias.  | X       |         |        |
| 11  | Las fugas grandes son faciles de detectar por el sonido, para detectar las pequeñas, cepille con agua jabonosa en las juntas neumaticas y observe si se generan burbujas con el finde detectar posibles fugas                        |         | X       |        |
|   | Chequear si hay escapes de aire de la entrada a la salida de las valvulas, para lo cual se debe taponear las salidad, alimentar con aire presurizado y hacer conmutar las valvulas en ambos sentidos, observando qe no haya fugas.   |         | X       |        |
| 10  |  |         |         |        |
| 11  | Para probar los cilindros, se le fija en una posicion extrema, por ejemplo retraido, luego desconecte la manguera del lado del embolo y finalmnete alimente con presion el lado del vastago para comporobar el estado de los sellos. |         |         | X      |

Fuente: Elaboración propia.

**Comentarios de la Tabla N° 4:** En la tabla N° 4, se aprecian las tareas de mantenimiento para la mayoría de componentes neumáticos del Laboratorio de Neumática de la EPIMMEM, como son las válvulas y cilindros neumáticos. Cada uno de esos componentes se describió en el Proyecto de Tesis (Anexo I).

Esta tabla se elaboró en base a la experiencia del dictado de clases de prácticas en el laboratorio a lo largo de los últimos 7 años, algunos manuales y en base a recopilación de información de empresas que trabajan con sistemas neumáticos<sup>1</sup>.

### **2.3.- Programa de tareas e inspecciones para la unidad de mantenimiento FRL.**



**Figura 1.8:** Unidad de mantenimiento del sistema neumático (FRL).

Fuente: Material didáctico de Software de simulación Fluidsim 3.6.

---

1.- Ver video <https://www.youtube.com/watch?v=Q7RbORBCEIE>

Se tienen un total de 8 de estos componentes neumáticos en el laboratorio, es importante porque trabaja a continuación del compresor como:

- una unidad de filtrado (polvo, residuos de las conducciones, aceite solidificado, vapor acuoso contenido en la atmosfera), se hace filtrado con el fin de evitar el desgaste rápido, un mal funcionamiento, obstrucción de la línea de aire.
- regulador de presión, mantener la presión lo más constante posible.
- lubricador (lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente) esta lubricación es importante porque previene un desgaste, prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento, protege los elementos contra la corrosión.

**Tabla N° 5: Tareas de mantenimiento preventivo para la unidad de mantenimiento**

| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b>  |  |         |         |       |
|--|--|---------|---------|-------|
| <b>Tareas de mantenimiento para la unidad de mantenimiento</b> |  |         |         |       |
| orden  | Detalle de las tareas  | Semanal | Mensual | Anual |
| 1  | Hacer oportunamente la purga del agua de condensacion. Abriendo el tornillo de desague, de la cápsula del filtro se expulsa el agua de condensación a presión.   | X       |         |       |
| 2  | Verificar que la capsula del filtro no tenga grietas, por seguridad.   | X       |         |       |
| 3  | Limpieza de la unidad de mantenimiento con un paño humedo sin hilos.   | X       |         |       |
| 4  | Limpieza de los cartuchos del filtro. Si el grado de suciedad es extremo, el cartucho del filtro deberá limparse o cambiarse (de esta forma se evita que haya una perdida de rendimiento). Después de quitar la capsula del filtro girar hacia la izquierda el muelle de apoyo y quitar el filtro sinterizado. |         | X       |       |
| 5  | Utilice para limpieza solamente agua. Lavar el cartucho del filtro en tiner o gasolina (evitar el contacto con la capsula del filtro).   |         |         | X     |

Fuente: Elaboración propia.

**Comentarios de la Tabla N° 5:** Para esta labor ya se requiere una destreza y conocimiento de neumática, para poder realizar los cambios de filtros por ejemplo, también se requieren suministros como tiner o gasolina. Esta tabla se elaboró en base al manual de mantenimiento de este componente y también se consultó al proveedor FESTO.

Como resultado de estos cronogramas, se han obtenido los siguientes checklists semanal y mensual, que deben ser ejecutados por el técnico y/o jefe del laboratorio.

**Tabla N° 6: Checklist semanal para el mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática.**

| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. de Neumática</b> |                                    |                                 |                                     |
|---|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Reporte de inspección de equipos semanal</b>               |                                    |                                 |                                     |
| Fecha: .....  | Hora: .....                        |                                 |                                     |
| Indique Módulo (A, B, C o D): .....                           | Responsable:.....                  |                                 |                                     |
| <b>COMPRESOR</b>  |                                    |                                 |                                     |
| Apariencia  | Muy Sucio <input type="checkbox"/> | sucio <input type="checkbox"/>  | limpio <input type="checkbox"/>     |
| Nivel de aceite:  | Bajo <input type="checkbox"/>      | alto <input type="checkbox"/>   | óptimo <input type="checkbox"/>     |
| Purga de agua   | Realizado <input type="checkbox"/> |                                 | Pendiente <input type="checkbox"/>  |
| Presión máxima:.....  | bares                              |                                 |                                     |
| <b>VALVULAS Y CILINDROS</b>                                   |                                    |                                 |                                     |
| Ruido de fuga de aire en los circuitos                        | Sí <input type="checkbox"/>        |                                 | No <input type="checkbox"/>         |
| Apariencia general  | Muy Sucio <input type="checkbox"/> | sucio <input type="checkbox"/>  | limpio <input type="checkbox"/>     |
| El vastago del cilindro                                       | Sí <input type="checkbox"/>        |                                 | No <input type="checkbox"/>         |
| Velocidad del cilindro  | Lento <input type="checkbox"/>     | normal <input type="checkbox"/> | rápido <input type="checkbox"/>     |
| Conmutación de las válvulas                                   | óptima <input type="checkbox"/>    |                                 | defectuosa <input type="checkbox"/> |
| <b>UNIDAD DE MANTENIMIENTO</b>                                |                                    |                                 |                                     |
| Apariencia de la cápsula                                      | sucio <input type="checkbox"/>     | limpio <input type="checkbox"/> | rajado <input type="checkbox"/>     |
| Purga de agua   | Realizado <input type="checkbox"/> |                                 | Pendiente <input type="checkbox"/>  |
| Regulación de presión   | óptima <input type="checkbox"/>    |                                 | defectuosa <input type="checkbox"/> |

Fuente: Elaboración propia.

**Comentarios de la Tabla N° 6:** Esta tabla es uno de los principales resultados de esta investigación, porque nos permite tener un registro documentario que servirá como evidencia para la acreditación nacional, nos permitirá también tener un reporte de fallas y más adelante tener datos estadísticos y avanzar a una técnica de mantenimiento. Como se aprecia también en la tabla anterior, muchas tareas son de inspección y se requiere experiencia para determinar si es falla o no.

**Tabla N° 7: Checklist mensual para el mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática.**

| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. de Neumática</b>       |                                    |                                |                                    |
|---|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| <b>Reporte de inspección de equipos Mensual</b>                     |                                    |                                |                                    |
| Fecha: .....  | Hora: .....                        |                                |                                    |
| Indique Módulo (A, B, C o D): .....                                 | Responsable:.....                  |                                |                                    |
| <b>COMPRESOR</b>  |                                    |                                |                                    |
| Medición del tiempo de bombeo de 0 a 8 bar                          |                                    | tiempo en segundos             | <input type="text"/>               |
| Estado del filtro de ingreso de aire                                | obstruido <input type="checkbox"/> | sucio <input type="checkbox"/> | óptimo <input type="checkbox"/>    |
| Limpieza del motor con aire comprimido                              | Realizado <input type="checkbox"/> |                                | Pendiente <input type="checkbox"/> |
| <b>VALVULAS Y CILINDROS</b>   |                                    |                                |                                    |
| Cepillado con agua jabonosa, se generan burbujas?                   | Sí <input type="checkbox"/>        |                                | No <input type="checkbox"/>        |
| Chequear si hay escapes de aire, taponenado las salidas. Hay fugas? | Sí <input type="checkbox"/>        |                                | No <input type="checkbox"/>        |
| <b>UNIDAD DE MANTENIMIENTO</b>                                      |                                    |                                |                                    |
| Limpieza de filtros   | Realizado <input type="checkbox"/> |                                | Pendiente <input type="checkbox"/> |

Fuente: Elaboración propia.

**Comentarios de la Tabla N° 7:** Esta tabla es otro de los resultados principales de esta investigación. En esta tabla se muestran tareas e inspecciones más detalladas y complejas, que van a requerir más tiempo al momento de ejecutarse, la búsqueda de fallas es más compleja y se requiere de procedimientos y de técnicos calificados, aquí se puede aprovechar para hacer los cambios de repuestos como filtros y rácores. Se han listado los módulos como A, B, C o D, de acuerdo a la distribución de los módulos señalado en **Figura 2.28:** Distribución de los módulos en el laboratorio del Proyecto de Tesis. Una parte importante de este mantenimiento preventivo son los docentes y alumnos que reportan las fallas al momento de armar los circuitos, las fallas más comunes son el acople de las mangueras en los rácores y la no conmutación de las válvulas; es decir que no dejaban pasar el aire a pesar de estar activadas, lo cual llevo a desarmar y encontrar internamente pedacitos de metal que obstruían alguna vía.

**¿Cuál será el costo económico de implementar este plan de mantenimiento en la UCSM?**

**3.- Costos estimados de la implementación del mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática.**

En la actualidad la implementación de un laboratorio de neumática y electroneumática en nuestra universidad estaría valorizado en alrededor de 100 000 dólares americanos como muestra la cotización: UCSM 0149-2013.



COTIZACION: UCSM 0149-2013  
Pág. 8 de 9

**2. Propuesta Económica Detallada**

| Módulos de Hidráulica y Electrohidráulica |            |  |      |              |                     |
|---|------------|--|------|--------------|---------------------|
| Item                                      | Referencia | Descripción  | Cant | V. Unit.     | V. Total            |
| 1   | 556943     | Software de Simulación, Licencia Fluid SIM Hidráulica  | 8    | \$ 1,609.20  | \$ 12,873.60        |
| 2   | 573035     | Equipo completo de Hidráulica Básica   | 4    | \$ 10,500.00 | \$ 42,000.00        |
| 3   | 539733     | Unidad hidráulica, con tanque de 40lts   | 2    | \$ 8,500.00  | \$ 17,000.00        |
| 4   | Accesorios | Accesorios para hidráulica   | 4    | \$ 4,418.00  | \$ 17,672.00        |
| 5   | 539023     | Estación de doble trabajo con un perfil, canaleta para mangueras y bastidor, dos muebles con 3 cajones a cada lado | 2    | \$ 3,900.00  | \$ 7,800.00         |
| SUB-TOTAL                                 |            |  |      |              | <b>\$ 97,345.60</b> |

**Figura 1.9:** Propuesta económica de implementación de un laboratorio de Hidráulica y Electrohidráulica FESTO.

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

Como parte de la gestión se solicitó un técnico para realizar las labores de mantenimiento. A mediados de este año 2015 ya se tuvo un practicante para el laboratorio de neumática. Para la técnica neumática no se requiere un instrumento especial además de los instrumentos con los que ya cuenta el laboratorio como podría ser un multímetro, por lo cual ese gasto también está superado. El gasto va por los repuestos y renovación de equipos que ya no se pueden reparar o arreglar, y eso se muestra a continuación.

### 3.1.- Costos por repuestos del plan de mantenimiento para el laboratorio de neumática.

En los años de experiencia se observó que lo que se malogra son los puertos o vías de las válvulas, en las vías van los rácores rápidos donde se conectan las mangueras. Si hay alguna falla son en los rácores que se desgastan y ya no sujetan la manguera, por lo cual se debe cambiar. Obviamente es más barato cambiar un rácor que una válvula.



**Figura 1.10:** Válvula de accionamiento neumático 5/2 monoestable.

Fuente: Material didáctico de Software de simulación Fluidsim 3.6.



**Figura 1.11:** Válvula de presostato.

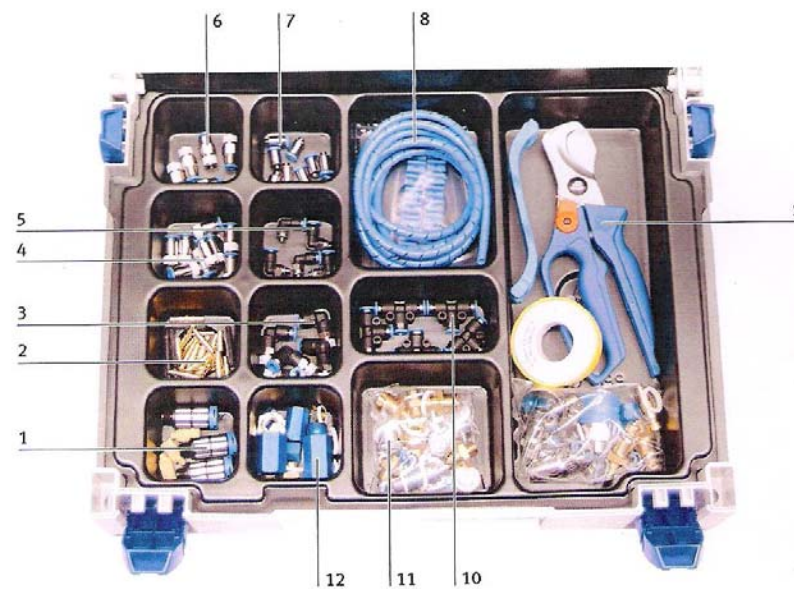
Fuente: Material didáctico de Software de simulación Fluidsim 3.6.

Estos rácores son de diferentes tamaños, al igual que el diámetro de las mangueras, por ejemplo hay de 4 mm, de 6 mm, y la conexión es por roscado

M5. Lo cual da lugar a diferentes tipos de rácores que conforman el kit de repuestos.

Estos rácores son distintos en las válvulas, en los cilindros y en las unidades de distribución, lo cual aumenta la variedad de repuestos que se van a detallar en la próxima tabla de este informe.

Del contacto con los proveedores FESTO se pudo tener un presupuesto de un kit de repuestos (número de artículo 167020) para llevar a cabo el mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.



**Figura 1.12:** Kit de repuestos de neumática y sus componentes.

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

A primera vista se observa que este kit incluye también herramientas que sirven para cortar las mangueras y ajustar las conexiones, cinta teflón para acoplamiento, y la mayoría son rácores, silenciadores y conectores en “T”. Otros componentes que se verán son reductores de diámetro por ejemplo de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{8}$ . En la figura anterior cada uno de los compartimientos del kit de repuestos tiene un número asignado, en cada compartimento hay no solo un tipo de repuestos; sino más de uno pero similares, por lo cual es necesario detallarlo en una lista de repuestos que indiquen cantidad y algunos detalles mínimos.

**Tabla N° 8: Lista de componentes del kit de repuestos para el laboratorio de neumática de la EPIMMEM.**

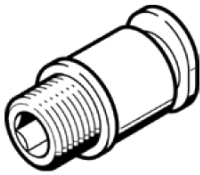
|    | N° articulo | Componentes                            |              | cantidad |
|----|-------------|--|--------------|----------|
| 1  | 004645      | Silenciadores                          | U-MS         | 3        |
|    | 002307      | Silenciadores                          | U-1/8        | 3        |
| 2  | 153267      | Tapón ciego                            | QSC-4H       | 5        |
|    | 004499      | Empalmes de tubos flexibles            | RTU-PK-3/4   | 10       |
|    | 004806      | Empalmes de tubos flexibles            | RTU-PK/4/4   | 5        |
|    | 004805      | Empalmes de tubos flexibles            | RTU-PK-3/3   | 5        |
| 3  | 130926      | Racor rápido roscado en L              | QSL-1/8-4    | 5        |
| 4  | 130990      | Racor rápido roscado                   | QS-1/8-4-1   | 10       |
| 5  | 130900      | Racor rápido roscado en L              | QSML-MS-4    | 5        |
| 6  | 153419      | Racor rápido roscado autoblocante      | QSK-1/8-4    | 5        |
| 7  | 130910      | Racor rápido roscado                   | QSM-M5-4-1   | 10       |
| 8  | 003656      | Espiral de sujeción de tubos flexibles | PKB-50 Blau  | 2        |
|    | 003635      | Soporte multi-tubo KK                  | KK-3         | 2        |
| 9  | 007658      | Tijeras para cortar tubos y mangueras  | ZRS          | 1        |
|    | 158419      | Horquilla extractora                   | QSO          | 1        |
|    | 009076      | Cinta selladora para roscas            | GWB 0,1      | 1        |
|    | 034634      | Junta anular                           | OL-M5        | 10       |
|    | 033840      | Junta anular                           | OL-1/8       | 10       |
|    | 034635      | Junta anular                           | OL-1/4       | 5        |
|    | 002143      | Acoplamiento tipo zócalo               | KD-1/4       | 1        |
|    | 002142      | Acoplamiento tipo zócalo               | KD-1/8       | 1        |
|    | 002154      | Acoplamiento tipo clavija              | KS-1/4       | 1        |
|    | 002150      | Acoplamiento tipo clavija              | KS-PK-4      | 1        |
|    | 003326      | Acoplamiento tipo clavija              | KS-PK-4-1/8  | 1        |
|    | 003492      | Acoplamiento tipo clavija              | KS-1/8       | 1        |
|    | 002151      | Acoplamiento tipo clavija              | KS-PK-6      | 1        |
|    | 009274      | Brida para tubos flexibles             | SK-10...16   | 1        |
|    | 009275      | Brida para tubos flexibles             | SK-16...25   | 1        |
| 10 | 153128      | Rácor rápido en T                      | QST-4        | 5        |
| 11 | 003843      | Tapón ciego                            | B-M 5        | 3        |
|    | 003568      | Tapón ciego                            | B-1/8        | 3        |
|    | 003569      | Tapón ciego                            | B-1/4        | 3        |
|    | 015623      | Boquilla doble                         | N-1/4-1/4-MS | 2        |
|    | 015622      | Boquilla doble                         | N-1/8-1/4-MS | 2        |
|    | 015621      | Boquilla doble                         | N-1/8-1/8-MS | 2        |
|    | 004138      | Boquilla doble                         | N-M5-1/8     | 2        |
|    | 004139      | Boquilla doble                         | N-M5-M5      | 2        |
| 12 | 003560      | Manguito                               | QM-M5-M5     | 1        |
|    | 002254      | Manguito                               | QM-1/8-1/8   | 1        |
|    | 002255      | Manguito                               | QM-1/4-1/4   | 1        |
|    | 036169      | Manguito                               | QM-M5-A/I    | 1        |
|    | 036170      | Manguito                               | QM-1/8-A/I   | 1        |
|    | 036171      | Manguito                               | QM-1/4-A/I   | 1        |
|    | 003577      | Boquilla reductora                     | D-1/8I-1/4A  | 1        |
|    | 003842      | Boquilla reductora                     | D-M 5I-1/8A  | 1        |

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

**Comentarios de la tabla N° 8:** En la primera columna está el número de compartimento que va del 1 al 12, en la segunda columna el número de artículo según el fabricante FESTO, en la última columna la cantidad de cada uno de los componentes. Si se desea un detalle de estos componentes, como se mencionó en este informe se puede visitar la página de FESTO<sup>3</sup> con el código del repuesto y puede obtener una hoja de especificaciones de cada repuesto.

**Racor rápido roscado**  
**QSM-B-M5-4-I-20**  
Número de artículo: 130910 **FESTO**

Rosca exterior con hexágono interior.



**Hoja de datos**

| Característica                     | Propiedades         |
|------------------------------------|---------------------|
| Tamaño                             | Mini                |
| Diámetro nominal                   | 2,5 mm              |
| Tipo de junta del eje atornillable | Junta anular        |
| Posición de montaje                | indistinto          |
| Tamaño del depósito                | 20                  |
| Construcción                       | Principio Push-Pull |

**Figura 1.13:** Hoja de datos del racor rápido roscado 130910.

Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/>

Por ejemplo la figura 1.13 nos muestra una captura realizada a la página de FESTO de la hoja de datos de un componente del kit de repuestos. Este componente tiene como número de artículo 130910.

De la hoja de datos observamos que se trata de un racor rápido roscado, es decir que para la conexión solo se presiona la manguera y para retirar la manguera se presiona la parte superior que es de color azul y sin mucho esfuerzo se puede retirar la manguera. También se puede saber que el diámetro es de 4 mm, además esta hoja de datos nos permite saber que herramienta se debe usar para cambiarlo, en este caso como se menciona en la hoja de datos, se requiere una llave hexagonal.

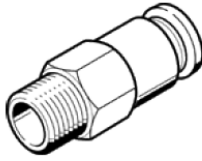
3.- <http://www.festo-didactic.com/es-es/>

**Racor rápido roscado autoblocante  
QSK-1/8-4**

Número de artículo: 153419

FESTO

Rosca exterior con hexágono exterior.



**Hoja de datos**

| Característica   | Propiedades                                  |
|--|--|
| Tamaño   | Estándar                                     |
| Diámetro nominal   | 1,6 mm                                       |
| Tipo de junta del eje atornillable                         | Recubrimiento                                |
| Posición de montaje  | indistinto                                   |
| Tamaño del depósito  | 1  |
| Construcción   | Principio Push-Pull                          |
| Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura | -0,95 ... 6 bar                              |
| Presión de funcionamiento en función de la temperatura     | -0,95 ... 14 bar                             |
| Fluido   | Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:::] |
| Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando  | Opción de funcionamiento con lubricación     |

**Figura 1.14:** Hoja de datos del racor rápido roscado autoblocante 153419.

Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/>

A primera vista la figuras 1.13 y la figura 1.14 son iguales o similares; sin embargo van en diferentes compartimentos y vienen en cantidades distintas (10 componentes y 5 componentes respectivamente); el componente que se aprecia e la figura 1.13 es un racor rápido roscado autoblocante. Quiere decir que el aire solo puede fluir en una sola dirección, que es en el sentido de alimentación, por lo cual este componente solo puede ser para los racores de la unidad de distribución que a continuación se muestra.



**Figura 1.15:** Distribuidor neumático compuesto por racores autoblocantes.

Fuente: Elaboración propia.

Otro componente como repuesto es el aceite de compresor, debido a que se tienen compresores de émbolo y se debe lubricar las partes móviles del compresor. La empresa fabricante de compresores recomienda el aceite sintético no inflamable SJ – 27. Desde la implementación del laboratorio de neumática se tenía este aceite para ir agregando al compresor a lo largo de los años; pero ya se agotó a inicios del año 2014.



**Figura 1.16:** Aceite sintético para compresor.

Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/>

Luego de analizar estos 2 componentes se observó que este aceite sintético y el kit de repuestos de neumática son los 2 componentes que se requieren para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo.

Es importante mencionar que nunca se había cambiado el aceite de los compresores por más de 10 años.

Se gestionó la adquisición de estos equipos y desde abril del 2015 ya se cuenta con estos componentes en el laboratorio de neumática de la EPIMMEM, en la siguiente figura se muestra la cotización de estos componentes por la empresa FESTO.

**FESTO  
DIDACTIC**

COTIZACION: UCSM 0122-2014  
Pág. 3 de 4

**2. PROPUESTA ECONOMICA**

| Item | Referencia | Descripción        | Precio Unitario | Cantidad         | V. Total         |
|------|------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------|
| 1    | 167020     | Caja de accesorios | \$ 715.00       | 1                | \$ 715.00        |
| 2    | 192215     | Aceite             | \$ 155.00       | 1                | \$ 155.00        |
|      |            |                    |                 | <b>SUB TOTAL</b> | <b>\$ 870.00</b> |













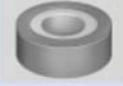
**Figura 1.17:** Propuesta económica del kit de repuesto y aceite sintético.

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica











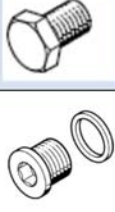
Desde la adquisición de éstos componentes se han realizado el cambio de aceite de los 4 compresores. Dicha tarea fue la más difícil, porque se debe tener cuidado de no dejar residuos de ningún tipo, se requieren 2 personas para realizar el cambio de aceite, así como diversas herramientas que se detallan en el Manual del Compresor JUN - AIR (Anexo II).

También a mediados de este año se realizó el cambio de racores malogrados con los del kit de repuestos. Con el fin de determinar cuáles son los componentes que más se desgastan y también tener una disponibilidad de repuestos - como parte de esta investigación - se está llevando un inventario de repuestos, que se muestra a continuación en las siguientes tablas.

**Tabla N° 9: Lista de Inventario de repuestos para el laboratorio de neumática de la EPIMMEM – primera parte.**

| <b>Inventario de Kit de repuestos del Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b> |   |   |                  |                                    |           |              |           |
|--|---|---|------------------|------------------------------------|-----------|--------------|-----------|
| <b>Lista total de repuestos del laboratorio de NEUMÁTICA de Ing. Mecánica</b>                    |   |   |                  |                                    |           |              |           |
| # de Ident. En el kit  | Repuestos                                 | Imagen del componente   | Tipo de conexión | N° de art. en el catalogo de FESTO | 01-abr-15 | 20 -Oct-2015 | 16-dic-15 |
| 1  | Silenciadores                             |    | U-M5             | 4645                               | 3         | 3            | 3         |
|  | Silenciadores                             |    | U-1/8            | 2307                               | 3         | 3            | 3         |
| 2  | Empalmes de tubos flexibles (Tapon ciego) |    | QSC-4H           | 153267                             | 5         | 5            | 5         |
|  | Empalmes de tubos flexibles               |    | RTU-PK-3/4       | 4499                               | 10        | 10           | 10        |
|  | Empalmes de tubos flexibles               |   | RTU-PK/4/4       | 4806                               | 5         | 5            | 5         |
|  | Empalmes de tubos flexibles               |   | RTU-PK-3/3       | 4805                               | 5         | 5            | 5         |
| 3  | Racor rápido roscado en L                 |    | QSL-1/8-4        | 130926                             | 5         | 9            | 9         |
| 4  | Racor rápido roscado                      |   | QS-1/8-4-I       | 130990                             | 10        | 1            | 1         |
| 5  | Racor rápido roscado en L                 |  | QSML-M5-4        | 130900                             | 5         | 6            | 6         |
| 6  | Racor rápido roscado autoblocante         |  | QSK-1/8-4        | 153419                             | 5         | 2            | 2         |
| 7  | Racor rápido roscado                      |  | QSM-M5-4-I       | 130910                             | 10        | 9            | 9         |
| 8  | Espiral de sujeción de tubos flexibles    |  | PKB-50 Blau      | 3656                               | 2         | 1            | 1         |
|  | Soporte multi-tubo KK                     |   | KK-3             | 3635                               | 2         | 2            | 2         |
| 9  | Tijeras para cortar tubos y mangueras     |  | ZRS              | 7658                               | 1         | 2            | 2         |
|  | Horquilla extractora                      |  | QSO              | 158419                             | 1         | 1            | 1         |
|  | Cinta selladora para roscas (teflon)      |  | GWB 0,1          | 9076                               | 1         | 1            | 1         |

**Tabla N° 10: Lista de Inventario de repuestos para el laboratorio de neumática de la EPIMMEM – segunda parte.**

| <b>Inventario de Kit de repuestos del Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b> |                            |   |                  |                                    |           |             |           |
|--|----------------------------|---|------------------|------------------------------------|-----------|-------------|-----------|
| <b>Lista total de repuestos del laboratorio de NEUMÁTICA de Ing. Mecánica</b>                    |                            |   |                  |                                    |           |             |           |
| # de ident. En el kit  | Repuestos                  | Imagen del componente   | Tipo de conexión | N° de art. en el catalogo de FESTO | 01-abr-15 | 20-oct-2015 | 16-dic-15 |
| 9  | Junta anular               |    | OL-M5            | 34634                              | 10        | 10          | 10        |
|  | Junta anular               |   | OL-1/8           | 33840                              | 10        | 10          | 10        |
|  | Junta anular               |   | OL-1/4           | 34635                              | 5         | 5           | 5         |
|  | Acoplamiento tipo zócalo   |    | KD-1/4           | 2143                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Acoplamiento tipo zócalo   |    | KD-1/8           | 2142                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Acoplamiento tipo clavija  |    | KS-1/4           | 2154                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Acoplamiento tipo clavija  |    | KS-PK-4          | 2150                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Acoplamiento tipo clavija  |   | KS-PK-4-1/8      | 3326                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Acoplamiento tipo clavija  |  | KS-1/8           | 3492                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Acoplamiento tipo clavija  |  | KS-PK-6          | 2151                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Brida para tubos flexibles |  | SK-10...16       | 9274                               | 1         | 1           | 1         |
|  | Brida para tubos flexibles |   | SK-16...25       | 9275                               | 1         | 1           | 1         |
| 10   | Racor rápido en T          |  | QST-4            | 153128                             | 5         | 13          | 13        |
| 11   | Tapón ciego                |  | B-M 5            | 3843                               | 3         | 3           | 3         |
|  | Tapón ciego                |   | B-1/8            | 3568                               | 3         | 3           | 3         |
|  | Tapón ciego                |   | B-1/4            | 3569                               | 3         | 3           | 3         |

**Comentarios de la tabla N° 9 y N° 10:**

- El número en la primera columna se refiere al número de compartimento en el maletín del kit de repuestos y las 3 últimas columnas son la cantidad de componentes en esas 3 fechas de este 2015 en que se hizo el inventario.
- Con la finalidad que sea más fácil de identificar los componentes al hacer el inventario, también se han colocado sus imágenes obtenidas de la página web del proveedor.
- También se ha colocado para cada repuesto el número de artículo, así como la conexión. Es importante notar que son componentes que parecen similares, incluso por el nombre pero a la vez son distintos y tienen diferentes funciones.
- En la tabla N° 9 se aprecia que los silenciadores están en la misma cantidad, esto se debe a que las válvulas nuevas vienen con silenciadores; pero las que se tienen en el laboratorio son válvulas antiguas que no llevan silenciadores
- En la tabla N° 9 se aprecia que del racor rápido roscado autoblocante al inicio habían 5; pero ahora solo queda 2.
- En la tabla N° 9 se aprecia que del racor rápido roscado al inicio había 10; pero ahora solo queda 1.
- En la tabla N° 9 se aprecia que del racor rápido roscado autoblocante al inicio habían 5; pero ahora solo queda 2.
- En la tabla N° 10 se aprecia que del conector T, inicialmente había 5 componentes y posteriormente hay 13, cuando se supone que debería ir disminuyendo. Esto se debe a que inicialmente ya había algunos componentes de repuestos.

### ¿Qué equipos se necesitarán para este mantenimiento preventivo?

#### 4.- Equipos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática.

Para determinar que el compresor está operando dentro de sus parámetros óptimos se requiere medir corriente, por lo cual se necesita un multímetro. También se requiere medir el tiempo de compresión, por lo cual con un reloj o cronómetro es suficiente. Otro parámetro a medir es el ruido en decibelios a 1 metro de distancia del compresor, por lo cual se usó una aplicación de celular.

Lo que más se requiere son herramientas, a continuación se mencionan las herramientas que se han usado en la etapa de investigación de esta tesis.

- Para realizar el cambio de racores se requieren llaves hexagonales para diferentes diámetros, tanto en escala milimétrica como en pulgadas.
- En un caso complejo en que se quiera desarmar las válvulas se requieren además de las llaves mencionadas juego de desarmadores planos y estrellas.
- Para completar el aceite del compresor una llave francesa para destapar la parte del motor y posteriormente llenar de aceite al compresor de acuerdo al nivel necesario.
- Otro componente necesario es un medidor de litro, para el cambio de aceite, ya que se debe llenar solo las  $\frac{3}{4}$  partes de un litro de aceite por compresor.

Gracias a gestiones realizadas a través de los años ya se cuenta con las herramientas mencionadas. Respecto a los equipos, se tiene ya un multímetro, con la tecnología se llegó a medir el ruido con un celular y una aplicación de internet, por lo cual no es necesario comprar o adquirir otro equipo.

Es importante hacer notar que en el caso de un mantenimiento predictivo se requerirían más equipos como termógrafos, medidores de vibración, análisis de aceite, etc.

**¿Qué parámetros se deben medir en la implementación del mantenimiento preventivo?**

**5.- Parámetros a medir para llevar a cabo el mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática.**

**5.1- Mediciones en el compresor.**

Estas mediciones se realizan con el fin de saber si sigue en buenas condiciones.

A continuación se mostrara una tabla con los datos de fábrica y con las mediciones que se han ido llevando a cabo en el transcurso del año.

**Tabla N° 11: Medición de parámetros en los 4 compresores, para el laboratorio de neumática de la EPIMMEM.**

| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b>   |  |   |   |   |                    |
|---|--|---|---|---|--------------------|
| <b>Medicion de especificaciones técnicas de los compresores</b> |  |   |   |   |                    |
| <b>Identificación del compresor</b>                             | <b>Parametros</b>                            | <b>Especificaciones de fabrica en el año 2002</b> | <b>Antes de cambiar el aceite el 29 de diciembre del 2014</b> | <b>luego de cambiar el aceite en junio del 2015</b> | <b>20/oct/2015</b> |
| <b>A</b>  | Tiempo en comprimir desde 0 hasta 8 bar@60Hz | 305 seg   | 343 seg   |   | 348 seg            |
|   | Ruido en dB medido a 1 m de distancia        | < 45 dB   |   |   | 34 dB              |
|   | Presion maxima                               | 8 bar   | 8.5 bar   |   | 7.5 bar            |
|   | Corriente maxima a 60Hz en el motor          | 2.9 A   |   |   | 2.3 A              |
| <b>B</b>  | Tiempo en comprimir desde 0 hasta 8 bar@60Hz | 305 seg   | 344 seg   |   | 337 seg            |
|   | Ruido en dB medido a 1 m de distancia        | < 45 dB   |   |   | 36 dB              |
|   | Presion maxima                               | 8 bar   | 8 bar   |   | 8.5 bar            |
|   | Corriente maxima a 60Hz en el motor          | 2.9 A   |   |   | 2.4 A              |
| <b>C</b>  | Tiempo en comprimir desde 0 hasta 8 bar@60Hz | 305 seg   | 356 seg   |   | 349 seg            |
|   | Ruido en dB medido a 1 m de distancia        | < 45 dB   |   |   | 36 dB              |
|   | Presion maxima                               | 8 Bar   | 8 bar   |   | 7 bar              |
|   | Corriente maxima a 60Hz en el motor          | 2.9 A   |   |   | 2.2 A              |
| <b>D</b>  | Tiempo en comprimir desde 0 hasta 8 bar@60Hz | 305 seg   | 360   | 356 seg   | 352                |
|   | Ruido en dB medido a 1 m de distancia        | < 45 dB   |   |   | 352 seg            |
|   | Presion maxima                               | 8 Bar   | 8 Bar   |   | 8 bar              |
|   | Corriente maxima a 60Hz en el motor          | 2.9 A   |   |   | 2.3 A              |

Fuente: Elaboración propia

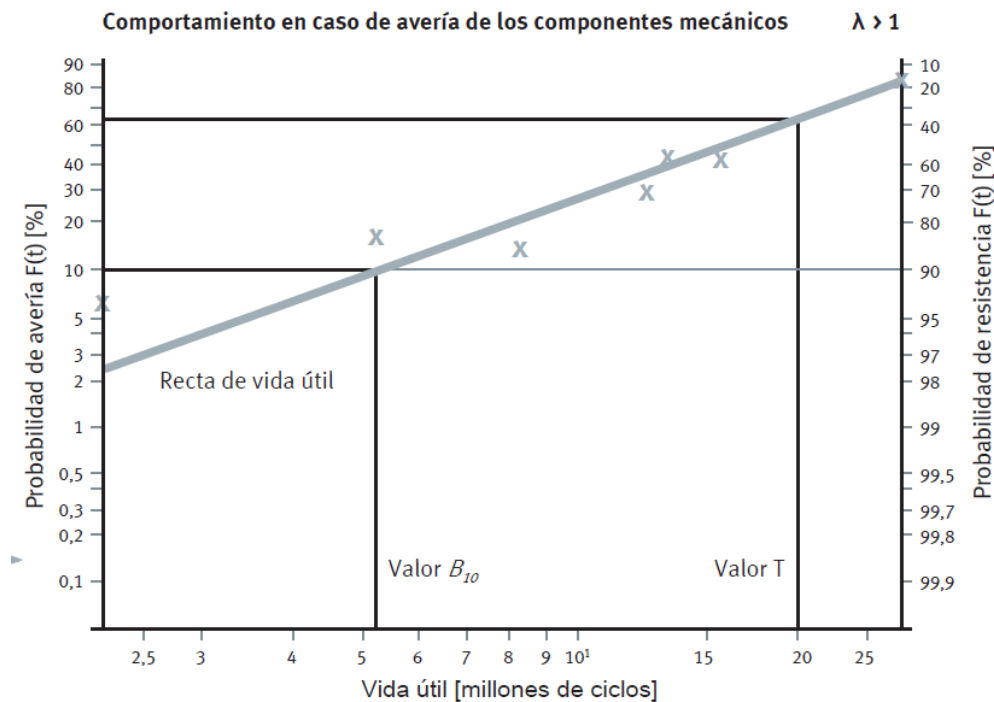
**Comentarios de la tabla N° 11:** Estas mediciones de acuerdo al plan de mantenimiento propuesto se deben realizar una vez al año. Como parte de la investigación se han hecho mediciones no periódicas. Algo importante de mencionar es que según el dato de placa debería trabajar a 50Hz, y en el Perú se tiene 60Hz en la red eléctrica.

De la tabla anterior se aprecia que luego de cambiar el aceite en los compresores hay una disminución del tiempo de compresión. Otro parámetro importante es el ruido, ya que se cumple con la especificación que sea menor a 45 decibelios.

La función principal del compresor es comprimir, en la tabla N° 11 se aprecia que hay 2 compresores que no llegan hasta los 8 bares, por lo cual ya es un indicio de desgaste, por eso son muy importante estas mediciones.

### 5.2- Mediciones en las válvulas y cilindros.

La función principal de las válvulas es la conmutación, por lo cual se estimara el número de conmutaciones y determinar la probabilidad de falla de acuerdo al fabricante.



**Figura 1.18:** Probabilidad de falla en componentes mecánicos FESTO.

Fuente: Vida útil en productos FESTO ([www.festo.com](http://www.festo.com))

La figura anterior nos indica que el valor  $\beta_{10}$  está alrededor de 5 millones de ciclos.

### Valor $\beta_{10}$

Valor estadístico previsto para el número de ciclos en los que un 10 % de las piezas han superado los valores límite (tiempo de conmutación, fuga, presión de conmutación...) definidos para el ensayo en unas condiciones también definidas. Por conclusión inversa, esto significa que esta es también la probabilidad de que el 90 % de las piezas de ensayo lleguen a la vida útil  $\beta_{10}$  indicada<sup>4</sup>.

### Valor T/vida útil característica

La vida útil característica T es el tiempo transcurrido hasta que se averiaron un 63 % de las piezas de ensayo.

### $\lambda(t)$ / Probabilidad de avería

La probabilidad de averías  $\lambda(t)$  es una medida para el riesgo que tiene una pieza de sufrir una avería en el momento t, bajo la condición de que ha funcionado hasta ese momento.

FESTO (2009) <sup>4</sup>afirma:

FESTO somete a todas las series de productos que salen de fábrica a extensos ensayos de duración y de funcionamiento. Realizamos estos ensayos tanto en la fase de desarrollo como en la mayoría de las fases del ciclo vital del producto. Así podemos optimizar nuestros productos de forma continua - para alcanzar una mayor vida útil, rentabilidad y fiabilidad.

Los valores característicos de vida útil de los ensayos son un punto central para el mantenimiento preventivo y la evaluación de funciones de seguridad.

En FESTO se dan todos los tipos de indicación de vida útil, tanto los que se refieren a componentes mecánicos y neumáticos o a la vida útil de componentes electrónicos.

La vida útil de un producto es de gran importancia para casi todos los sectores. No obstante, las especificaciones de la vida útil son referidas a la tecnología. En productos con desgaste mecánico estos datos se indican en ciclos de conmutación o en rendimiento, en el caso de productos electrónicos se indica en horas de funcionamiento o años.

4.- tomado del Entrenamiento de resistencia para productos de Festo - calidad para una larga vida útil.

A continuación se hará un estimado de los ciclos o números de conmutación, basado en las siguientes suposiciones:

- El curso de Neumática Básica se desarrolla en el semestre impar, mientras que el curso de Electroneumática Básica se desarrolla en el semestre par.
- Cada semestre está compuesto por 18 semanas.
- Se tiene un promedio de 12 grupos por semestre para cada curso.
- Se contará el número de conmutaciones desde el 2002 hasta fines del año 2015.
- En cada práctica se realizan un promedio de 20 conmutaciones por cada válvula.

$$\#de\ conmutaciones = a * b * c * d$$

*a: número de semestres desde el 202 al 2015.*

*b: número de semanas por semestre.*

*c: número de grupos de prácticas por semana.*

*d: número de conmutaciones en cada practica por válvula.*

$$\#de\ conmutaciones = 13 * 18 * 12 * 20$$

$$\#de\ conmutaciones = 56\ 160 = 0.056\ millones\ de\ ciclos$$

Del resultado anterior y de la figura 1.16 se concluye que en la actualidad la probabilidad de falla es mínima, para los componentes mecánicos del laboratorio de neumática de la EPIMMEM, como son las válvulas y cilindros neumáticos.

## ¿Cuáles serán los procedimientos para la implementación del mantenimiento preventivo en el laboratorio de neumática de la UCSM?

### 6.- Procedimientos para la implementación del plan de mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática.

Luego del análisis realizado al laboratorio y de las pruebas que son parte de esta investigación, el siguiente paso es realizar la gestión con el fin de contar con los repuestos e insumos y que se ejecute el plan de mantenimiento propuesto.

Un documento importante es el Manual de Organización y Funciones del personal administrativo del Laboratorio de Neumática de la EPIMMEM (Anexo III) que se ha elaborado. Este documento es importante porque en él se incluyen las tareas de mantenimiento preventivo del laboratorio.

#### **FUNCIONES ESPECÍFICAS:**

- a) Mantener en estado operativo las computadoras del Laboratorio mencionado, realizando el mantenimiento respectivo cada fin de semestre, o en el tiempo que corresponda. Así como también de los demás equipos como impresoras, etc.
- b) Consolidar y tramitar los requerimientos para insumos como cartuchos de impresora, hojas bond y útiles de escritorio para la realización de trámites y así realizar una buena gestión.
- c) Llevar a cabo el Plan de mantenimiento de los equipos neumáticos, llenando los checklist y siguiendo la programación de inspecciones periódicas.
- d) Asistir a los jefes de prácticas durante las clases que se desarrollan dentro del Laboratorio, con el ordenamiento de las válvulas, mangueras, en sus respectivos lugares de la bandeja de componentes.
- e) Apoyar en el entrenamiento y selección de los equipos que representan a la Universidad en las Olimpiadas de Mecatrónica cada año.
- f) Mantener el laboratorio ordenado, en lo que se refiere a documentación, insumos, componentes neumáticos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos.
- g) Colaborar con las herramientas para los tesistas que trabajen dentro del

**Figura 1.19:** Extracto del manual de funciones del personal administrativo del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.

Fuente: Elaboración propia

Otra actividad importante de la gestión es presupuestar los repuestos e insumos necesarios para el mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática. Este presupuesto debe ser de forma anual porque así se trabaja en la UCSM; para lo cual es muy importante los inventarios de repuestos mostrados anteriormente en este informe, que son las Tabla N°9 y Tabla N°10. En las tablas mencionadas se observa que hay componentes del kit de repuesto que más se usan, y otros que aún no se han usado, por lo cual el presupuesto podría disminuir.

Como actividad principal de la gestión de este plan de mantenimiento, a fines del 2014 se presentó el proyecto de desarrollo “*Implementación del Mantenimiento Preventivo del Laboratorio de Neumática de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica (EPIMMEM)*” a la Dirección de Escuela con el fin que sea incluido en el Plan Operativo 2015. Este proyecto se presentó en calidad de coordinador del laboratorio de Neumática.

Este proyecto se presentó en un documento interno de la Universidad Católica de Santa María, que es el Formato Nro. 4. Lo que se destaca de este formato es que debe haber una alineación del proyecto que se propone con el Plan Estratégico de la UCSM 2013-2022.

A continuación se expone dicho proyecto en el mencionado formato, se aprecia que el proyecto presentado está relacionado con la estrategia 2.8 que es la acreditación de laboratorios, y con la estrategia 7.6.4 que es la potenciación del equipamiento de los laboratorios, donde los responsables son el vicerrector administrativo y la coordinación de los laboratorios; es decir el autor de este proyecto.

También se indican los ejes estratégicos a los que está alineado o tiene relación con el proyecto, estos ejes son la docencia y la administración.

**FORMATO Nro. 04**  
**INFORMACIÓN BÁSICA PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE**  
**DESARROLLO**

**1. UNIDAD ACADÉMICA Y/O ADMINISTRATIVA FORMULADORA:**

Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica (EPIMMEM)

**2. DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:**

Implementación del Mantenimiento Preventivo del Laboratorio de Neumática de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica (EPIMMEM)

**3. EJE ESTRATÉGICO EN EL QUE SE UBICA EL PROYECTO:**

- ✓ Institucional ( )
- ✓ Docencia ( X )
- ✓ Investigación ( )
- ✓ Extensión Universitaria ( )
- ✓ Proyección Social ( )
- ✓ Producción de Bienes y Servicios ( )
- ✓ Administración ( X )

| Eje        | B     | DOCENCIA  |  |
|------------|-------|---|--|
| Objetivo   | 2     | Formar académicos y profesionales socialmente responsables. |  |
| Estrategia | 2.8   | Acreditación de laboratorios especializados                 | Responsable                                    |
|            | 2.8.4 | Potenciación de los laboratorios de investigación.          | VR Administrativo<br>Coordinación Laboratorios |

| Eje        | G     | ADMINISTRACIÓN   |  |
|------------|-------|--|--|
| Objetivo   | 7     | Contar con capital humano, recursos tecnológicos y físicos de calidad, que coadyuven a la eficiencia de la Gestión Universitaria |  |
| Estrategia | 7.6   | Actualización permanente del Plan Director de Infraestructura  | Responsable                                    |
|            | 7.6.4 | Potenciación del equipamiento de los laboratorios  | VR Administrativo<br>Coordinación Laboratorios |

**4. UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| REGIÓN      | Arequipa                             |
| PROVINCIA   | Arequipa                             |
| DISTRITO    | Cercado                              |
| INSTITUCIÓN | Universidad Católica de Santa María  |
| LUGAR       | Laboratorio de Neumática del PPIMMEM |

**5. SITUACIÓN DEL PROYECTO:**

En ejecución ( )                      Nuevo ( X )

**6. JUSTIFICACIÓN (problemas específico que se pretende atender):**

| PROBLEMA ESPECÍFICO   | MAGNITUD DEL PROBLEMA  |
|---|--|
| a) El laboratorio de Neumática del PPIMMEM que tiene 12 años de funcionamiento no cuenta con un Plan de mantenimiento de sus equipos. | Sin un plan de mantenimiento los equipos no van a poder culminar su ciclo de vida o tiempo de vida útil, asimismo el laboratorio no podrá ofrecer un servicio de manera regular en los próximos 10 años. |
| b) No se cuentan con repuestos de manera regular para la labor de mantenimiento que recomienda el fabricante.                         | Por ejemplo se recomienda cambiar el aceite de los 4 compresores cada 2 años y hasta ahora deberían haberse cambiado 5 veces.  |

**7. OBJETIVO (logro que se espera conseguir con el proyecto):**

| LOGRO / OBJETIVO  | MAGNITUD DEL OBJETIVO  |
|---|--|
| a) Mantener una regularidad del funcionamiento del Laboratorio de Neumática en el servicio a los alumnos. | El Laboratorio de Neumática brinda servicio a los alumnos de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Ing. Industrial, algunas veces a Ing. Electrónica y se pretende dar servicio de capacitación hacia el sector privado |
| b) Contar con, recursos tecnológicos y físicos de calidad.  | Que la Universidad cuente con laboratorios de calidad para ofrecer servicios afuera y tener otra forma de ingreso que la pensión de los alumnos.   |

**8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO (¿en qué consiste?):**

Este proyecto consiste en realizar tareas/inspecciones semanales, mensuales y anuales a los equipos del Laboratorio de Neumática para cada año con el propósito de mantener una regularidad en su funcionamiento durante el ciclo de vida de los equipos.

Las inspecciones las realizarán el personal de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica; pero los repuestos e insumos los debe proveer la UCSM.

Ya se tiene en este momento un listado de equipos; también un listado de tareas para los compresores y se están elaborando para los otros componentes. También se cuenta con un listado de repuestos que se adjunta a este proyecto junto con una cotización anterior.

**9. BENEFICIARIOS (quiénes y cuántos):**

- Se benefician los 1070 alumnos del Programa Profesional y en general todos los alumnos de los diferentes programas que dentro su currícula incluyan los cursos de Neumática y electroneumática.
- Se beneficia la Escuela porque mejora el servicio y la imagen institucional en la ciudad y el país.

**10. COSTO TOTAL DE PROYECTO S/. (según el rubro 13):**

S/ 5 450.00 cinco mil cuatrocientos cincuenta nuevos soles.

**11. FUENTES DE FINANCIAMIENTO:**

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| Presupuesto 2015 de la UCSM | S/. 5 450.00 |
| Otras fuentes               | S/.          |

**12. ACTIVIDADES A DESARROLLARSE PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO:**

| ACTIVIDADES   | CRONOGRAMA |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | RESPONSABLE |  |
|---|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------|--|
|   | E          | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |             |  |
| Presentación del proyecto en formato 4  | X          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |             | Dirección  |
| Aprobación del proyecto   |            |   | X |   |   |   |   |   |   |   |   |   |             | Of. Planeamiento                                     |
| Discusión y asignación de responsabilidades   |            |   |   | X |   |   |   |   |   |   |   |   |             | Dirección<br>Coordinador de Laboratorio de neumática |
| Solicitud de cotizaciones de repuestos  |            | X | X |   |   |   |   |   |   |   |   |   |             | Coordinador de Laboratorio de neumática              |
| Adquisición de repuestos, componentes e insumos   |            |   |   | X |   |   |   |   |   |   |   |   |             |  |
| Implementación del plan de mantenimiento  |            |   |   |   | X | X | X | X | X | X | X | X | X           | Dirección<br>Coordinador de Laboratorio de neumática |
| Elaboración de instrumentos de verificación como checklists, lista de repuestos, lista de piezas. | X          | X |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |             | Coordinador de Laboratorio de neumática              |

**13. PRESUPUESTO DETALLADO DE EGRESOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DURANTE EL AÑO 2015:**

| PRESUPUESTO DE EGRESOS                        | UNIDAD DE MEDIDA                 | VALOR UNITARIO S/. | CANTIDAD | VALOR TOTAL S/. |
|---|----------------------------------|--------------------|----------|-----------------|
| - Repuestos (racores, niples, mangueras, etc) | Caja de accesorios               | 2000.00            | 1        | 2000.00         |
| - Aceite para compresores                     | Recipiente de 10 litros          | 450.00             | 1        | 450.00          |
| - Renovación de equipos deteriorados          | Componente(válvula, pistón, etc) | 500.00             | 6        | 3000.00         |
| Bienes de Capital:                            |                                  |                    |          |                 |
| Infraestructura Física:                       |                                  |                    |          |                 |
| <b>MONTO TOTAL S/.</b>                        |                                  |                    |          | <b>5 450</b>    |

Este proyecto fue presentado como parte del Plan Operativo 2015 de la EPIMMEM, como se muestra en la siguiente figura.

|               |     |                                   |  |  |                   |              |                                |                      |
|---------------|-----|-----------------------------------|--|--|-------------------|--------------|--------------------------------|----------------------|
| Docencia      | 6.2 | Laboratorios                      | diseño.<br>Calibración de equipos de ensayo de materiales (parcial).                               | nado.<br>Laboratorio equipado y acondicionado. |                   | 2015 – Impar | Jefe de laboratorio            | S/ 48 000            |
| Docencia      | 6.2 | Laboratorios                      | Compra de Impresora 3D para uso de Proyectos diversos.   | Equipo en actividad.                           |                   | 2015 – Impar | Director                       | S/ 70 000            |
| Docencia      | 6.2 | Laboratorios                      | Implementación de Plan de Mantenimiento para los equipos del Laboratorio de Neumática e Hidráulica | Equipo en actividad.                           |                   | 2015 – Impar | Director Jefe de laboratorio   | Presupuesto variable |
| Docencia      | 7.  | Plan curricular con participación | Asociación de egresados del programa PENDIENTE 2014  | Creación de Asociación                         | Inscripción RRP P | 2015         | Director Comisión de Egresados | 1 000                |
| Investigación | 13  | Fomentar la                       | Capacitación para fondos   | Planes y Convenios                             | Proyectos y       | 2014         | Director. Comisión             | 6 000                |

**Figura 1.20:** Recorte del plan Operativo 2015 de la EPIMMEM.

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica

De acuerdo a lo descrito en el Anexo I (Proyecto de Tesis) no todo lo que se pide se aprueba, y este proyecto no fue presupuestado para el presente 2015, ya que el documento que señala los proyectos que sí van, indicando responsables y presupuestos, es el Plan Anual de Funcionamiento de la UCSCM 2015.

Como se describe también en el Anexo I, existe otro camino que es un requerimiento para montos menores a 2000.00 soles de los jefes de laboratorio a la Dirección de Escuela; este pedido se eleva al decanato y de ahí a su evaluación en el Vicerrectorado Administrativo.

De esta forma se logró adquirir el kit de repuestos y el aceite para compresor, con lo que ya se viene implementando el plan de mantenimiento en el laboratorio de neumática de la EPIMMEM.

**¿Cuáles serán los indicadores que se deben obtener para cumplir con el estándar 85 de acreditación nacional respecto al mantenimiento de los laboratorios?**

**7.- La acreditación nacional de la EPIMMEM y el mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática.**

La guía de acreditación de carreras de ingeniería del SINEACE para el estándar 85 propone:

“La infraestructura donde se realiza labor de enseñanza - aprendizaje, investigación, extensión universitaria, proyección social, administración y bienestar, y su equipamiento respectivo, **tienen un programa implementado para su mantenimiento**, renovación y ampliación” (CONEAU, 2009, p. 14).

Para obtener una certificación se deben cumplir estos estándares, y el cumplimiento se basa en fuentes de verificación, que en este caso son: Información documentada, visita a instalaciones, encuestas y entrevistas a estudiantes, docentes y administrativos además del indicador GIII – 97 (porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento, renovación y ampliación).

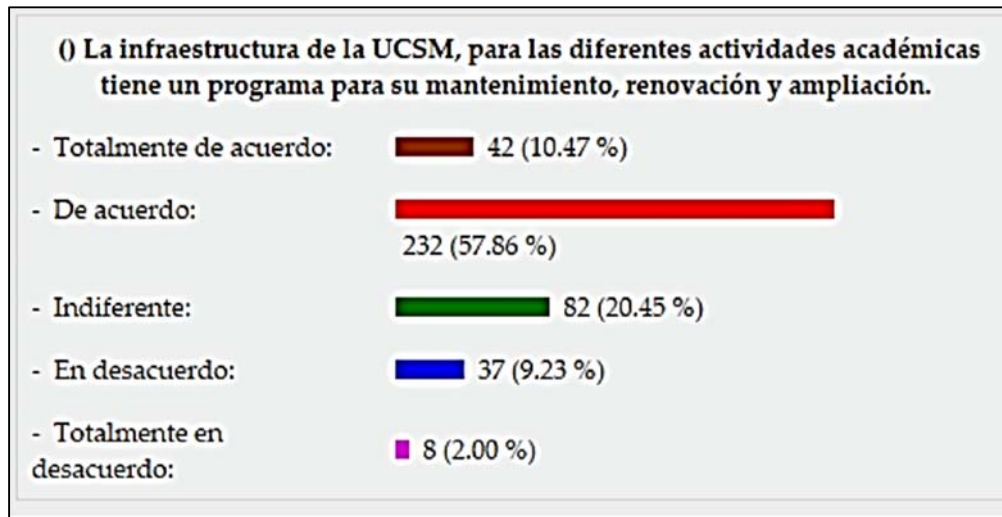
Una vez que se tienen estas fuentes de verificación se empieza a redactar el informe de autoevaluación, en caso de que un estándar no se cumpla, se establece un plan de mejora.

A continuación se tratará de desarrollar cada una de esas evidencias:

- 1.- Información documentada**
  - Anexo 001:** Plan de mantenimiento del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.
  - Anexo 002:** Formato Nro. 4 del proyecto de implementación del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.
  - Anexo 003:** Registro de tareas e inspecciones a los equipos neumáticos.
- 2.- Visita a instalaciones**
- 3.- Encuestas y entrevistas a estudiantes, docentes y administrativos<sup>5</sup>**
  - Anexo 004:** Resultado de encuestas a estudiantes.
- 4.- GIII – 97 porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento, renovación y ampliación).**
  - Anexo 005:** GIII-97.

5.- Se hizo una encuesta a docentes y administrativos en nov. del 2015; pero no se incluyó este tema

En el mes de Agosto del 2015 se logró hacer la primera encuesta virtual para los alumnos de la EPIMMEM. Participaron 413 estudiantes de 1100 con los que cuenta la Escuela y los resultados correspondientes a este tema se aprecian en la siguiente figura:



**Figura 1.21:** Recorte del resultado de encuestas a estudiantes de la EPIMMEM - 2015

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica

**El indicador GIII - 97**

|   |
|---|
| Factor: Infraestructura y equipamiento  |
| para la acreditación de carreras universitarias: 76.  |
| para la acreditación de las carreras de educación: 85.  |
| $\text{Porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento, renovación y ampliación} = \frac{\text{Actividades realizadas}}{\text{Total de Actividades planteadas}} \times 100$        |
| Grado de cumplimiento de los objetivos planteados.  |
| Medir el grado de cumplimiento anual de los objetivos propuestos por la Unidad encargada  |
| Un porcentaje igual a 100 indica que todas las actividades planteadas han sido realizadas, no hay necesidad de un replanteamiento de los objetivos, o la presencia de posibles dificultades |
| No aplica (N. A.).  |
| Unidad Académica, Unidad de Mantenimiento.  |

**Figura 1.22:** GIII-97 Porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento, renovación y ampliación.

Fuente: Adaptado de “Modelo de Calidad para la Acreditación de Carreras Profesionales Universitarias” (2009), p. 91

Este indicador aún no se tiene, porque no se tenían programación de actividades; pero ahora ya se tienen como resultado de esta investigación una programación de actividades de mantenimiento. Lo que no se tiene es un programa de renovación de equipos y de ampliación.

Finalmente se redacta el informe de autoevaluación, que para este estándar sería de la siguiente manera:

Además se debe escribir una justificación, que fue de la siguiente manera:

**Tabla N° 12: Extracto del informe de autoevaluación de la EPIMMEM 2015.**

| Estándar  | Cumplimiento |    | Justificación  | Fuente de verificación   |
|---|--------------|----|--|--|
|   | Sí           | No |  |  |
| 85: La infraestructura donde se realiza labor de enseñanza - aprendizaje, investigación, extensión universitaria, proyección social, administración y bienestar, y su equipamiento respectivo, <b>tienen un programa implementado para su mantenimiento, renovación y ampliación.</b> |              | X  | <p>La Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica tiene un laboratorio de materiales, procesos, neumática, electricidad, robótica; pero solo el de neumática cuenta con un plan de mantenimiento lo que se evidencia con los anexos 001, 002 y 003.</p> <p>De acuerdo a los resultados de la encuesta a los estudiantes, el 68.33% de estudiantes percibe que la EPIMMEM tiene un programa de implementado para su mantenimiento, renovación y ampliación. Queda pendiente la encuesta a los docentes y administrativos de la Escuela.</p> <p>El indicador GIII-97 aún no se tiene porque hasta la fecha no se ha planeado una programación de actividades.</p> | <p><b>1.- Información documentada</b><br/> <b>Anexo 001:</b> Plan de mantenimiento del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.<br/> <b>Anexo 002:</b> Formato Nro. 4 del proyecto de implementación del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.<br/> <b>Anexo 003:</b> Registro de tareas e inspecciones a los equipos neumáticos.</p> <p><b>2.- Visita a instalaciones</b></p> <p><b>3.- Encuestas y entrevistas a estudiantes, docentes y administrativos</b><br/> <b>Anexo 004:</b> Resultado de encuestas a estudiantes.</p> <p><b>4.- GIII – 97 porcentaje de cumplimiento del programa de mantenimiento, renovación y ampliación).</b></p> |

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- 1.- Con la implementación del plan de mantenimiento del laboratorio de neumática, que incluyen principalmente cambio de repuestos en válvulas y tareas para el compresor, se pudo mantener la regularidad del funcionamiento de dicho laboratorio.
- 2.- Los cronogramas de inspecciones, lista de piezas, lista de inventarios de repuestos, mediciones de tiempo de compresión, son principalmente los resultados de este trabajo de investigación para la implementación del plan de mantenimiento.
- 3.- Existen formatos y documentos que hacen posible la adquisición de repuestos y partes; en caso de que no se apruebe por esa vía (Formato 4), existen otros mecanismos también documentables.



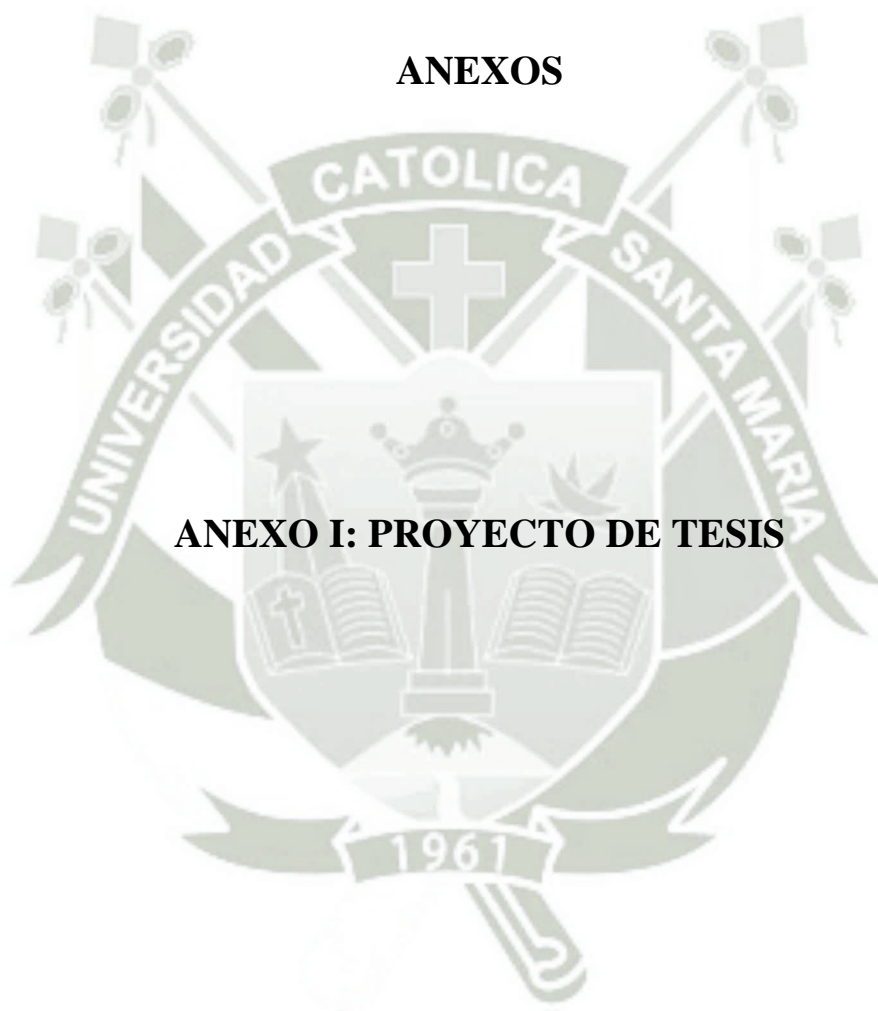
## SUGERENCIAS

- Llevar un registro documentario de las actividades de mantenimiento realizadas como consecuencia de la implementación del plan de mantenimiento del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.
- El jefe del laboratorio debe velar porque se cumplan las inspecciones o tareas en las fechas programadas, así como continuar con el inventario de repuestos.
- Pedir un respaldo de parte del consejo de facultad para que proyectos como este puedan llevarse a cabo.



## ANEXOS

### ANEXO I: PROYECTO DE TESIS



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO



**“GESTIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL PROGRAMA PROFESIONAL DE  
ING. MECÁNICA, MECÁNICA-ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, 2015”**

PROYECTO DE TESIS PRESENTADO POR EL BACHILER EN ING.  
MECATRÓNICA MARCELO JAIME QUISPE CCACHUCO, PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS: INGENIERÍA  
DE MANTENIMIENTO.

**Arequipa-Perú**

**2015**

|

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| I.- PREÁMBULO .....                                  | 4  |
| II.- PLANTEAMIENTO TEÓRICO .....                     | 5  |
| 1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. ....                  | 5  |
| 1.1.- Enunciado del Problema.....                    | 5  |
| 1.2.- Descripción del problema .....                 | 5  |
| 1.3.- Formulación interrogativa .....                | 6  |
| 1.4.- Justificación .....                            | 7  |
| 2.- MARCO CONCEPTUAL.....                            | 9  |
| 2.1.- El mantenimiento preventivo.....               | 11 |
| 2.2.- Plan Operativo .....                           | 12 |
| 2.3.- Conceptos básicos de la neumática.....         | 17 |
| 2.3.1- Principios físicos de la neumática.....       | 17 |
| 2.3.2- Generación y distribución del aire comprimido | 18 |
| 2.3.3- Compresores.....                              | 20 |
| 2.3.4- Válvulas de vías.....                         | 22 |
| 2.3.5- Otras Válvulas.....                           | 25 |
| 2.3.6- Actuadores neumáticos.....                    | 29 |
| 2.4.- Estado del arte .....                          | 32 |
| 2.4.1- El Laboratorio de neumática de la EPIMMEM..   | 32 |
| 2.4.2- Compresores del laboratorio de neumática..... | 35 |
| 2.4.3- La humedad del aire.....                      | 36 |
| 2.4.4- Módulos de aprendizaje de Neumática.....      | 37 |
| 2.4.5- Módulos de aprendizaje de Electroneumática... | 46 |
| 3.- ANÁLISIS DE LOS ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS..... | 55 |
| 4.- OBJETIVOS.....                                   | 56 |
| 5.- HIPÓTESIS.....                                   | 56 |
| III.- PLANTEAMIENTO OPERACIONAL .....                | 57 |
| 1.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....                     | 57 |
| 2.- ESTRUCTURA DE LOS INSTRUMENTOS.....              | 57 |
| 2.1.- Formato 4 de la UCSM.....                      | 57 |
| 2.2.- Órdenes de compra.....                         | 57 |
| 3.- CAMPO DE VERIFICACIÓN.....                       | 58 |
| 3.1.- Ámbito .....                                   | 58 |
| 3.2.- Temporalidad .....                             | 58 |
| 4.- RECURSOS NECESARIOS.....                         | 58 |
| 4.1.- Humanos .....                                  | 58 |
| 4.2.- Materiales .....                               | 58 |
| 4.3.- Financieros .....                              | 58 |
| IV.- CRONOGRAMA DE TRABAJO .....                     | 59 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| V.- REFERENCIAS..... | 60 |
|----------------------|----|

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 2.1:</b> Expectativas de mantenimiento recientes.....                      | 9  |
| <b>Figura 2.2:</b> Carátula del Plan Operativo 2015 de la EPIMMEM.....               | 12 |
| <b>Figura 2.3:</b> Etapas y procedimientos en el presupuesto y plan operativo.....   | 15 |
| <b>Figura 2.4:</b> Flujo grama de otra alternativa para la gestión de repuestos..... | 16 |
| <b>Figura 2.5:</b> Sistema de distribución del aire.....                             | 19 |
| <b>Figura 2.6:</b> Tipos de compresores.....   | 20 |
| <b>Figura 2.7:</b> Compresor de émbolo de A) una etapa y B) dos etapas.....          | 20 |
| <b>Figura 2.8:</b> Compresor de membrana.....  | 21 |
| <b>Figura 2.9:</b> Compresor de paletas.....   | 21 |
| <b>Figura 2.10:</b> Compresor de tornillo.....                                       | 22 |
| <b>Figura 2.11:</b> Válvula de asiento.....  | 23 |
| <b>Figura 2.12:</b> Válvula de 4/2 vías, asiento de plato.....                       | 23 |
| <b>Figura 2.13:</b> Válvula de corredera tipo pistón.....                            | 24 |
| <b>Figura 2.14:</b> Válvula de corredera plana de 4/3 vías.....                      | 24 |
| <b>Figura 2.15:</b> Válvula de antirretorno.....                                     | 25 |
| <b>Figura 2.16:</b> Válvula de simultaneidad.....                                    | 25 |
| <b>Figura 2.17:</b> Válvula selectora.....   | 26 |
| <b>Figura 2.18:</b> Válvula de escape rápido.....                                    | 26 |
| <b>Figura 2.19:</b> Válvula de estrangulación y antirretorno.....                    | 27 |
| <b>Figura 2.20:</b> Válvula reguladora de presión.....                               | 27 |
| <b>Figura 2.21:</b> Válvula temporizadora.....                                       | 28 |
| <b>Figura 2.22:</b> Válvula de secuencia en posición cerrada.....                    | 29 |
| <b>Figura 2.23:</b> Cilindro de simple efecto tipo “dentro”.....                     | 29 |
| <b>Figura 2.24:</b> Cilindro de doble efecto.....                                    | 30 |
| <b>Figura 2.25:</b> Motor neumático a paletas.....                                   | 31 |
| <b>Figura 2.26:</b> Pabellón R en el campus de la UCSM.....                          | 32 |
| <b>Figura 2.27:</b> Vista del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.....            | 33 |
| <b>Figura 2.28:</b> Distribución de los módulos en el laboratorio de neumática.....  | 33 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 2.29:</b> Compresor JUN-AIR modelo 6-25 .....   | 34 |
| <b>Figura 2.30:</b> Motor del compresor JUN-AIR modelo 6-25 .....                                 | 35 |
| <b>Figura 2.31:</b> Esquema de 4 m <sup>3</sup> de aire.....                                      | 36 |
| <b>Figura 2.32:</b> Esquema de compresión de 4 m <sup>3</sup> a 1 m <sup>3</sup> de aire .....    | 36 |
| <b>Figura 2.33:</b> Módulo de aprendizaje de neumática TP-101 .....                               | 37 |
| <b>Figura 2.34:</b> Válvula de vías 3/2 con sistema de fijación A .....                           | 38 |
| <b>Figura 2.35:</b> Cilindro de simple efecto con sistema de fijación B .....                     | 38 |
| <b>Figura 2.36:</b> Unidad FRL con sistema de fijación C.....                                     | 39 |
| <b>Figura 2.37:</b> Esquema de funcionamiento del ejercicio de neumática.....                     | 42 |
| <b>Figura 2.38:</b> Simulación neumática de la solución en Fluidsim 3.6 .....                     | 43 |
| <b>Figura 2.39:</b> Fijación de los componentes neumático del ejercicio propuesto.....            | 44 |
| <b>Figura 2.40:</b> Armado final del circuito neumático del ejercicio propuesto.....              | 45 |
| <b>Figura 2.41:</b> Módulo de aprendizaje de electroneumática TP-201 .....                        | 46 |
| <b>Figura 2.42:</b> Electroválvula 3/2 con sistema de fijación A .....                            | 47 |
| <b>Figura 2.43:</b> Cilindro de simple efecto con sistema de fijación B .....                     | 47 |
| <b>Figura 2.44:</b> Unidad FRL con sistema de fijación C.....                                     | 48 |
| <b>Figura 2.45:</b> Cables con conectores de seguridad para las conexiones eléctricas.....        | 48 |
| <b>Figura 2.46:</b> Esquema de funcionamiento del ejercicio de electroneumática .....             | 51 |
| <b>Figura 2.47:</b> Simulación electroneumática de la solución en Fluidsim 3.6 .....              | 52 |
| <b>Figura 2.48:</b> Fijación de los componentes electroneumáticos del ejercicio propuesto. ....   | 53 |
| <b>Figura 2.49:</b> Secuencia fotográfica del circuito electroneumático del ejercicio propuesto . | 54 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla N° 1:</b> Operacionalización y análisis de las variables..... | 6  |
| <b>Tabla N° 2:</b> Lista de componentes de FESTO TP-101 .....          | 40 |
| <b>Tabla N° 3:</b> Lista de componentes de FESTO TP-201 .....          | 49 |
| <b>Tabla N° 4:</b> Técnicas e instrumentos.....                        | 57 |
| <b>Tabla N° 5:</b> Cronograma de trabajo 2014 .....                    | 59 |

## I.- PREÁMBULO

El concepto de mantenimiento en el *Laboratorio de Neumática* de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica (EPIMMEM) de la Universidad Católica de Santa María (UCSM) se entendía como limpieza y hasta pintado; ya que desde que dicho laboratorio se implementó el año 2002 no se realizaba ninguno de los tipos de mantenimiento que hasta ahora se conocen.

Siendo que la política de adquisiciones de la UCSM se rige por planes operativos anuales, y el laboratorio presta servicio todo el año; es necesario un *Plan de Mantenimiento* para proteger los componentes y equipos neumáticos de los 8 módulos de aprendizaje de neumática; como son válvulas, cilindros y compresores que se van deteriorando por el uso y debido al ingreso de vapor de agua condensado por la misma compresión del aire.

Siendo también que la EPIMMEM se encuentra en un proceso de acreditación nacional y debe cumplir con los *Estándares para la Acreditación de las Carreras Profesionales Universitarias de Ingeniería* propuesta el año 2009 por el Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE). Esta guía en el estándar 85 que se debe cumplir indica: **“la infraestructura donde se realiza la labor de enseñanza – aprendizaje, investigación, etc. y su equipamiento respectivo, deben tener un programa implementado para su mantenimiento, renovación y ampliación”**.

Siendo el autor de este proyecto Jefe del Laboratorio de Neumática desde hace 3 años y miembro de la “Comisión de Acreditación de la EPIMMEM” desde hace 7 años, qué mejor oportunidad para gestionar e implementar un plan de mantenimiento para dicho laboratorio.

Por el lado de costos que implica un plan de mantenimiento, se cuenta con presupuestos anuales y se pidió un técnico asignado al Laboratorio de Neumática para ejecutar dicho plan, así como el apoyo de la Dirección de Escuela para la ejecución de estos planes.

## II.- PLANTEAMIENTO TEÓRICO

### 1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1.- Enunciado del problema

“GESTIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA DEL PROGRAMA PROFESIONAL DE ING. MECÁNICA, MECÁNICA-ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, 2015”.

#### 1.2.- Descripción del problema

Implementar un plan de mantenimiento para este laboratorio en esta situación es compleja, porque no se ha hecho antes ningún tipo de mantenimiento y las labores que se hacen normalmente es purgar el agua de los compresores que se genera al comprimir el aire, y agregar aceite a los compresores cuando baja del nivel mínimo que se indica en cada compresor.

Gestionar un plan de mantenimiento para un laboratorio de la UCSM, porque dentro de la UCSM hay procedimientos que incluyen formatos, plazos y aprobación de los planes que se deben dar para llevar a cabo dicho plan de mantenimiento.

En este proceso de implementación se tendrán que hacer listado de piezas, checklists, presupuestos, cotizaciones, cronogramas o periodos de inspección y se tendrá que basar en normas ISO o similares, además de someterlos a revisión con el fabricante o con la empresa proveedora FESTO, esta empresa es un socio estratégico de la EPIMMEM.

#### 1.2.1.- Campo, área y línea de investigación.

Campo : Ciencias e ingenierías Físicas y Formales  
 Área : Ingeniería Mecánica  
 Línea de investigación : Gestión del Mantenimiento.

### 1.2.2.- Tipo de investigación.

Corresponde a una investigación de campo y revisión documental.

### 1.2.3.- Nivel de investigación.

En este caso se trata de una investigación de nivel explicativo, contrastable y coyuntural en el tiempo que deba analizarse.

### 1.2.4.- Operacionalización y Análisis de las Variables

**Tabla N° 1: Operacionalización y análisis de las variables.**

| <b>Variables</b>   | <b>Indicadores</b>   | <b>Subindicadores</b>  |
|--|--|--|
| Plan operativo 2015 de la EPIMMEM<br>Plan operativo 2016 de la EPIMMEM | Fondos asignados para mantenimiento preventivo.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repuestos adquiridos.</li> <li>• Órdenes de compra</li> </ul>   |
| Plan de mantenimiento preventivo del Laboratorio de Neumática.         | Generación del aire comprimido.<br>Funcionamiento del compresor dentro de los parámetros de operación.<br>Calidad del aire comprimido. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de compresión.</li> <li>• Presión máxima obtenida.</li> <li>• Inventario de repuestos.</li> <li>• Numero de tareas realizadas por mes</li> <li>• Checklists</li> <li>• Reportes de fallas.</li> <li>• Matriz de criticidad.</li> </ul> |
| Gestión del mantenimiento.   | Requerimientos.<br>Documentos sustentatorios   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos humanos</li> <li>• Formato 4 de la UCSM.</li> <li>• Plan anual de funcionamiento de la UCSM 2016.</li> </ul>   |

### 1.3.- Formulación interrogativa.

1. ¿Cuáles son los equipos críticos de este laboratorio a los cuales se le puede hacer un mantenimiento preventivo?
2. ¿Cuáles serán los periodos que se deben considerar para la implementación del mantenimiento preventivo?
3. ¿Cuál será el costo económico de implementar este plan de mantenimiento en la UCSM?
4. ¿Qué equipos se necesitaran para este mantenimiento preventivo?
5. ¿Qué parámetros se deben medir en la implementación del mantenimiento preventivo?
6. ¿Cuáles serán los procedimientos para la implementación del mantenimiento preventivo en el laboratorio de neumática de la UCSM?
7. ¿Cuáles serán los indicadores que se deben obtener para cumplir con el estándar 85 de acreditación nacional respecto al mantenimiento de los laboratorios?

### 1.4.- Justificación.

#### - Relevancia contemporánea:

En la actualidad cada empresa contempla un plan de mantenimiento para sus equipos, la UCSM no es la excepción por lo cual cuenta con una oficina de mantenimiento que su función principal es el mantenimiento de computadoras, luminarias, etc.; pero no el mantenimiento de equipos de laboratorios especializados como el *Laboratorio de Neumática, Robótica, Electricidad*, debido a la poca especialización de su personal. Aunque la compra de estos equipos es con garantía, ya han pasado 12 años por lo cual se venció cualquier tipo de garantía.

**- Magnitud:**

En realidad son 8 módulos de Neumática que trabajan continuamente sin ningún tipo de mantenimiento y dan servicio a un promedio de 250 alumnos de pregrado por año, y este trabajo motivará a que los demás laboratorios de la Escuela Profesional implementen poco a poco un plan de mantenimiento.

**- Relevancia de oportunidad:**

En el Perú son más de 20 Instituciones entre Institutos y Universidades que trabajan con este tipo de compresores y componentes neumáticos, es más con la misma empresa fabricante FESTO. Este hecho se corrobora por las olimpiadas académicas de Mecatrónica en la que participa la EPIMMEM. Estas olimpiadas son competencias de destreza en las disciplinas de neumática, electroneumática y programación.

Realizar un plan de mantenimiento preventivo a dichos equipos es una gran oportunidad de estar a la vanguardia de estas instituciones, también puede permitir asesorar a laboratorios similares dentro de la UCSM.

**- Económica:**

El laboratorio de Neumática de la EPIMMEM está valorizados en no menos de US\$ 100 000.00, esto incluye a los compresores, por lo cual en caso de que se vayan deteriorando con el tiempo, esa sería la cantidad que se debe de tener para cambiar de laboratorio o renovar todo el equipamiento.

**- Social:**

Se justifica porque el aire utilizado regresa al medio ambiente, y si contienen partículas de aceite contaminarían el medio ambiente.

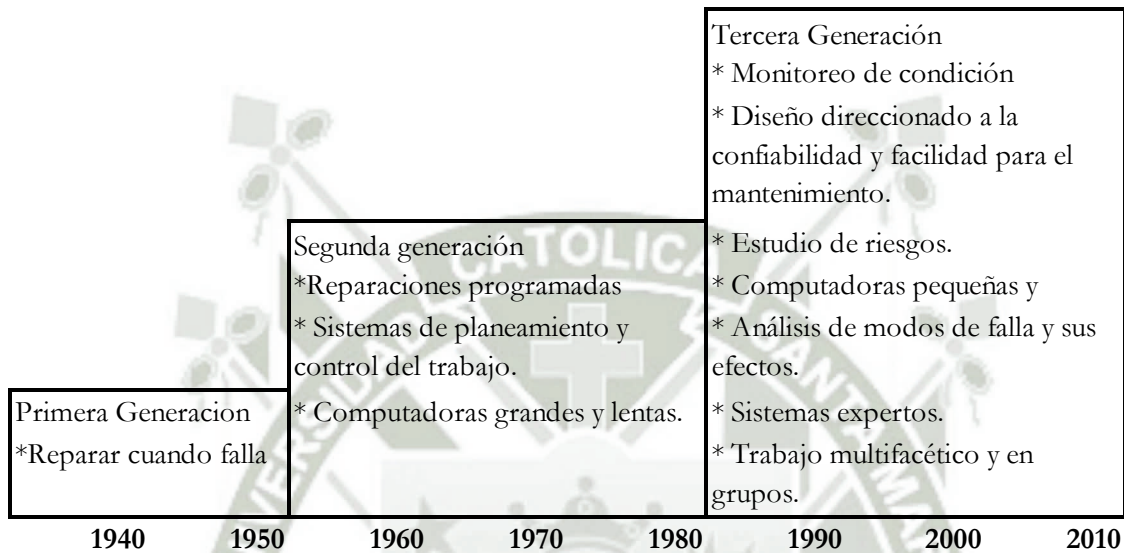
**- Educativa:**

Este proyecto permite hacer un estudio y monitoreo de los equipos y componentes neumáticos, que incluye una revisión documental, encuestas y entrevistas a las personas que trabajan en el laboratorio de neumática, lo cual puede dar lugar a un manual de operación y manual de fallas.

## 2.- MARCO CONCEPTUAL

Moubray (2004) afirma:

En los últimos 20 años ha habido un crecimiento explosivo de nuevos conceptos y técnicas de mantenimiento. La siguiente figura muestra cómo ha crecido el énfasis en los clásicos sistemas administrativos y de control para incluir nuevos desarrollos en diferentes áreas. Los nuevos desarrollos incluyen:



**Figura 2.1:** Expectativas de mantenimiento recientes.

Fuente: Adaptado de “RCM II”, p. 3, de Moubray J.

Como se aprecia en la figura anterior esto va desde el **mantenimiento correctivo**, el cual sirve para corregir los problemas que se van presentando en los equipos a medida que los usuarios los van comunicando; es decir, se espera a que ocurra una falla para que el personal de mantenimiento entre en acción. “Siempre va a existir el mantenimiento correctivo, ya que siempre aparecerán averías de manera imprevista” (Chang Enrique, 2008, p. 11). Dentro de la segunda generación se encuentra el **mantenimiento preventivo**.

Chang (2008) afirma:

El mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. Este mantenimiento también es conocido como mantenimiento planificado, mantenimiento proactivo o mantenimiento basado en el tiempo pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos, aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo.

Otro tipo es el **mantenimiento predictivo**.

“El mantenimiento predictivo es aquel que se realiza luego de hacer un seguimiento a algunas de las más importantes variables en los equipos” (Chang Enrique, 2008, p. 11).

Estas mediciones se realizan en intervalos de tiempo definidos para poder pronosticar la falla del equipo y realizar o programar el mantenimiento.

“Las variables más comunes a analizar son: la temperatura, la presión, la cantidad de partículas presentes en el aceite usado, el ruido, la vibración, la viscosidad del aceite, ensayos no destructivos con tintes penetrantes o por ultrasonido, etc” (Chang Enrique, 2008, p. 11).

Los beneficios son la prolongación de la vida útil del equipo mediante el mantenimiento predictivo que también muestra una ventaja significativa debido a que reduce el período de recambio de los mismos.

También se tiene el **mantenimiento productivo total** (TPM) que es un enfoque japonés que pretende elevar la eficiencia de los equipos y la productividad de la empresa. Este modelo se basa en el trabajo en equipo, la proactividad, la mejora continua y en la realización de tareas sencillas y repetitivas para mejorar la competitividad.

“La implementación del TPM tiene como beneficios la reducción de costos del mantenimiento, el incremento de la vida útil del equipo, el incremento del tiempo disponible de los equipos, el incremento de la motivación y la moral de los empleados” (Chang Enrique, 2008, p. 11).

Un método más avanzado es el **mantenimiento centrado en la confiabilidad** (RCM) que es un método para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que se realice en su contexto operacional actual. Entonces **¿Qué tipo de mantenimiento se debe hacer?** La respuesta es, que depende en qué etapa de mantenimiento se encuentra la empresa<sup>1</sup>, es decir no se puede hacer un predictivo sin antes hacer un preventivo. También es cierto que estos tipos de mantenimientos no son excluyentes, quiere decir que en una empresa se realizan varios tipos de mantenimiento a la vez, ya que cada método tiene un costo y propósito diferente.

---

1.- Tomado de una de las disertaciones del congreso IPEMAN 2014

## 2.1.- EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Torres (2005) afirma:

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un **sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas** y de un **servicio** de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua.

Chang (2008) afirma:

El mantenimiento preventivo genera un conjunto de planes que deben realizarse en fechas programadas, siendo estos planes muy completos debido a que en estos se detallan todos los materiales, las herramientas y los repuestos a emplearse en dicho mantenimiento, también se tiene el detalle del personal técnico y el personal a cargo de la reparación. Se pueden aplicar las siguientes medidas preventivas:

Tareas de mantenimiento: Son aquellos trabajos que se pueden realizar para evitar las fallas, entre ellas tenemos las inspecciones visuales, la lubricación, la limpieza y los ajustes, las limpiezas técnicas sistemáticas, los ajustes sistemáticos, el cambio de piezas sistemático, las inspecciones con instrumentos internos y externos y por último las grandes revisiones.

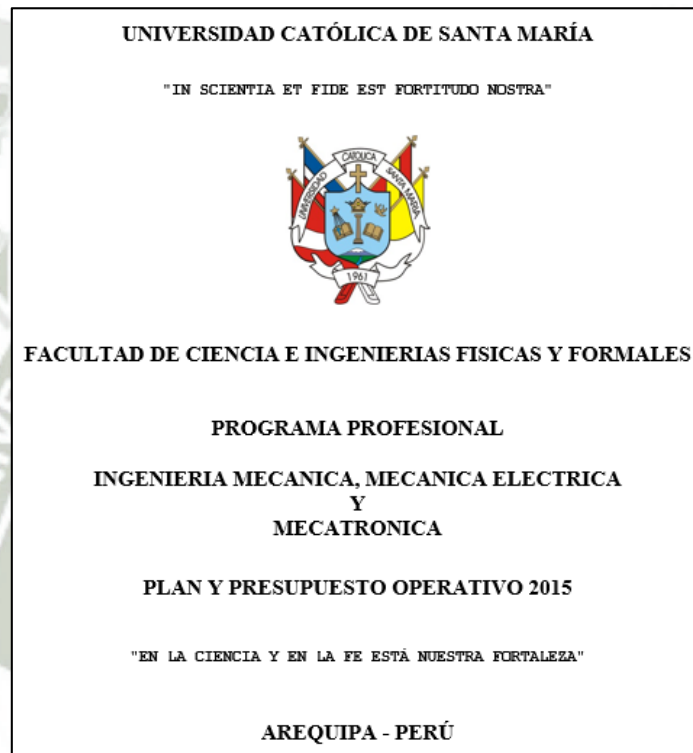
Mejoras y/o modificaciones a la instalación: Los fallos se pueden reducir si aplicamos algunas mejoras, entre ellas tenemos los cambios en los materiales, los cambios en el diseño de una pieza, instalación de sistemas de detección, cambios en el diseño de una instalación, cambios en las condiciones externas al ítem.

Cambios en los procedimientos de operación: Los operarios son los que trabajan día a día con el equipo y siempre hay algo que se puede realizar para evitar las fallas, es por eso que un cambio en la manera en la que el operario realiza su trabajo puede ser muy útil.

Cambios en los procedimientos de mantenimiento: Algunas fallas ocurren porque el personal de mantenimiento no realiza bien su trabajo, esto puede mejorarse con la creación de un procedimiento escrito que incluya algunos datos como tolerancias, ajustes, etc.

## 2.2.- PLAN OPERATIVO

El Plan Operativo es un documento oficial de las Escuelas Profesionales en el que hacen una proyección de alumnos, gastos, proyectos de desarrollo a realizar, actividades de extensión universitaria, acreditación, etc; este plan está enmarcado dentro del *Plan Estratégico de la UCSM 2013- 2022*; es decir a los objetivos, estrategias y ejes estratégicos que son: institucional, docencia, investigación, extensión universitaria, proyección social, producción de bienes y/o servicios y administración.



**Figura 2.2:** Carátula del Plan Operativo 2015 de la EPIMMEM

Fuente: Elaboración propia

Este plan es formulado por el Director de Escuela junto con los Jefes de laboratorio de la Escuela; son los jefes los que presentan sus requerimientos, proyectos de renovación, proyectos de implementación o repotenciación de laboratorios y de ahí se eleva para su aprobación. Es importante mencionar que en base a los planes operativos presentados por las diferentes Escuelas Profesionales, la UCSM aprueba un "*Plan de Funcionamiento Anual*" por cada año, en ese plan aprobado por Consejo Universitario, se contempla las adquisiciones y proyectos que se van a realizar en ese año.

La Oficina de Planeamiento y Desarrollo (OPLADE) de la UCSM, indica que la *Directiva para la Formulación, Ejecución y Evaluación del Plan y Presupuesto Operativo 2016 de la UCSM* (Aprobado por Resolución Nro. 22330-R-2015) tiene por finalidad: “Formular los instrumentos de planeamiento institucional: Plan Anual de Funcionamiento y Desarrollo de la UCSM y Presupuesto Institucional 2016, orientadas a materializar el Plan Estratégico de la UCSM” (OPLADE-UCSM, 2015, p. 2). En este trabajo, la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica es la unidad académica.

La OPLADE (2015) afirma:

El **Presupuesto Operativo** de las Unidades Académicas y Administrativas, deberá contener según corresponda, lo siguiente:

Metas de Atención: Información referida al número de Alumnos Matriculados y Presupuesto de Horas Lectivas...

Metas de Ocupación: Información referido al número de Trabajadores Administrativos y de Servicios según Unidades Académicas y Administrativas, con indicación de categoría y cargo.

Requerimiento de nuevo Personal: Los requerimientos referidos a personal nuevo, debe seguir el procedimiento que establece el Art. 174 del Estatuto de la Universidad.

Requerimiento de Bienes y Servicios: El requerimiento **Bienes** (suministros, útiles de escritorio, materiales diversos y otros) y **Servicios** (Fotocopias, publicaciones e impresiones, mantenimiento y reparaciones, refrigerios / atenciones oficiales, movilidad, empastes y otros), necesarios para viabilizar la ejecución de las Actividades permanentes y de Funcionamiento Programados, serán formulados en los Formatos de Requerimiento de Bienes y Servicios y, deberán ser presentadas bajo responsabilidad, mediante Oficio a la **Oficina de Logística**, para su consolidación y previsión presupuestal correspondiente por parte de la Oficina de Presupuesto y Finanzas.

**Requerimiento referido a asignación, construcción, adecuación, remodelación de Infraestructura Física y/o la confección o renovación de mobiliario...**

**Requerimiento** referido a la adquisición y/o renovación de **equipos de cómputo, software** y otros (TICs), para el **funcionamiento regular** de las Unidades Académicas y Administrativas...

Los Requerimientos referidos a la adquisición de los activos fijos en general, con cargo al Presupuesto asignado a las Comisiones de Planeamiento, serán formulados en el Formato de Proyectos de Desarrollo.

La OPLADE (2015) afirma:

El **Plan Operativo** de las Unidades Académicas y Administrativas, deberá contener según corresponda, lo siguiente:

Consolidación de la METAS DE ATENCIÓN Y OCUPACIÓN, previstos en los FORMATOS de Proyecto de Presupuesto 2016

- Número de Alumnos Matriculados
- Número de Horas Lectivas
- Número de Horas No Lectivas
- Número de Trabajadores Administrativos y de Servicios

Programación de las **Actividades Permanentes Y De Funcionamiento** Orientadas a Materializar Las Estrategias Formuladas en El Plan Estratégico de la UCSM (Formato Plan Operativo Nro. 01, 02, 03).

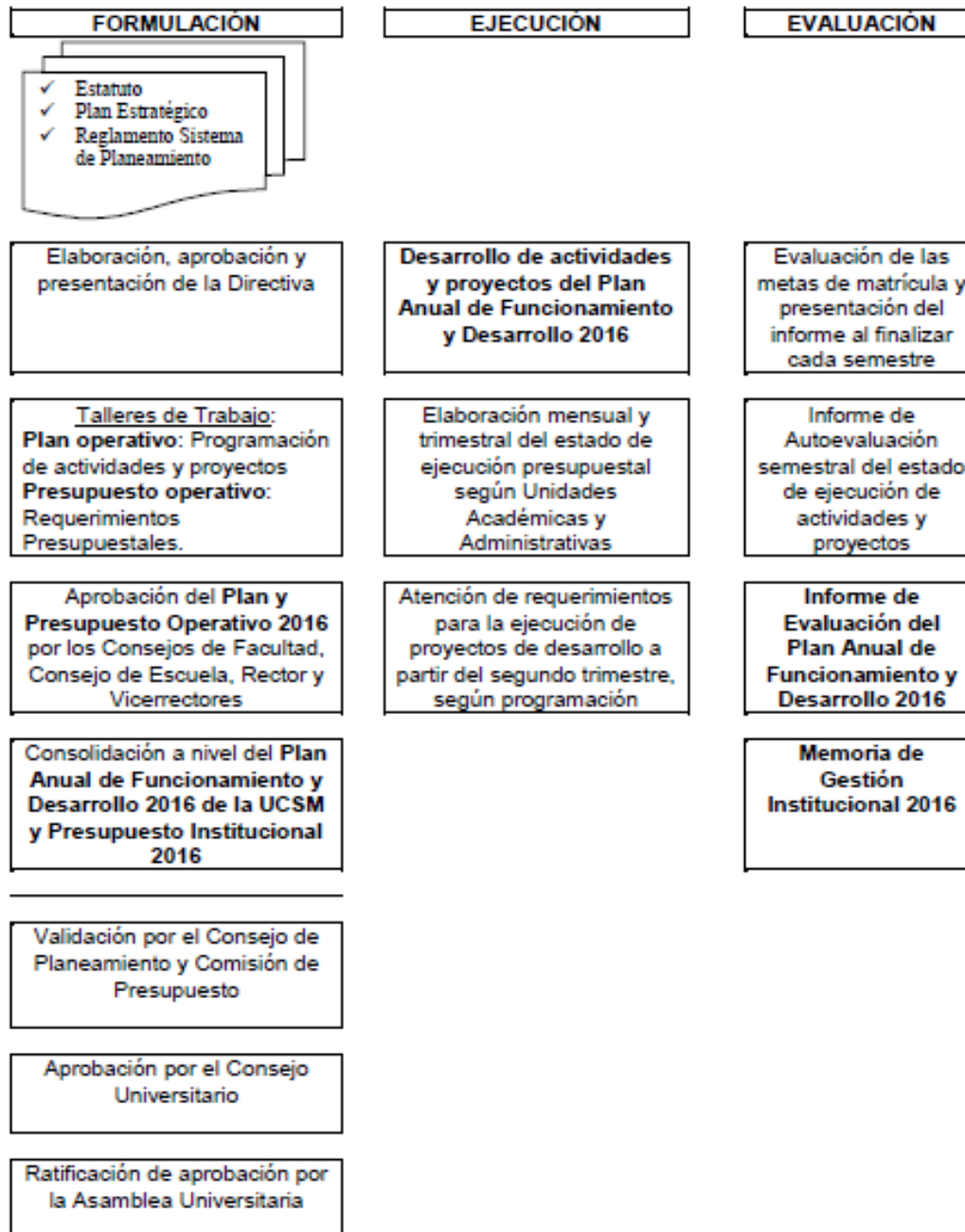
Programación de **Proyectos de desarrollo**, orientadas a materializar las estrategias formuladas en el plan estratégico UCSM (Formato Plan Operativo Nro. 04).

Programación de **Proyectos adjudicados por asociación Temporal** con otras Universidades y/o Instituciones Públicas o Privadas (Formato Plan Operativo N° 04)

Por lo cual como la parte de la gestión del plan de mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática de la EPIMMEM se tiene que trabajar con el plan operativo con el fin de gestionar repuestos, consumibles, personal, equipos etc.

Los proyectos de desarrollo, implementación, etc. tienen 3 etapas que son: formulación, ejecución y valuación. En la Figura 2.4 se muestra detalladamente estas etapas, y se resalta en amarillo la parte de la formulación en la que se puede **hacer la gestión del plan de mantenimiento**.

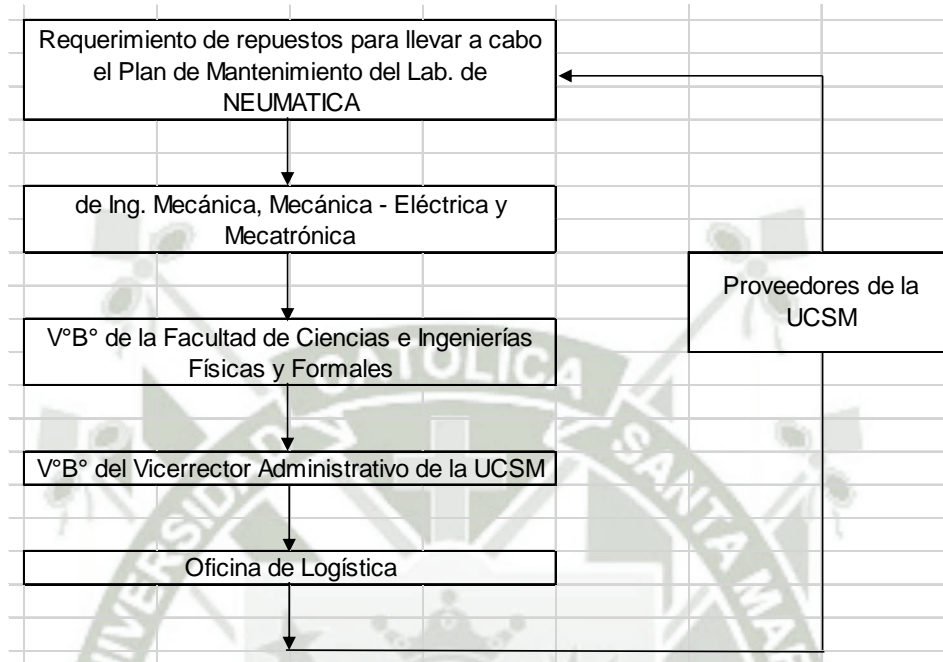
**ETAPAS Y PROCEDIMIENTOS**



**Figura 2.3:** Etapas y procedimientos en el presupuesto y plan operativo.

Fuente: “Directiva para la formulación, ejecución y evaluación del plan y presupuesto operativo 2016”, p. 7, de OPLADE-UCSM.

En el caso de que la Escuela no haya incluido en el plan operativo la adquisición de repuestos, por ejemplo, la opción que queda es seguir el procedimiento que se indica a continuación, de acuerdo a la experiencia que se tiene en estos casos.



**Figura 2.4:** Flujograma de otra alternativa para la gestión de repuestos

Fuente: Elaboración propia

## 2.3.- CONCEPTOS BÁSICOS DE LA NEUMÁTICA

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas, trata los movimientos y procesos del aire.

Algunas de las ventajas principales de la neumática son:

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.
- Es un tipo de energía limpia.
- El aire no posee propiedades explosivas.
- Las velocidades de trabajo de los elementos neumáticos son razonablemente altas y fácilmente regulables.
- El trabajo con aire no provoca efectos de golpes de ariete, con lo que no daña los componentes de un circuito.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan de manera significativa.
- Permite cambios instantáneos de sentido en los componentes.

Sus desventajas más resaltantes son:

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.
- Genera altos niveles de ruido debido a la descarga del aire hacia la atmósfera.

### 2.3.1.- Principios físicos de la Neumática.

“El aire es una mezcla de gases cuya composición volumétrica es aproximadamente la siguiente: 78% de Nitrógeno, 21% Oxígeno, y el resto una mezcla de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gases nobles (Helio, Neón, Argón), polvo atmosférico y vapor de agua” (Rexroth, 2005, p. 23).

Su peso específico es de 1 293 Kg/m<sup>3</sup> a 0°C y una atmósfera (1,013 bar) de presión.

Es incoloro en masas normales y de color azulado en grandes volúmenes.

El aire es muy compresible, sensible a las variaciones de temperatura y se adapta perfectamente a la forma del recipiente que lo contiene.

a) Propiedades Físicas del aire

- Es de menor peso que el agua.
- Es de menor densidad que el agua.
- Es de menor densidad que el agua.
- Tiene Volúmen indefinido.
- No existe en el vacío.
- Es incoloro, inodoro e insípido.

b) Propiedades Químicas del aire

- Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y producen vapor a altas temperaturas.
- Está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono, elementos básicos para la vida.

c) Composición del Aire Puro

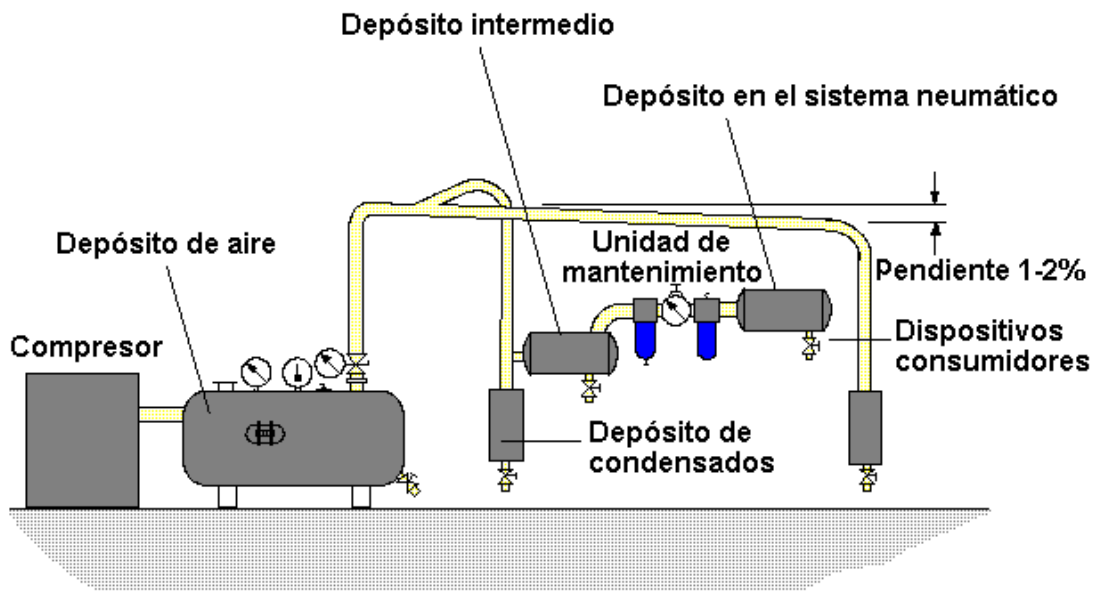
De acuerdo con la altitud, composición, temperatura y otras características, la atmósfera que rodea a la Tierra comprende las siguientes capas o regiones: Troposfera, Estratosfera, Mesosfera, Ionosfera, Exosfera; **pero es el vapor de agua el componente que es perjudicial al sistema neumático.**

### 2.3.2.- Generación y distribución del aire comprimido.

Para garantizar la fiabilidad de un mando neumático es necesario que el aire alimentado al sistema tenga un nivel de calidad suficiente. Ello implica considerar la presión correcta, y que el aire este seco y limpio.

La generación del aire a presión empieza por la compresión de aire. El aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar hasta el punto de su consumo. El tipo de compresor y su ubicación en el sistema inciden en mayor o menor medida en la

cantidad de partículas, aceite y agua incluidos en el sistema neumático. Para el acondicionamiento adecuado del aire es recomendable utilizar los siguientes elementos: filtro de aspiración, **compresor**, refrigerador posterior, acumulador, secador, filtro de aire a presión con separador de agua, regulador de presión, lubricador (bajo demanda) y puntos de evacuación del condensado.



**Figura 2.5:** Sistema de distribución del aire  
Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

El aire que no ha sido acondicionado debidamente provoca un aumento de la cantidad de fallos y, en consecuencia, **disminuye la vida útil de los sistemas neumáticos**. Esta circunstancia se manifiesta de las siguientes maneras:

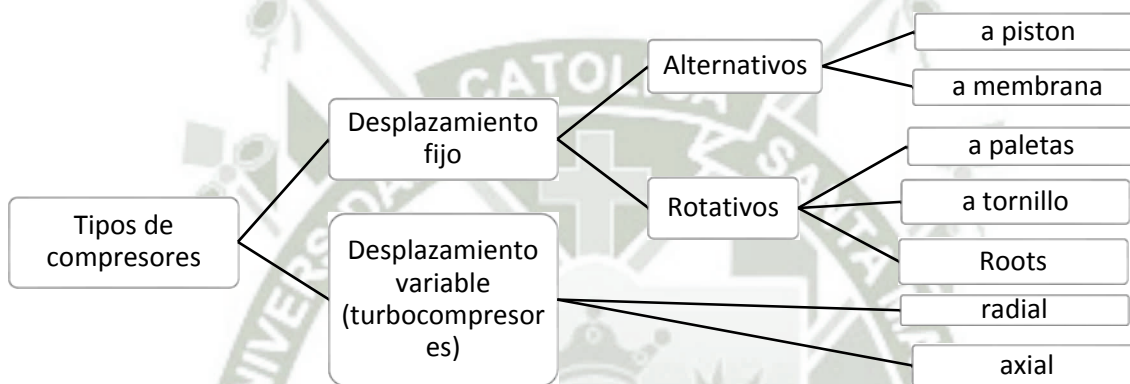
- Aumento del desgaste de juntas y de piezas móviles de válvulas y cilindros
- Válvulas impregnadas de aceite
- Suciedad en los silenciadores
- Corrosión de tubos, válvulas, cilindros y otros componentes
- Lavado de lubricación de los componentes móviles.

Los elementos neumáticos son diseñados, por lo general, para resistir una presión de 8 hasta 10 bares. Sin embargo, para que el sistema funcione económicamente, es suficiente aplicar una presión de 6 bares. Dadas las resistencias que se oponen al flujo

del aire en los diversos elementos y en las tuberías, deberá contarse con una pérdida de presión entre 0.1 y 0.5 bares. En consecuencia, el compresor deberá generar por lo menos una presión de 6.5 a 7 bares con el fin de mantener una presión de servicio de 6 bares.

### 2.3.3.- Compresores.

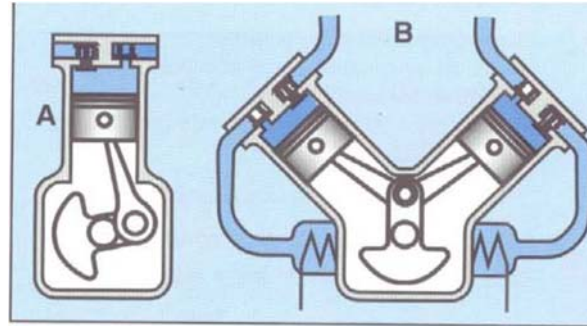
Los compresores son máquinas que aspiran aire ambiente a la presión atmosférica y lo comprimen hasta conferirle una presión superior. Existen varios tipos de compresores que se resume en el siguiente diagrama:



**Figura 2.6:** Tipos de compresores

Fuente: “Neumática”, p. 35, por Serrano A 1996.

**a) Compresores de émbolo.-** Los compresores de émbolo comprimen el aire que entra a través de una válvula de aspiración. A continuación, el aire pasa al sistema a través de una válvula de escape. Los compresores de émbolo son utilizados con frecuencia porque su gama cubre un amplio margen de presiones. Para generar presiones elevadas se recurre a un sistema escalonado de estos compresores. En ese caso, el aire es enfriado entre cada una de las etapas de compresión.



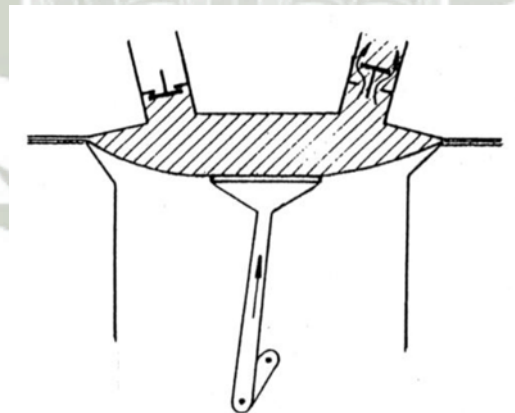
**Figura 2.7:** Compresor de émbolo de A) una etapa y B) dos etapas

Fuente: “Neumática Básica”, p. 34, por Rexroth 2005.

Las presiones óptimas para los compresores de émbolo son las siguientes:

- Hasta 4 bares en compresores de una etapa.
- Hasta 15 bares en compresores de dos etapas.
- Más de 15 bares en compresores de tres o más etapas.

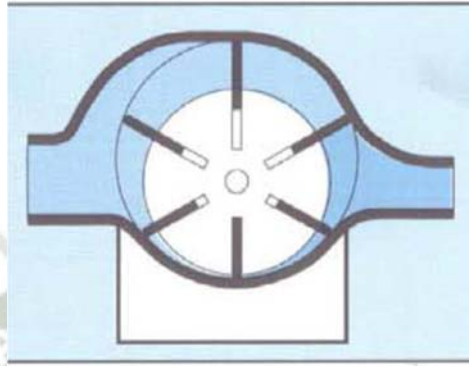
**b) Compresor de membrana.-** Los compresores de membrana pertenecen al grupo de compresores de émbolo. En este caso, la cámara de compresión está separada del émbolo mediante una membrana. Esta solución ofrece la ventaja de no dejar pasar el aceite del compresor al aire. Por esta razón, los compresores de membrana suelen utilizarse en la industria de alimentos y en la industria farmacéutica y química.



**Figura 2.8:** Compresor de membrana

Fuente: “Neumática”, p. 36, por Serrano A 1996.

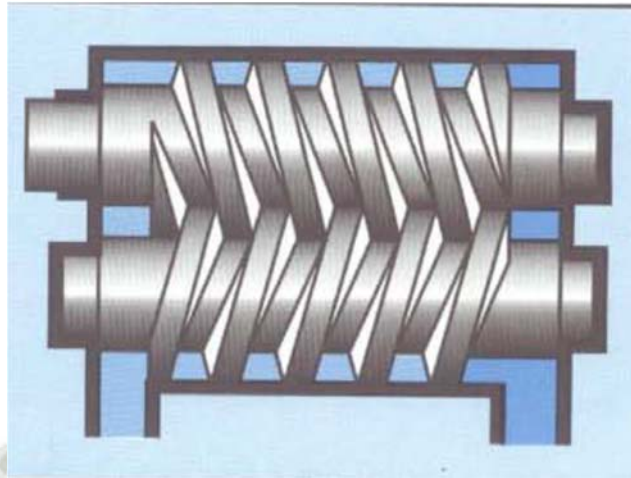
c) **Compresor de paletas.**- Constan de una carcasa cilíndrica en cuyo interior va un rotor montado excéntricamente de modo de rozar casi por un lado la pared de la carcasa formando así del lado opuesto una cámara de trabajo en forma media luna. Esta cámara queda dividida en secciones por un conjunto de paletas deslizantes alojadas en ranuras radiales del rotor.



**Figura 2.9:** Compresor de paletas

Fuente: “Neumática Básica”, p. 35, por Rexroth 2005.

d) **Compresor de tornillo.**- También llamados compresores helicoidales. La compresión en estas máquinas es efectuada por dos rotores helicoidales, uno macho y otro hembra que son prácticamente dos tornillos engranados entre si y contenidos en una carcasa dentro de la cual giran. El macho es un tornillo de 4 entradas y la hembra de 6. En su rotación los lóbulos del macho se introducen en los huecos de la hembra desplazando el aire axialmente, disminuyendo su volumen y por consiguiente aumentando su presión. Los lóbulos se llenan de aire por un lado y descargan por el otro sentido axial.



**Figura 2.10:** Compresor de tornillo

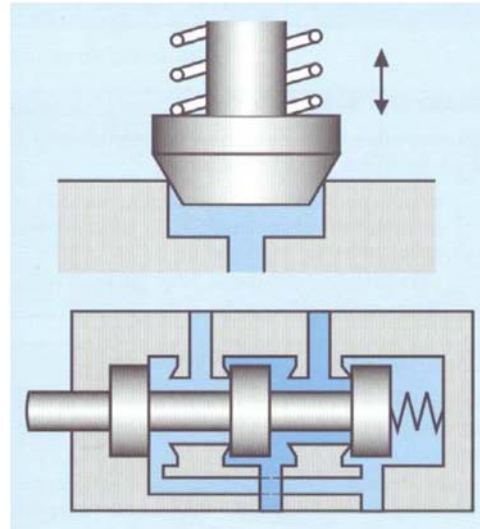
Fuente: “Neumática Básica”, p. 34, por Rexroth 2005.

#### 2.3.4.- Válvulas de vías.

Las válvulas de vías son dispositivos que influyen en el paso, el bloqueo y la dirección del flujo del aire. El símbolo de las válvulas informa sobre la cantidad de conexiones, la posición de conmutación y sobre el tipo de accionamiento. Sin embargo, los símbolos nada indican sobre la composición de las válvulas, limitándose a mostrar su función. Se tienen 2 diseños de válvulas:

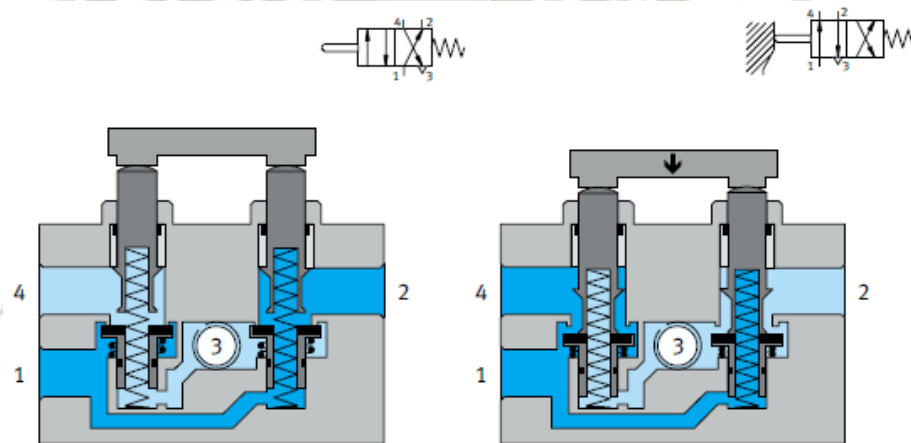
- Válvulas de asiento (bola o plato).
- Válvulas de corredera.

i) En el caso de las válvulas de asiento, los pasos son abiertos o cerrados mediante bolas, platos, discos o conos. Las válvulas de asiento suelen llevar juntas de goma que hacen las veces de asiento. Estas válvulas apenas tienen piezas que puedan desgastarse y, en consecuencia, tienen una vida útil larga. No son sensibles a la suciedad y son muy resistentes. No obstante, requieren de una fuerza de accionamiento relativamente grande, ya que tienen que superar la fuerza del muelle de recuperación y de la presión del aire.



**Figura 2.11:** Válvula de asiento

Fuente: “Neumática Básica”, p. 69, por Rexroth 2005.



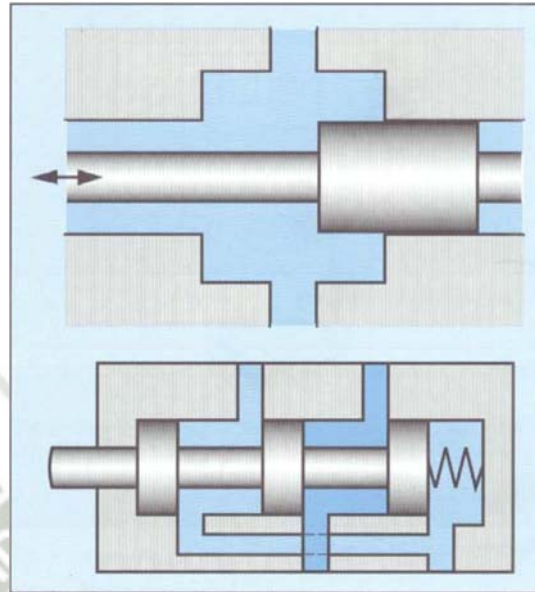
**Figura 2.12:** Válvula de 4/2 vías, asiento de plato

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

El símbolo 4/2 significa que la válvula tiene 2 posiciones entre las cuales conmuta y 4 vías de trabajo, también se muestra el símbolo usado para los circuitos neumáticos.

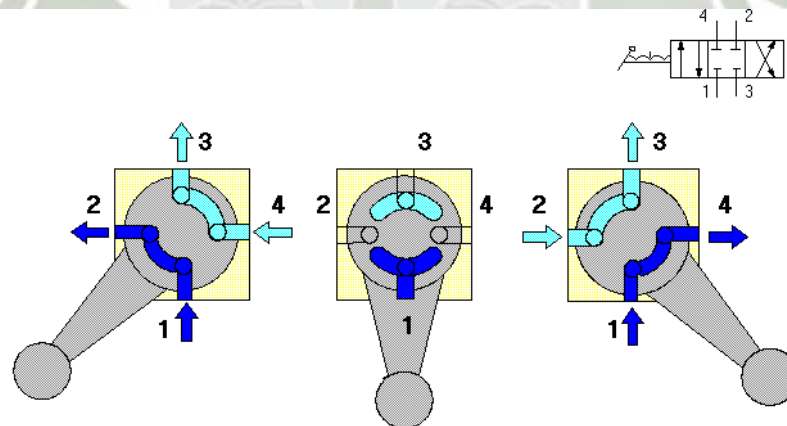
ii) En el caso de válvulas de corredera, las conexiones son unidas o cerradas mediante correderas cilíndricas, planas o circulares. Las válvulas de corredera (de pistón) son de construcción sencilla, tienen un volumen constructivo pequeño y esfuerzos de accionamiento bajos, no obstante precisan de recorridos de conmutación mayores, son de estanqueidad limitada y más susceptibles a la suciedad que las de asiento, pero

tienen la ventaja de que el accionamiento a ambos lados de ellas puede realizarse con mucha facilidad.



**Figura 2.13:** Válvula de corredera tipo pistón.

Fuente: “Neumática Básica”, p. 69, por Rexroth 2005.



**Figura 2.14:** Válvula de corredera plana de 4/3 vías

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

En este ejemplo se tiene una válvula de 3 posiciones donde la posición intermedia es bloqueada.

### 2.3.5.- Otras válvulas.

Además de las válvulas de vías, en neumática se usan otros tipos de válvulas muy importantes:

- i. Válvula antirretorno.- Las válvulas de anti retorno pueden bloquear totalmente el paso en un sentido mientras que en sentido contrario pasa el aire con un mínimo de pérdida de presión. El bloqueo de uno de los sentidos puede realizarse con conos, bolas, platos o membranas.

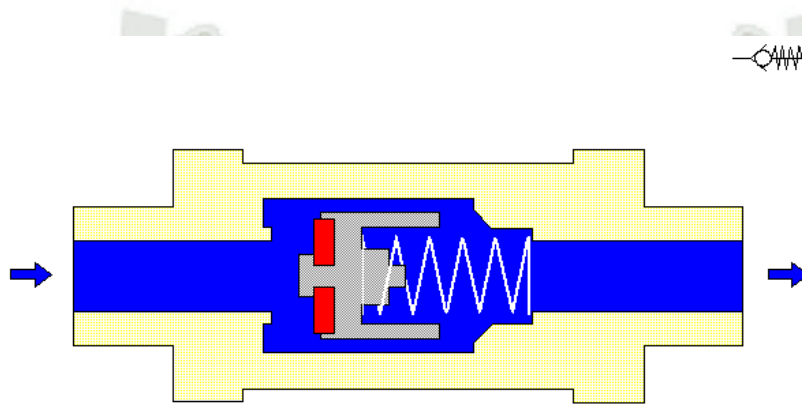


Figura 2.15:

Válvula de antirretorno

Fuente: "Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6." de FESTO

- ii. Válvula de simultaneidad.- La válvula de simultaneidad emite una señal por 2, solamente si recibe una señal en ambas entradas (1, 1).

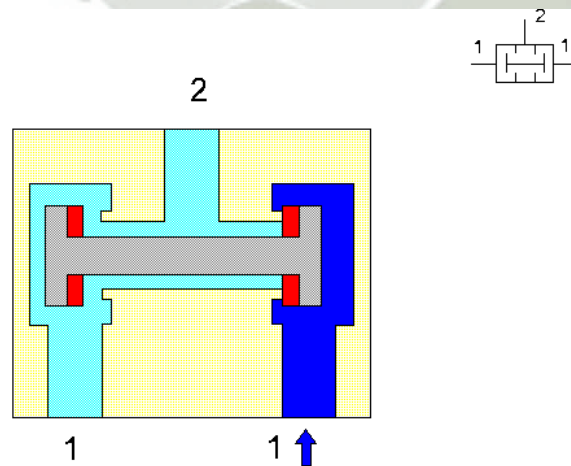
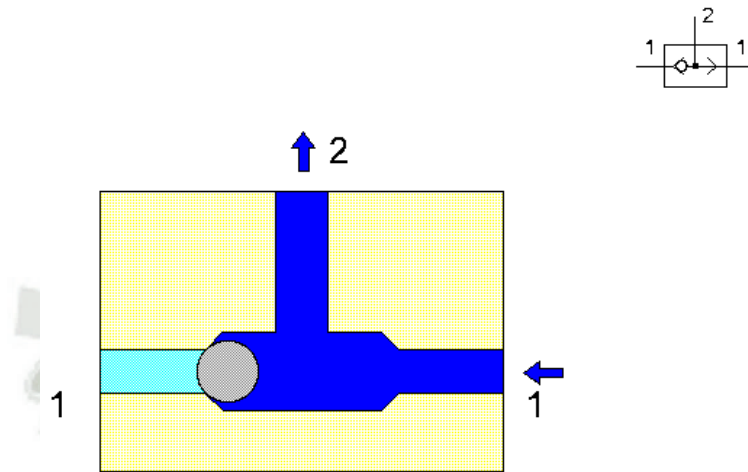


Figura 2.16: Válvula de simultaneidad

Fuente: "Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6." de FESTO

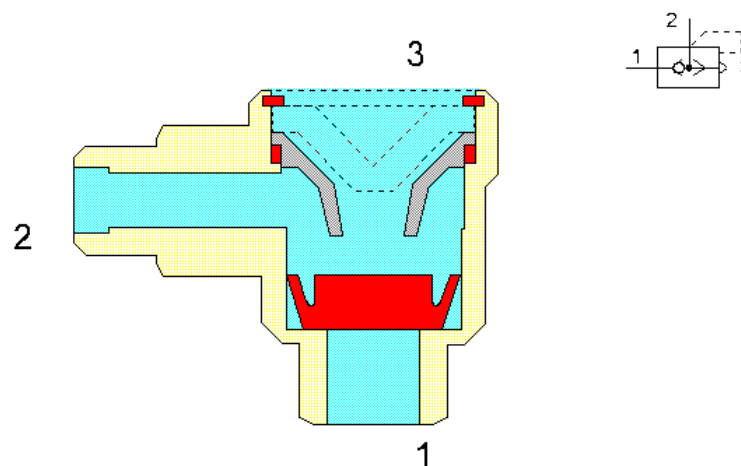
- iii. Válvula selector.- La válvula selector transmite una señal por 2, si recibe una señal en por lo menos una entrada (1, 1).



**Figura 2.17:** Válvula selector

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

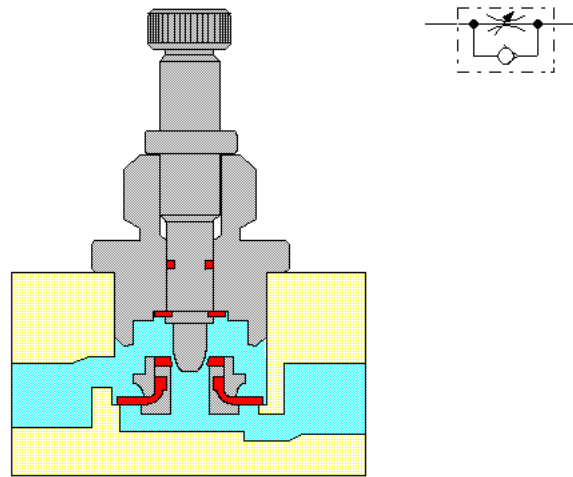
- iv. Válvula de escape rápido.- Las válvulas de escape rápido tienen la finalidad de aumentar la velocidad de los actuadores. Con ellas se puede reducir el tiempo de retroceso, especialmente tratándose de cilindros de simple efecto. El aire es evacuado a través de una abertura relativamente grande. La válvula tiene una conexión bloqueada de presión 1, una conexión bloqueable de escape 3 y una conexión de salida 2.



**Figura 2.18:** Válvula de escape rápido

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

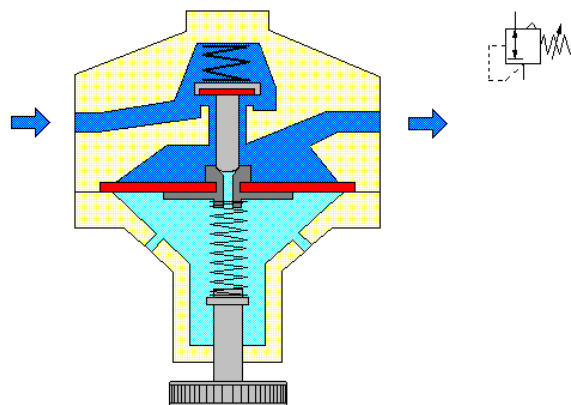
- v. Válvula de estrangulación y antirretorno.- reduce el caudal de aire solamente en un sentido. La antirretorno cierra el paso del aire en un sentido y el aire solo puede pasar a través de la sección regulada. El aire puede pasar libremente en la dirección contraria a través de la válvula de antirretorno abierta. Estas válvulas son utilizadas para regular la velocidad de cilindros neumáticos, se recomienda instalarlas lo más cercanas posible a los cilindros.



**Figura 2.19:** Válvula de estrangulación y antirretorno

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

- vi. Válvulas de presión.- Las válvulas de presión son elementos que se encargan de regular la presión o que son controladas por la presión. Pueden diferenciarse los siguientes tres grupos: reguladoras de presión, limitadoras de presión y de secuencia.

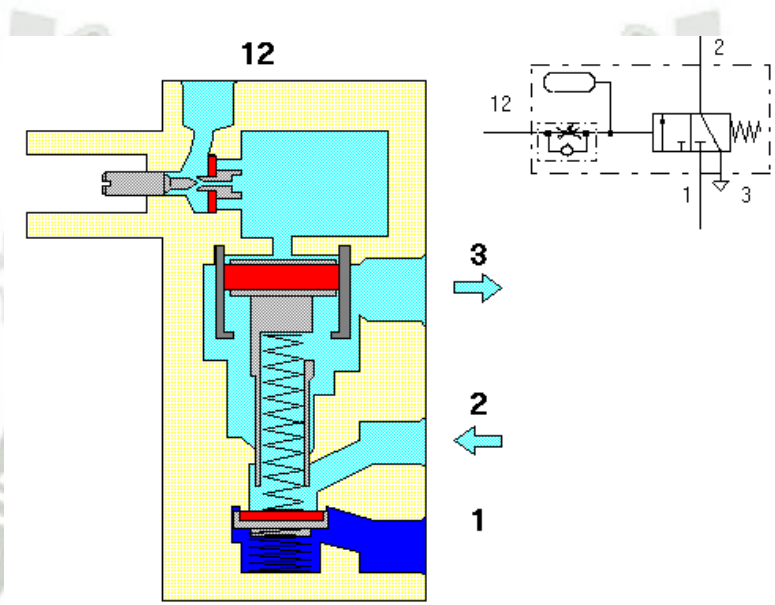


**Fig. 2.20:** Válvula reguladora de presión

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

Finalmente existen válvulas que son una combinación de otras válvulas.

- vii. Válvulas temporizadoras.- Estas válvulas están compuestas de una válvula neumática de 3/2 vías, una válvula de estrangulación y antirretorno y de un pequeño acumulador de aire a presión. La válvula 3/2 vías puede tener posición normal de bloqueo o de paso abierto. El tiempo del retardo conseguido con los dos tipos de válvulas cubre normalmente un margen de 0 hasta 30 segundos.

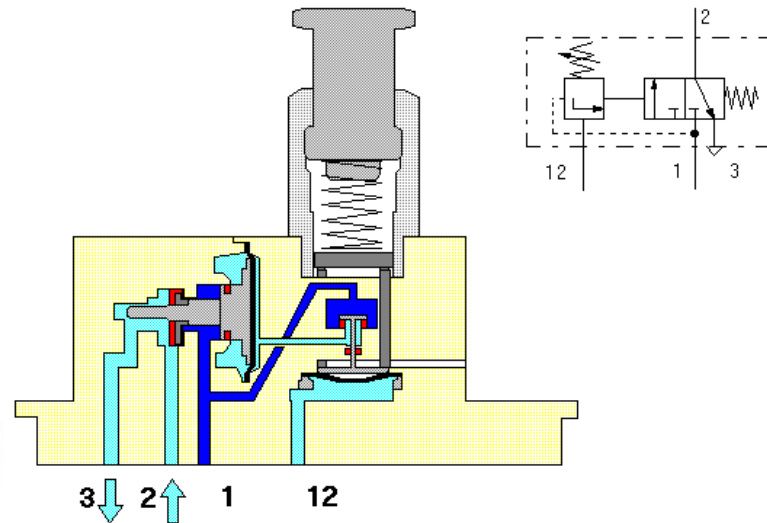


**Figura 2.21:** Válvula temporizadora

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

- viii. Válvula de mando de presión (válvula de secuencia).- Cuando la presión existente en la conexión de mando 12 supera un valor determinado, ajustable, la válvula de 3/2 vías activada conmuta; en la conexión de trabajo 2 hay aire a presión.

Las válvulas de secuencia son utilizadas en mandos neumáticos cuando es necesario disponer de una presión determinada para ejecutar una operación de conmutación (mandos en función de la presión).



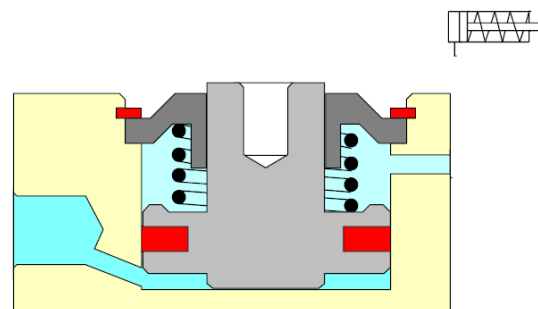
**Figura 2.22:** Válvula de secuencia en posición cerrada

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

### 2.3.6.- Actuadores neumáticos.

Los actuadores pueden ser lineales o rotativos. Los cilindros de émbolo permiten obtener movimientos lineales y los motores neumáticos los movimientos giratorios. Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos.

- a) **Cilindro de Simple efecto.**- Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

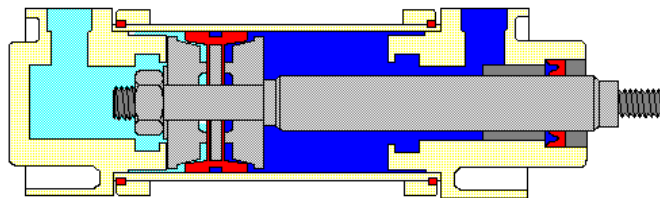
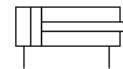


**Figura 2.23:** Cilindro de simple efecto tipo “dentro”.

Fuente: “Neumática Básica”, p. 42, por Rexroth 2005.

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.

- b) **Cilindros de doble efecto.**- Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo, por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.



**Fig. 2.24: Cilindro de doble efecto.**

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

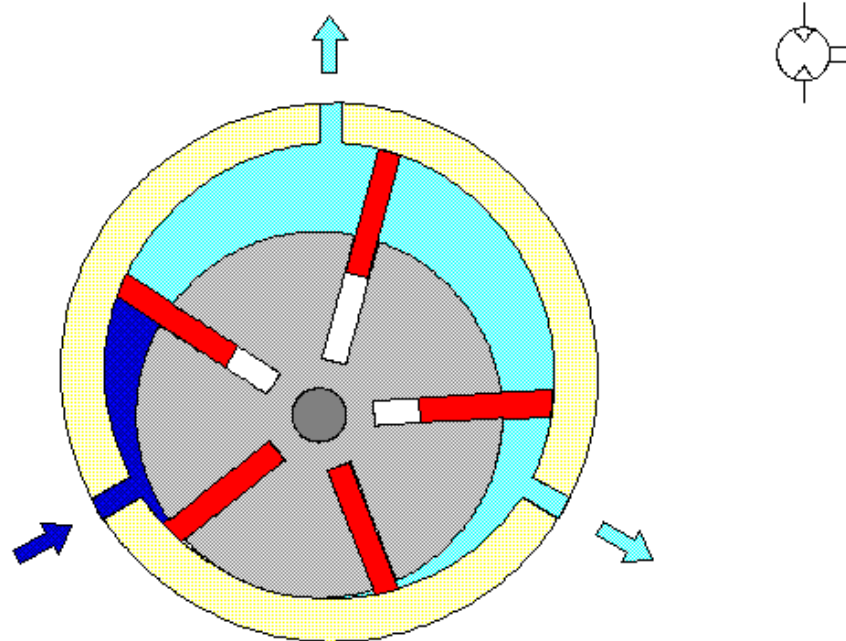
El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento.

En definitiva, se puede afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático debido a que no pierde

fuerza debido a la inexistencia de muelle en oposición; pero las fuerzas de avance, así como las velocidades de avance y retroceso son diferentes.

- c) **Motores neumáticos.-** Los motores neumáticos transforman energía de presión en trabajo mecánico por movimiento rotativo.

Los motores neumáticos tienen generalmente las mismas propiedades de los demás componentes neumáticos y posibilitan en muchas ocasiones aplicaciones rápidas y económicas



**Figura 2.25:** Motor neumático a paletas.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

## 2.4.- ESTADO DEL ARTE

### 2.4.1.- El Laboratorio de Neumática de la EPIMMEM de la UCSM.

Este laboratorio se encuentra ubicado en el segundo piso del pabellón R del campus universitario de la UCSM (R-201), fue implementado el año 2002 a través de la empresa fabricante FESTO. En este ambiente se dictan otros cursos como sensórica, programación de PLC's; pero no son tema de estudio en este trabajo. Este laboratorio está a disposición de la comunidad universitaria de la UCSM; pero son los alumnos de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica y de la Escuela Profesional de Ing. Industrial los que hacen uso cada semestre en los cursos de Oleohidráulica y Neumática I, Oleohidráulica y Neumática II y Automatización.



**Figura 2.26:** Pabellón R en el campus de la UCSM.

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

Este laboratorio está formado por 4 módulos de aprendizaje de neumática básica (TP-101), y 4 módulos de aprendizaje de electroneumática nivel básico (TP-201). Cada módulo de aprendizaje está compuesto por cilindros, válvulas, mangueras, una bandeja donde se

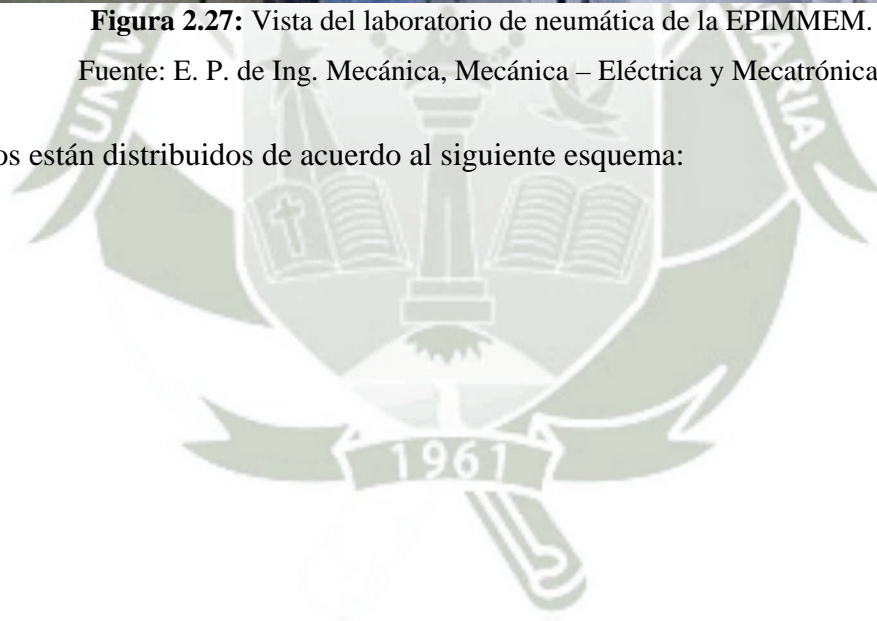
guardan los componentes, 2 bastidores y una placa perfilada donde se alojan los componentes neumáticos cuando se desarrolla un circuito neumático.

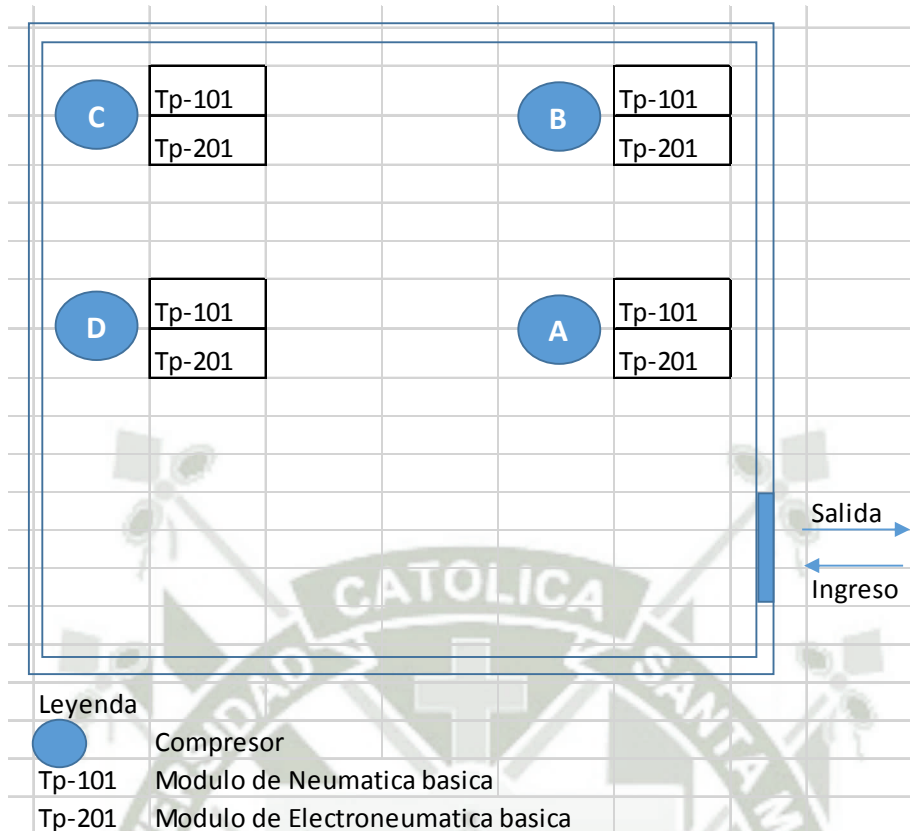


**Figura 2.27:** Vista del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

Los módulos están distribuidos de acuerdo al siguiente esquema:






**Figura 2.28:** Distribución de los módulos en el laboratorio de neumática.

Fuente: Elaboración propia.

Como muestra la figura anterior, cada compresor provee de aire comprimido a un módulo de neumática nivel básico y a un módulo de electroneumática nivel básico, a continuación se detalla el proceso de preparación de aire comprimido.

#### 2.4.2.- Compresores del laboratorio de neumática de la EPIMMEM.

El compresor con el que se trabaja es un compresor de tipo émbolo marca JUN-AIR, cuenta con un acumulador de 25 litros para el aire comprimido, de tal manera que el motor solo funciona cuando el nivel de presión baja de 8 bares, que es la presión máxima, el ruido que hace al comprimir es menor a 40 dB medido a un metro de distancia.

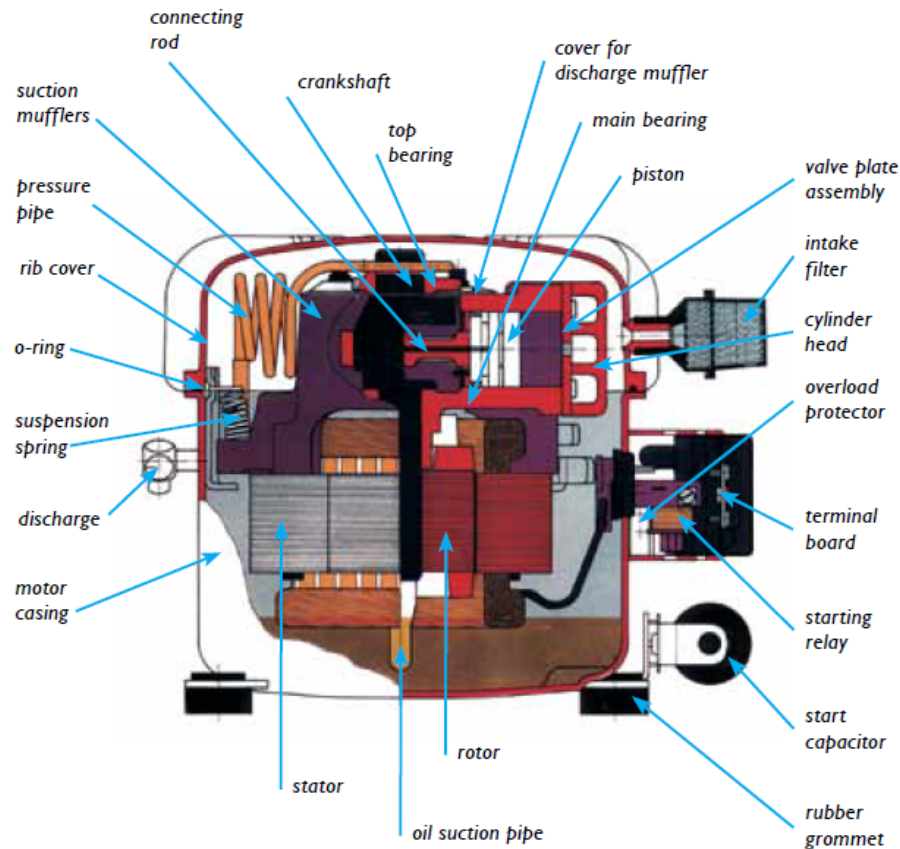
|   |  |
|---|--|
|  | <p>Compresor extremadamente silencioso, nivel de ruido sólo 40 dB (A).</p> <p>Ideal para ser utilizado en clase.</p> <p>Presión _____Máximo 800 kPa (8 bar)</p> <p>Caudal de aire libre suministrado _____50 l/min</p> <p>Capacidad del depósito _____25 litros</p> <p>Nivel de ruido _____40 dB (A) at 1 m</p> <p>Motor eléctrico _____230 V/50 Hz; 0.34 kW</p> <p>Accesorios: zócalo y clavija de enchufe rápido, tubos.</p> |
|---|--|

**Figura 2.29:** Compresor JUN-AIR modelo 6-25.

Fuente: [www.festo.pe](http://www.festo.pe)

Este componente es el más importante porque debe dar un aire comprimido de calidad; es decir un aire seco con una buena presión, pero por el mismo hecho de comprimir se genera agua, al condensarse el vapor de agua que se encuentra en el aire, y esta agua si ingresa al sistema de alimentación de aire, dañaría los componentes metálicos como las válvulas y cilindros; por lo cual se debe purgar manualmente y será considerado dentro del plan de mantenimiento.

Por ser un compresor de émbolo y tener partes en movimiento a alta velocidad, requiere lubricación, en este caso es un aceite sintético no inflamable, el cual según el manual del compresor debe cambiarse luego de 10 años, pero el nivel de aceite debe estar entre un mínimo y máximo, de ser menor se tiene que agregar aceite, este procedimiento e inspección, así como la adquisición de dicho aceite también será parte del plan de mantenimiento.



**Figura 2.30:** Motor del compresor JUN-AIR modelo 6-25.

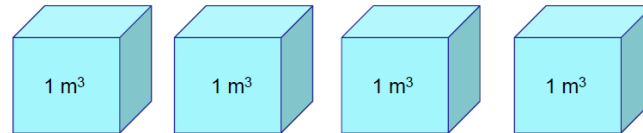
Fuente: [www.jun-air.com](http://www.jun-air.com)

La lubricación del motor de este compresor se realiza con el aceite sintético SJ-27F, para lubricar las partes internas. La lubricación es muy importante porque permite alargar la vida del motor. De la figura anterior se observa que también incluye un filtro, una conexión para descarga, una entrada para agregar aceite.

#### 2.4.3.- La humedad en el aire.

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

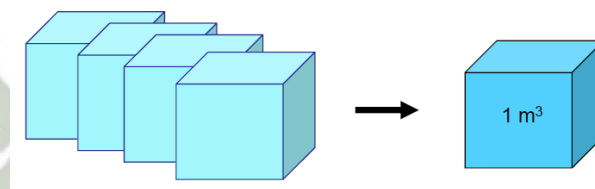
Cuando se comprimen grandes cantidades de aire se produce una cantidad considerable de condensados.



**Figura 2.31:** Esquema de 4 m<sup>3</sup> de aire.

Fuente: [www.isa.com](http://www.isa.com)

Si cogemos 4 m<sup>3</sup> de aire atmosférico a 25°C y humedad relativa del 70% cada uno, según la tabla de punto de condensación del aire se tiene:  $23.76 \times 0.70 = 16.63$  gramos de agua.



**Figura 2.32:** Esquema de compresión de 4 m<sup>3</sup> a 1 m<sup>3</sup> de aire.

Fuente: [www.isa.com](http://www.isa.com)

Si un compresor los comprime hasta tener un solo m<sup>3</sup>, tendremos  $4 \times 16.36 = 65,45$  gramos de agua. Por tanto tendremos aire saturado al 100% a 3 bares y  $65,45 - 23,76 = 41,69$  gramos de agua condensada.

Esta parte es importante porque la cantidad que se comprime a la semana son de decenas de m<sup>3</sup> de aire cada semana, por la utilización del laboratorio, y por lo tanto la cantidad de vapor condensado es importante.

#### 2.4.4.- Módulos de aprendizaje de Neumática básica TP-101

El equipo de nivel básico TP-101 es apropiado para la formación inicial en materia de controles neumáticos. Con él se adquieren conocimientos sobre temas básicos de física relacionada con la neumática y, además, sobre el funcionamiento y la utilización de equipos neumáticos. El conjunto de componentes permite configurar sistemas sencillos de control neumáticos.

Para efectuar el montaje de los sistemas de control, debe disponerse de un puesto de trabajo fijo, equipado con una placa de aluminio perfilada. Este perfil tiene 14 ranuras en T paralelas a una distancia de 50 milímetros.



**Figura 2.33:** Modulo de aprendizaje de neumática TP-101.

Fuente: E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

Las placas de montaje de los equipos están dotados con las variantes de fijación A, B o C:

**“Variante A, sistema de retención por encastre.-** Para componentes ligeros, no sometidos a cargas (por ejemplo, válvulas de vías). Los componentes se montan fijándolos simplemente en las ranuras de panel perfilado. Para desmontar los

componentes debe accionarse la leva azul” (Manual de trabajo de Neumática básica FESTO, 2005, p. 9).



**Figura 2.34:** Válvula de vías 3/2 con sistema de fijación A.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

“**Variante B, sistema giratorio.-** Para componentes medianamente pesados sometidos a cargas bajas como los cilindros. Estos componentes se sujetan al panel perfilado mediante tornillos con cabeza de matillo. Para sujetar o soltar los componentes se utilizan las tuercas moleteadas de color azul” (Manual de trabajo de Neumática básica FESTO, 2005, p. 9).



**Figura 2.35:** Cilindro de simple efecto con sistema de fijación B.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

“**Variante C, sistema atornillado.**- Para componentes que soportan cargas altas o componentes que no se retiran con frecuencia del panel perfilado, como la válvula FRL. Estos componentes se fijan mediante tornillos de cabeza cilíndrica y tuercas en T” (Manual de trabajo de Neumática básica FESTO, 2005, p. 9).



**Figura 2.36:** Unidad FRL con sistema de fijación C.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

Para terminar el montaje de los circuitos neumáticos, se utilizan mangueras de 4 milímetros de diámetro exterior para conectar los componentes. Al hacerlo se introduce el racor hasta el tope. Para desacoplar las mangueras se presiona el anillo azul del racor.

En la siguiente tabla se hace un listado de un los componentes que tiene un curso de neumática nivel básico de FESTO, en la última columna el # de artículo se refiere al código con el que la empresa proveedora identifica los componentes y con este código se realizan las cotizaciones o se buscan en la página [www.festo.com.pe](http://www.festo.com.pe) las especificaciones de ese componente. Se puede apreciar que consta de actuadores, diferentes válvulas, de diferentes accionamientos, estos módulos viene con un manual

de trabajo en los que se van describiendo y viendo la utilidad de cada una de las válvulas del módulo de aprendizaje.

Este curso también incluye un software de simulación Fluidsim, que no es tema de estudio, pero que complementa el aprendizaje por parte de los alumnos.



**Tabla N° 2: Lista de componentes de FESTO TP-101.**

| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b> |   |          |               |
|---|---|----------|---------------|
| <b>Lista de componentes de neumática básica FESTO TP-101</b>  |   |          |               |
| orden   | Detalles del componente   | cantidad | # de artículo |
| 1   | Tubo de plástico 10 m, PUN 4 x 0.75                                   | 2        | 151496        |
| 2   | Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente cerrada                | 3        | 152860        |
| 3   | Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente abierta                | 1        | 152861        |
| 4   | Válvula de 5/2 vías, con selector                                     | 1        | 152862        |
| 5   | Manómetro 2 152 865   | 2        | 152865        |
| 6   | Válvula de 3/2 vías, accionamiento por rodillo. normalmente cerrada   | 3        | 152866        |
| 7   | Válvula de 3/2 vías, con rodillo abatible, normalmente cerrada        | 1        | 152867        |
| 8   | Válvula de 5/2 vías, accionamiento neumático unilateral               | 1        | 152872        |
| 9   | Válvula de 5/2 vías, doble pilotaje, accionamiento neumático bilatera | 3        | 152873        |
| 10  | Selector de circuito (OR)   | 1        | 152875        |
| 11  | Válvula de simultaneidad (AND)  | 1        | 152876        |
| 12  | Temporizador, normalmente cerrado                                     | 1        | 152879        |
| 13  | Válvula de escape rápido  | 1        | 152880        |
| 14  | Regulador de flujo unidireccional                                     | 2        | 152881        |
| 15  | Válvula de secuencia  | 1        | 152884        |
| 16  | Cilindro de simple efecto   | 1        | 152887        |
| 17  | Cilindro de doble efecto 2 152 888                                    | 2        | 152888        |
| 18  | Válvula de entrada con filtro y regulador, 40 µm                      | 1        | 152894        |
| 19  | Regulador de presión con manómetro 1 152 895                          | 1        | 152895        |
| 20  | Distribuidor  | 1        | 152896        |
| 21  | Conectores  | 1        | 152898        |
| 22  | Distribuidor rápido   | 1        | 153128        |
| 23  | Bandeja para componentes*   | 1        | 119397        |
|   | Accesorios recomendados   |          |               |
|   | Placa de aluminio perfilada (1100x700 mm)                             | 1        | 159411        |
|   | Compresor   | 1        | 91030         |

Fuente: Adaptado de “Manual de Neumática básica TP - 101”, p. 17, de FESTO.

En la Tabla N°1 se puede apreciar la descripción, cantidad de componentes, codificación según el proveedor. Esta lista de componentes es importante para iniciar el plan de mantenimiento preventivo.

El aprendizaje de esta tecnología, se apoya en un manual de trabajo de Neumática TP-101 de FESTO [12] que contiene 18 ejercicios, donde se pueden ir conociendo los diferentes componentes y aplicaciones de la neumática.

Algunos de los objetivos didácticos del curso son:

- Se conocen las formas de memorización de señales en sistemas de control neumáticos (ejercicio 8).
- Se pueden explicar y configurar enlaces lógicos de Y/O/NO (ejercicios 9, 10, 11 y 12).
- Se pueden explicar y configurar esquemas con función de autorretención (ejercicio 9).
- Se pueden combinar enlaces lógicos (ejercicios 11 y 12).
- Se conoce la construcción y el funcionamiento de detectores de posición (ejercicio 11).
- Se puede diferenciar entre diversas válvulas de 5/2 vías para seleccionarlas y utilizarlas según criterios específicos (ejercicio 11).
- Se pueden ampliar esquemas de distribución ya existentes (ejercicio 12).
- Se conoce la construcción y el funcionamiento de una válvula de secuencia (ejercicio 13).
- Se puede configurar sistemas de control que funcionan en función de la presión (13, 14, 15 y 16).
- Se conocen la construcción y el funcionamiento de una válvula reguladora de presión (ejercicio 14).
- Se conocen la construcción y el funcionamiento de una válvula temporizadora (ejercicio 16).
- Se pueden configurar esquemas de distribución que incluyen movimientos giratorios (ejercicio 17).
- Se pueden utilizar válvulas temporizadoras en función de condiciones marginales específicas (ejercicio 17).
- Se pueden analizar y configurar esquemas de distribución que incluyen dos cilindros (ejercicio 18).

A continuación se muestra un ejercicio, el enunciado, el circuito en una simulación y finalmente una fotografía del circuito implementado.

## Ejercicio 1: Prensa de quesos

### Objetivos didácticos

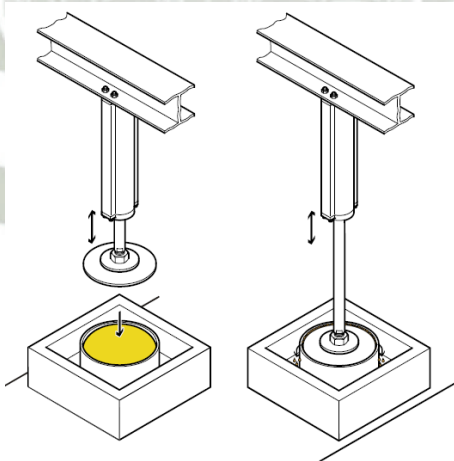
Una vez realizado este ejercicio, usted habrá alcanzado las siguientes metas didácticas:

- Construcción y funcionamiento de un cilindro de simple efecto.
- Puede calcular la fuerza del émbolo de un cilindro de simple efecto.
- Construcción y funcionamiento de una válvula de 3/2 vías, normalmente cerrada.
- Tipos de accionamiento de válvulas de vías. Confección de esquemas de funcionamiento.
- Explicación y configuración de sistemas de accionamiento directo.

### Descripción del problema

En la fabricación de queso, se utilizan cilindros neumáticos para introducir a presión la masa en los moldes. Configure un sistema de control para ejecutar esta tarea.

### Esquema de situación



**Figura 2.37:** Esquema de funcionamiento del ejercicio de neumática.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

### Condiciones generales

- Utilice un cilindro de simple efecto.
- Configure el sistema de control neumático del cilindro, utilizando una válvula de accionamiento manual.

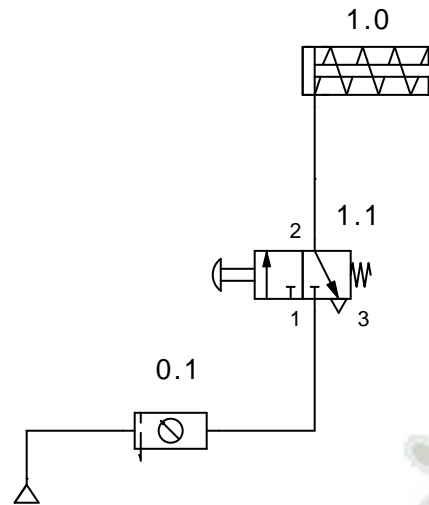
### Secuencia

- La masa del queso se coloca a mano en el molde.
- Presionando un pulsador, avanza el cilindro y presiona la tapa sobre el molde.
- El pulsador deberá mantenerse presionado hasta que concluya la operación.
- Si se suelta el pulsador, el cilindro retrocede y deja libre el molde que contiene el queso.
- Es posible retirar el queso.

### Lista de componentes

| Cantidad | Denominación del componente                           |
|----------|---|
| 1        | Cilindro de simple efecto                             |
| 1        | Válvula 3/2 vías de accionamiento manual por pulsador |
| 1        | Distribuidor  |
| 1        | Unidad FRL  |
| 2        | Mangueras de 4mm de 60mm                              |

### Circuito de simulación



**Figura 2.38:** Simulación neumática de la solución en Fluidsim 3.6

Fuente: Elaboración propia en software Fluidsim 3.6.

### Armado del circuito solución



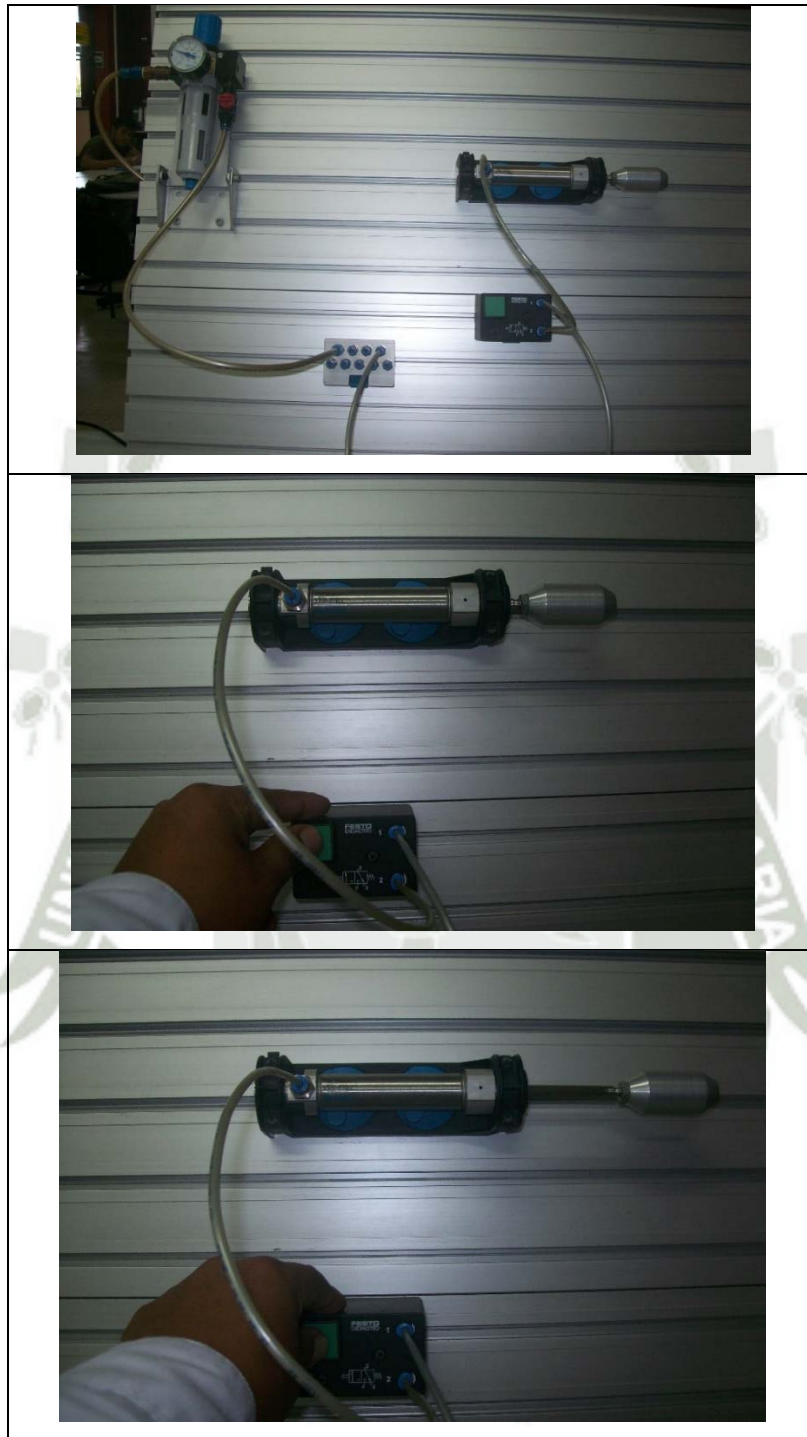
**Figura 2.39:** Fijación de los componentes neumático del ejercicio propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2.39 se muestra que se fijaron los componentes necesarios para solucionar este circuito. Se ve que hay dos componentes de fijación tipo A, el cilindro tiene fijación tipo B que es rotativo y también se encuentra fijado la unidad de mantenimiento por el sistema de fijación C, que son pernos de cabeza hexagonal, todos los componentes antes mencionados se fijan como se aprecia a una placa perfilada.

Otro detalle muy importante es que hay mangueras de diferentes diámetros, lo cual es vital porque las mangueras vienen de diferentes diámetros, en este caso para las válvulas de FESTO, las mangueras deben ser de 4 mm de diámetro y de 8mm.

A continuación en la figura 2.40 se muestra el sistema terminado y con el circuito en funcionamiento.



**Figura 2.40:** Armado final del circuito neumático y prueba de funcionamiento del ejercicio propuesto<sup>2</sup>.

Fuente: Elaboración propia.

---

2.- El cilindro debe estar bien fijado para que no se desplace por la fuerza con la que sale.

#### 2.4.5.- Módulos de aprendizaje de Electroneumática básica TP-201

El equipo de nivel básico TP-201 es apropiado para la formación inicial en materia de controles electroneumáticos. Con él se adquieren conocimientos sobre temas básicos de física relacionada con la electroneumática y, además, sobre el funcionamiento y la utilización de equipos electroneumáticos. El conjunto de componentes permite configurar sistemas sencillos de control electroneumático.

Para efectuar el montaje de los sistemas de control, debe disponerse de un puesto de trabajo fijo, equipado con una placa de aluminio perfilada. Este perfil tiene 14 ranuras en T paralelas a una distancia de 50 milímetros. La fuente de corriente continua utilizada es una unidad de alimentación a prueba de cortocircuitos (entrada: 230 V, 50 Hz; salida: 24 V, máx. 5 A). La alimentación de aire comprimido puede estar a cargo de un compresor móvil con silenciador (230 V, máximo 800 kPa = 8 bar).

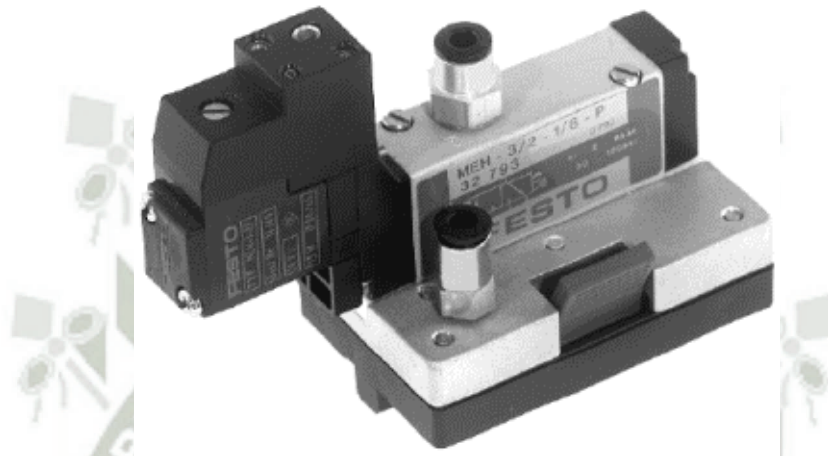


**Figura 2.41:** Módulo de aprendizaje de electroneumática TP-201.

Fuente: Elaboración propia.

Las placas de montaje de los equipos están dotados con las variantes de fijación A, B o C:

**“Variante A”, sistema de retención por encastre.-** Para componentes ligeros, no sometidos a cargas (por ejemplo, válvulas de vías). Los componentes se montan fijándolos simplemente en las ranuras de panel perfilado. Para desmontar los componentes debe accionarse la leva azul” (Manual de trabajo de Electroneumática básica FESTO, 2005, p. 10).



**Figura 2.42:** Electrovalvula 3/2 con sistema de fijación A.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

**“Variante B”, sistema giratorio.-** Para componentes medianamente pesados sometidos a cargas bajas como los cilindros. Estos componentes se sujetan al panel perfilado mediante tornillos con cabeza de matillo. Para sujetar o soltar los componentes se utilizan las tuercas moleteadas de color azul” (Manual de trabajo de Electroneumática básica FESTO, 2005, p. 10).



**Figura 2.43:** Cilindro de simple efecto con sistema de fijación B.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

**“Variante C”, sistema atornillado.-** Para componentes que soportan cargas altas o componentes que no se retiran con frecuencia del panel perfilado, como la válvula FRL. Estos componentes se fijan mediante tornillos de cabeza cilíndrica y tuercas en T” (Manual de trabajo de Electroneumática básica FESTO, 2005, p. 10).



**Figura 2.44:** Unidad FRL con sistema de fijación C.

Fuente: “Material didáctico de software FLUIDSIM 3.6.” de FESTO

**“Variante D”, sistema enchufable.-** Los componentes ligeros y que no se someten a cargas, provistos de pernos enchufables (por ejemplo, sistemas de aviso) se montan mediante adaptadores.

Para el montaje de los circuitos neumáticos, se utilizan mangueras de 4 milímetros de diámetro exterior para conectar los componentes. Al hacerlo se introduce el racor hasta el tope. Para desacoplar las mangueras se presiona el anillo azul del racor. Se deben usar únicamente cables con conectores de seguridad para establecer las conexiones eléctricas.



**Figura 2.45:** Cables con conectores de seguridad para las conexiones eléctricas.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se hace un listado de un los componentes que tiene un curso de electroneumática nivel básico de FESTO, en la última columna el # de artículo se refiere al código con el que la empresa proveedora identifica los componentes y con este código se realizan las cotizaciones o se buscan en la página [www.festo.com.pe](http://www.festo.com.pe) las especificaciones de ese componente. Se puede apreciar que consta de actuadores, diferentes válvulas, de diferentes accionamientos, estos módulos viene con un manual de trabajo en los que se van describiendo y viendo la utilidad de cada una de las válvulas del módulo de aprendizaje.

Este curso también incluye un software de simulación Fluidsim, que no es tema de estudio, pero que complementa el aprendizaje por parte de los alumnos.

**Tabla N° 3: Lista de componentes de FESTO TP-201.**

| <b>Plan de mantenimiento preventivo del Lab. De Neumática</b>       |  |          |               |
|---|--|----------|---------------|
| <b>Lista de componentes de Electroneumática basica FESTO TP-201</b> |  |          |               |
| orden   | Detalles del componente  | cantidad | # de articulo |
| 1   | Tubo de plástico 10 m, PUN 4 x 0.75                              | 1        | 151496        |
| 2   | Cilindro de simple efecto  | 1        | 152887        |
| 3   | Cilindro de doble efecto   | 2        | 152888        |
| 4   | Válvula de entrada con filtro y regulador, 40µm                  | 1        | 152894        |
| 5   | Distribuidor   | 1        | 152896        |
| 6   | Relé, triple**   | 1        | 162241        |
| 7   | Entrada de señales eléctricas**                                  | 1        | 162242        |
| 8   | Unidad de indicación y distribución eléctrica**                  | 2        | 162244        |
| 9   | Interruptor de proximidad electrónico con fijación a cilindro ** | 2        | 167060        |
| 10  | Electroválvula de 3/2 vías con LED, normalmente cerrada          | 1        | 167073        |
| 11  | Electroválvula de 5/2 vías con LED                               | 2        | 167074        |
| 12  | Electroválvula de impulsos de 5/2 vías con LED                   | 1        | 167076        |
| 13  | Convertidor neumático-eléctrico                                  | 1        | 177459        |
| 14  | Final de carrera, eléctrico, accionado por la izquierda**        | 1        | 183322        |
| 15  | <b>Final de carrera, eléctrico, accionado por la derecha**</b>   | 1        | 183345        |
| 16  | Bandeja para componentes*  | 1        | 120772        |
|   | <b>Accesorios recomendados</b>                                   |          |               |
|   | Placa de aluminio perfilada (1100x700 mm)                        | 1        | 159411        |
|   | Compresor  | 1        | 91030         |

Fuente: Adaptado de “Manual de Electroneumática básica TP - 201”, p. 17, de FESTO.

En la tabla N° 2, se listan los componentes del curso de electroneumático. Los componentes que llevan la marca (\*\*), son componentes netamente eléctricos o electrónicos y no se incluirán dentro del mantenimiento preventivo por ser componentes muy distintos a las válvulas o cilindros neumáticos.

El aprendizaje de esta tecnología, se apoya en un manual de trabajo de Neumática TP-201 de FESTO [13] que contiene 12 ejercicios, donde se pueden ir conociendo los diferentes componentes y aplicaciones de la electroneumática.

Algunos de los objetivos didácticos del curso son:

- Los estudiantes conocen la construcción y el funcionamiento de un cilindro de simple efecto.
- Los estudiantes conocen la construcción y el funcionamiento de un cilindro de doble efecto.
- Los estudiantes pueden calcular las fuerzas de los émbolos en función de determinados valores definidos previamente.
- Los estudiantes conocen la construcción y el funcionamiento de una electroválvula de 3/2 vías.
- Los estudiantes conocen la construcción y el funcionamiento de una electroválvula de impulsos.
- Los estudiantes pueden seleccionar electroválvulas en función de determinados criterios y utilizarlas.
- Los estudiantes conocen las formas de accionamiento de válvulas de vías y pueden explicarlas.
- Los estudiantes pueden sustituir electroválvulas.
- Los estudiantes pueden explicar el funcionamiento de un accionamiento directo y pueden montar un sistema correspondiente.
- Los estudiantes pueden explicar el funcionamiento de un accionamiento indirecto y pueden montar un sistema correspondiente.
- .....

A continuación se muestra un ejercicio, el enunciado, el circuito en una simulación y finalmente una fotografía del circuito implementado.

## Ejercicio 1: Configuración y montaje de un sistema de clasificación de piezas.

### Objetivos didácticos

Una vez realizado este ejercicio, usted habrá alcanzado las siguientes metas didácticas:

- Los estudiantes conocen la construcción y el funcionamiento de un cilindro de simple efecto.
- Los estudiantes conocen la construcción y el funcionamiento de una electroválvula de 3/2 vías.
- Los estudiantes conocen las formas de accionamiento de válvulas de vías y pueden explicarlas.
- Los estudiantes pueden explicar el funcionamiento de un accionamiento directo y pueden montar un sistema correspondiente.

### Descripción del problema

Con este equipo se clasifican pruebas de agua en función del tamaño de los frascos.

La tarea consiste en desarrollar un sistema de mando que permite ejecutar este proceso.

### Esquema de situación



**Figura 2.46:** Esquema de funcionamiento del ejercicio de electroneumática.

Fuente: Manual de Electroneumática nivel básico, 2005, p. 34.

### Condiciones generales

- Deberá utilizarse un cilindro de simple efecto.
- El cilindro deberá controlarse mediante un pulsador.
- En caso de un corte de energía, el vástago del cilindro deberá desplazarse hacia la posición final posterior.

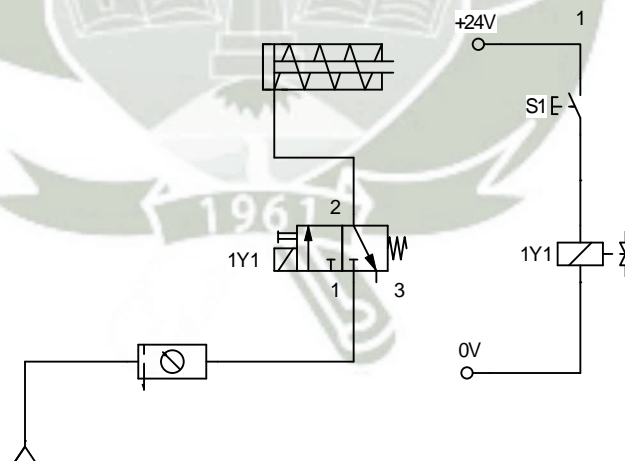
### Secuencia

- Oprimiendo el pulsador, avanza el vástago del cilindro de simple efecto desplazando los frascos para retirarlos de la cinta de transporte.
- Al soltar el pulsador, el vástago se desplaza hacia la posición final posterior.

### Lista de componentes

| Cantidad | Denominación del componente                                       |
|----------|---|
| 1        | Cilindro de simple efecto   |
| 1        | Válvula 3/2 vías de accionamiento eléctrico y retorno por muelle. |
| 1        | Distribuidor  |
| 1        | Unidad FRL  |
| 2        | Mangueras de 4mm de 60mm  |

### Circuito de simulación



**Figura 2.47:** Simulación electroneumática de la solución en Fluidsim 3.6

Fuente: Elaboración propia en software Fluidsim 3.6.

### Armado del circuito solución



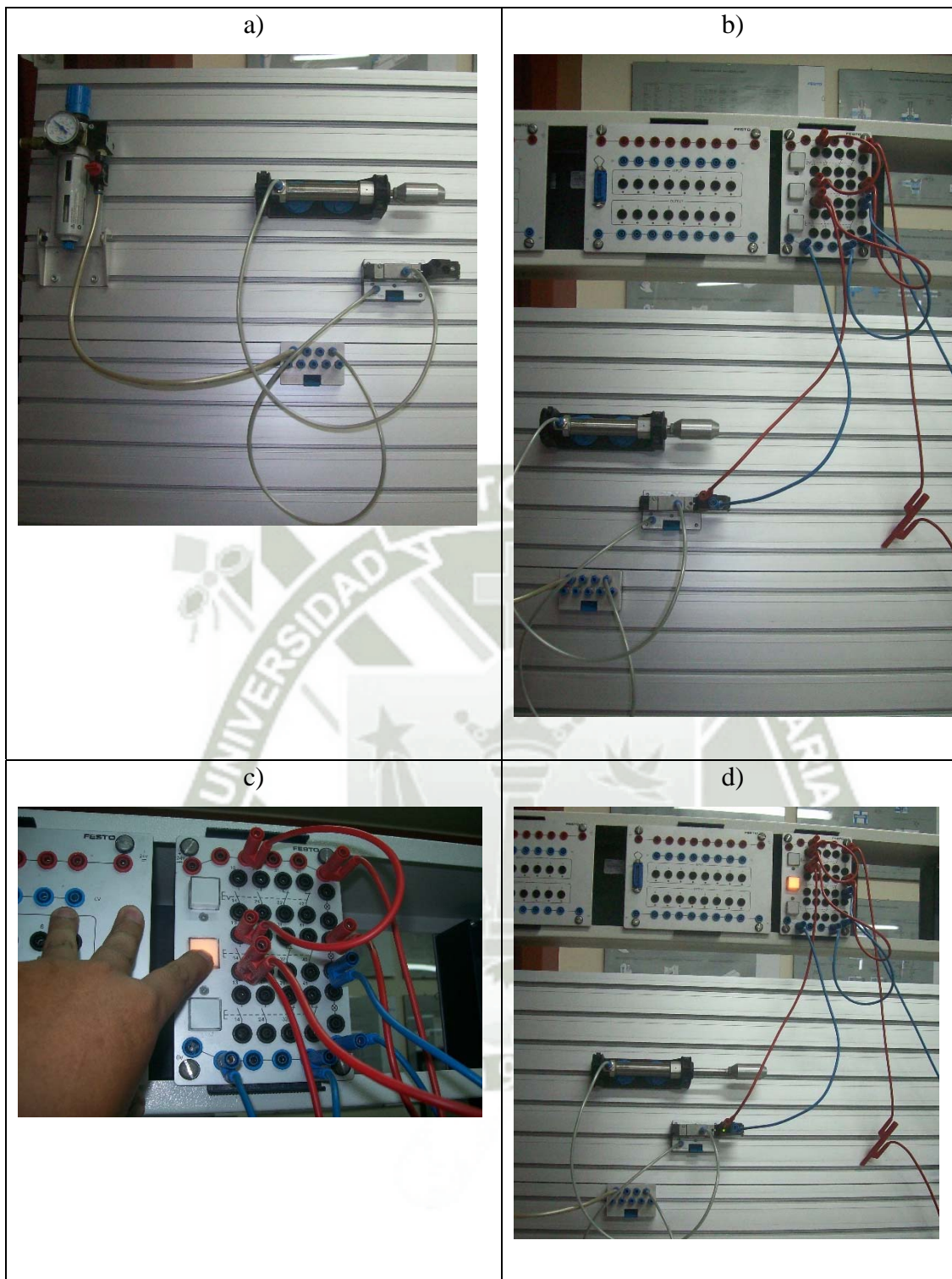
**Figura 2.48:** Fijación de los componentes electroneumáticos del ejercicio propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2.48 se aprecia que ya se encuentran fijados a la placa de aluminio perfilada los componentes neumáticos como son: unidad de mantenimiento, distribuidor, electroválvula de 3/2 vías normalmente cerrada y el cilindro de simple efecto; pero a diferencia de neumática se debe también realizar un circuito eléctrico de control.

En la siguiente figura 2.49 en la secuencia de fotografías se aprecia el circuito electroneumático terminado y el correcto funcionamiento. También se apreciará las conexiones de las mangueras que también son de 4 mm y de 8mm, así como las conexiones eléctricas a la placa de entradas y a la electroválvula.

Cuando se realiza el armado, se arman como 2 circuitos independientes; pero la dificultad de electroneumática para los alumnos es que si el circuito armado no funciona, se deben detectar fallas en el circuito neumático primero y luego en el circuito eléctrico, por lo cual en la secuencia de aprendizaje primero se ofrece Neumática y posteriormente electroneumática.



**Figura 2.49:** Secuencia fotográfica del circuito electro neumático del ejercicio propuesto. a) circuito neumático. b) conexión eléctrica. c) prueba del pulsador eléctrico. d) Circuito funcionando al 10%.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.- ANÁLISIS DE ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Dentro del nivel de pregrado en la EPIMMEM hay muchas tesis referidos a planes de mantenimiento a nivel de industria, esos trabajos son técnicas avanzadas como predictivo, RCM porque son empresas antiguas y están evolucionando. A nivel de mantenimiento de laboratorios no hay muchos trabajos, se presenta a continuación trabajos similares:

#### A nivel internacional

Tesis Profesional: **“Implementación de un Análisis de Mantenimiento Basado en Condición de los Compresores Reciprocantes y de Tornillo”.**[3] Tesista TOAPANTA CUNALATA OSCAR GABRIEL. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo -Ecuador.

En este trabajo se realizan técnicas de mantenimiento predictivo a los compresores, vibración, muestras de aceite, debido a que son compresores de gran tamaño, por ser una empresa ya están establecidos y determinados el persona para estas labores de predictivo. De acuerdo al trabajo, se concluye que tipo de mantenimiento aplicar, según la condición de los equipos.

Tesis Profesional: **“Implementación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de Vibración en los compresores de Tornillo de una empresa Procesadora y Enlatadora de productos del mar”.**[4] Tesista: GONZALES CARVAJAL, RAMON GABRIEL. Universidad de Oriente - España.

Esta tesis trata sobre la técnica de mantenimiento predictivo de vibración, para lo cual se recopilan datos, y se compara con datos del fabricante, gracias a ello se determinan problemas de desalineación, desbalanceo, rozamiento, etc.

Al final se presenta una tabla de diagnóstico que es el aporte principal de esta tesis, también indica los puntos donde deben realizarse las mediciones de vibración.

### A nivel nacional

Tesis Profesional: **“Propuesta de un modelo de Gestión de Mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para Reducción de costos de servicio de alquiler”**. [5] Tesista: CHANG NIETO, ENRIQUE. PUCP - Perú.

Esta tesis aborda la gestión, ya que empieza con un análisis de la empresa, es decir en qué etapa está el mantenimiento, se analizan costos de alquiler de compresores. Se realizan auditorías a los trabajadores.

Al final del trabajo se presenta un plan detallado de mantenimiento preventivo para la empresa, también se hacen cuadros económicos de la implementación de este plan. Es un trabajo arduo porque solo se hacía mantenimiento correctivo en la empresa, significa una gran mejora en la empresa contar con un plan de mantenimiento preventivo, en base a checklists.

## **4.- OBJETIVOS**

### **4.1.- OBJETIVO GENERAL**

Gestionar el mantenimiento preventivo del Laboratorio de Neumática del PPIMMEM de la UCSM

### **4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Implementar un plan de mantenimiento para el laboratorio de Neumática de la E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica–Eléctrica y Mecatrónica.
2. Determinar las herramientas e indicadores necesarios para dicho plan.
3. Gestionar la aprobación del plan operativo del PPIMMEM 2015, para que se realice dicho plan, alineado al “Plan Estratégico de la UCSM 2013-2022”.

## 5.- HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

**DADO:** “Que el mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos.” [1].

**ES PROBABLE:** Si se realiza una gestión del mantenimiento preventivo del laboratorio de neumática del PPIMMEM, que los equipos alarguen y mantengan su funcionamiento durante su periodo de vida.

## III.- PLANTEAMIENTO OPERACIONAL DE INVESTIGACIÓN

### 1.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

**Tabla N° 4: Técnicas e instrumentos**

| Variables   | Indicadores  | Técnicas   | Instrumentos  |
|---|--|--|---|
| Plan operativo 2015 del PPIMMEM                     | Fondos asignados para mantenimiento preventivo.                  | Concordar con los ejes del plan estratégico de la UCSM 2013-2022 | - Formatos 4.<br>- Órdenes de compra  |
| Plan de mantenimiento del Laboratorio de Neumática. | Calidad del aire comprimido.<br>Operatividad de los equipos.     | - Mediciones y análisis de aceite.<br>- Gestión de repuestos.    | - Manómetros, relojes, etc.<br>- Oficios de requerimientos de insumos de la Escuela Profesional |
| Gestión del mantenimiento                           | Cronograma de tareas.<br>Plan anual de funcionamiento de la UCSM | Plan de trabajo.<br>inspecciones                                 | - Checklists.<br>- Manual de operaciones.<br>- Manual de fallas<br>- Presupuestos aprobados.    |

### 2.- ESTRUCTURA DEL INSTRUMENTO

#### 2.1.- Formato 4 de la UCSM

- Unidad académica y/o administrativa formuladora:
- Denominación del proyecto:
- Eje estratégico en el que se ubica el proyecto:
- Ubicación del proyecto:
- Situación del proyecto:
- Justificación (problemas específico que se pretende atender):

- Objetivo (logro que se espera conseguir con el proyecto):
- Descripción del proyecto (¿en qué consiste?):
- Beneficiarios (quienes y cuantos):
- Costo total de proyecto S/. (según el rubro 13):
- Fuentes de financiamiento:
- Actividades a desarrollarse para el logro de los objetivos del proyecto:
- Presupuesto detallado de egresos para el desarrollo del proyecto durante el año 2016:
- Presupuesto detallado de ingresos y egresos (solamente para los proyectos de inversión):

## 2.2.- Órdenes de compra

Las órdenes de compra son documentos que emplea la oficina de logística de la UCSM para la adquisición de equipos o repuestos una vez que ya se aprobó la compra, estas órdenes de compra son dirigidas a la empresa ganadora o al proveedor de la Universidad

## 3.- CAMPO DE VERIFICACIÓN

### 3.1.- Ámbito

El presente estudio de investigación se realiza en:

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>REGIÓN</b>      | Arequipa                               |
| <b>PROVINCIA</b>   | Arequipa                               |
| <b>DISTRITO</b>    | Cercado                                |
| <b>INSTITUCIÓN</b> | Universidad Católica de Santa María    |
| <b>LUGAR</b>       | Laboratorio de Neumática de la EPIMMEM |

### 3.2.- TEMPORALIDAD

La realización del presente trabajo de investigación se realiza en los meses de Octubre 2015 a Enero 2016. El plan tendrá una vigencia hasta el 2022 que es la vigencia del “*Plan Estratégico de la UCSM 2013-2022*”.

#### 4.- RECURSOS NECESARIOS

##### 4.1.- HUMANOS

Investigador principal

Asesor asignado

##### 4.2.- MATERIALES

- Manuales de los equipos
- Cotizaciones de equipos y repuestos, formatos
- Multímetros, cronómetros, herramientas
- Papel bond y útiles de escritorio

##### 4.3.- FINANCIEROS

Para esta investigación los recursos serán asumidos por el investigador, se considera que es una recolección de información y elaboración de documentos.

#### IV.- CRONOGRAMA DE TRABAJO

Tabla N° 5: Cronograma de trabajo 2014

| TIEMPO<br>ACTIVIDAD  | Octubre<br>semanas |   |   |   | Noviembre<br>semanas |   |   |   | Diciembre<br>semanas |   |   |   | Enero<br>semanas |   |   |   |
|--|--------------------|---|---|---|----------------------|---|---|---|----------------------|---|---|---|------------------|---|---|---|
|  | 1                  | 2 | 3 | 4 | 1                    | 2 | 3 | 4 | 1                    | 2 | 3 | 4 | 1                | 2 | 3 | 4 |
| Plan de Tesis  |                    |   | X | X |                      |   |   |   |                      |   |   |   |                  |   |   |   |
| Presentación del plan  |                    |   |   | X |                      |   |   |   |                      |   |   |   |                  |   |   |   |
| Estado de arte.  |                    |   | X | X | X                    | X |   |   |                      |   |   |   |                  |   |   |   |
| Elaboración del plan operativo<br>formato 4                          |                    |   |   |   |                      | X | X |   |                      |   |   |   |                  |   |   |   |
| Presentación y discusión del<br>plan operativo.                      |                    |   |   |   |                      |   | X | X |                      |   |   |   |                  |   |   |   |
| Solicitud de cotizaciones de<br>repuestos.                           |                    |   |   |   |                      | X | X |   |                      |   |   |   |                  |   |   |   |
| Aprobación del plan operativo.                                       |                    |   |   |   |                      |   |   |   | X                    |   |   |   |                  |   |   |   |
| Presentación y aprobación del<br>plan de mantenimiento<br>preventivo |                    |   |   |   |                      |   |   |   | X                    | X |   |   |                  |   |   |   |
| Implementación del plan  |                    |   |   |   |                      |   |   |   |                      | X | X |   |                  |   |   |   |
| Sugerencias de mejora al plan<br>de mantenimiento                    |                    |   |   |   |                      |   |   |   |                      |   |   | X | X                | X |   |   |

## V.- REFERENCIAS

- [1] **CÁCERES, N. A. E. C.** (2015). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C. Arequipa 2014*. Tesis de maestría no publicada, UCSM, Arequipa, Perú.
- [2] **CHANG, E.** (2008). *Propuesta de un modelo de Gestión de Mantenimiento para una pequeña empresa del rubro de Minería para reducción de costos del servicio de alquiler*. Tesis de grado no publicada, UPC, Lima, Perú.
- [3] **CONEAU.** (2009). *Modelo de Calidad para la acreditación de carreras profesionales Universitarias*. Perú: Ministerio de Educación - SINEACE.
- [4] **EPIMMEM.** (2013). *Plan operativo del PPIMMEM de la UCSM-2013*. Perú: UCSM.
- [5] **FESTO.** (2005) *Manual de trabajo Electroneumática nivel básico* .Alemania: Ediciones Festo.
- [6] **FESTO.** (2005) *Manual de trabajo Neumática nivel básico*. Alemania: Ediciones Festo.
- [7] **FESTO (2015).** (<http://www.festo-didactic.com/es-es/>). Sitio web oficial de la empresa FESTO. Contiene información de componentes neumáticos. (Consulta: 2 de diciembre del 2015).
- [8] **GONZALES. C. R. G.** (2009). *Implementación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de Vibración en los compresores de Tornillo de una empresa Procesadora y Enlatadora de productos del mar*. Tesis de grado no publicada, Universidad de Oriente, Barcelona, España.
- [9] **JUN-AIR.** (<http://www.jun-air.com>). Sitio web oficial de la empresa fabricante de compresores Jun-air. Contiene información técnica de los compresores de émbolo modelo 6-25. (Consulta: 6 de junio del 2015).
- [10] **MORA, A.** (2009). *Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control 1ra ed.* España: Editorial Alfaomega.

- [11] **MOUBRAY, J.** (2004). *Mantenimiento Centrado en la confiabilidad II*. USA: Editorial Aladon LLC - Edición en español.
- [12] **OPLADE.** (2016). *Directiva para la formulación, ejecución y evaluación del plan y presupuesto operativo 2016*. Perú: UCSM.
- [13] **REXROTH.** (2005). *Neumática Básica - Tomo I*. Alemania: Rexroth.
- [14] **SERRANO, N.** (1996). *Neumática*. España: Editorial Paraninfo.
- [15] **SILES, N. F. D.** (2015). *Estudio del área de tornos para la implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) en el LAPROIM de la UCSM Arequipa 2014*. Tesis de maestría no publicada, UCSM, Arequipa, Perú.
- [16] **SMC, E.** (2002). *Neumática e hidráulica 2ª ed.* España: Paraninfo.
- [17] **TOAPANTA, C. O. G.** (2009). *“Implementación de un Análisis de Mantenimiento Basado en Condición de los Compresores Reciprocantes y de Tornillo”*. Tesis de grado no publicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- [18] **TORRES, L. D.** (2005). *Mantenimiento su Implementación y Gestión 2ª ed.* Argentina: Editorial Universitas.
- [19] **UCSM.** (2013). *Plan Estratégico de la UCSM 2013-2022*. Perú: UCSM



**ANEXO II: MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL  
COMPRESOR JUN-AIR 6-25**

# **JUN-AIR<sup>®</sup>**

## **Compressor**

**Model 3 motor / 3-4 / 6 motor / 6-4 / 6-15 / 6-25  
12-25 / 12-40 / 18-40 / 24-40 / 36-150**



---

**Operating manual**

---

**Betriebsanweisung**

---

**Mode d'emploi**

---

**Modo de empleo**

---

**Gebruiksaanwijzing**

---

**Betjeningsforskrift**

---

## **Modo de empleo**

### **Advertencias preliminares**

- La inobservancia de las instrucciones, la utilización de piezas de recambio no originales, pueden causar daños físicos o materiales.
- Proteja el compresor de la lluvia, de la humedad, de la helada y de polvo.
- Conectar el compresor únicamente a instalaciones con el voltaje nominal indicado en la placa del motor.
- Asegúrese que nunca se bloquea la válvula de seguridad, y no impida su funcionamiento normal.
- Utilice exclusivamente los equipos neumáticos apropiados para la compresión máxima indicada.
- No utilice el compresor a temperatura ambiente superior a 35°C/95°F, o inferior a 0°C/32°C.
- No toque el motor, cuando el compresor está funcionando. La alta temperatura puede ocasionar quemaduras.
- No dirija el chorro de aire al cuerpo.
- Al pulverizar un líquido inflamable puede haber peligro de incendio o explosión, es especialmente en lugares cerrados.
- Cuando utilice el compresor manténgalo fuera del alcance de los niños y nunca lo deje sin vigilancia.

### **Detalles técnicos**

En operación continua, el compresor no debe funcionar más que el 50%, del tiempo. A 8 bar, el compresor no debe funcionar más que 15 minutos en continuo, y tendrá que respetar una parada de 15 minutos, antes del ciclo siguiente.

**Mantenimiento preventivo del compresor**

|   | Semanal | Mensual | Anual |
|---|---------|---------|-------|
| Controlar el nivel de aceite. El nivel correcto será entre las líneas marcadas para mínimo y máximo.<br>Utilizar únicamente aceite original de calidad SJ-27 (fig. 5).  | x       |         |       |
| Vaciado de agua condensada en el tanque (fig. 6) (Presión máxima 2 bar). Si el compresor lleva un sistema de drenaje automático, la purga se efectúa automáticamente. Sin embargo, no omitir de vaciar la botella de agua condensada. | x       |         |       |
| Si el compresor lleva un filtro a la salida de aire, verificar este filtro y purgar activando el botón negro inferior. Si el filtro lleva drenaje automático, la purga se efectúa automáticamente.                                    | x       |         |       |
| Comprobar el funcionamiento mecánico del motor, de la tubería, y de la instalación de aire. Comprobar el tiempo de bombeo de 0 a 8 bar.   |         | x       |       |
| Comprobar el filtro de ingreso.<br>Reemplazar eventualmente.  |         | x       |       |
| Limpiar el motor con aire comprimido, para quitar polvo. Polvo y suciedad impiden refrigeración del motor.  |         | x       |       |
| Verificar la junta >>o<< de la válvula de retención.<br>Reemplazar eventualmente (fig. 10).<br>Asegurarse que el tanque de aire se encuentra vacío antes de desmontar la válvula.   |         |         | x     |
| Comprobar el filtro y los elementos de filtro.  |         |         | x     |
| Comprobar la válvula de seguridad, tirando del anillo mientras el tanque este con presión (fig. 7).   |         |         | x     |

### **Cambio de aceite**

Con ocasión de reparaciones del motor modelo 6 – por ejemplo si se cambian la válvula de láminas o las piezas internas del motor - o si el compresor esta instalado en lugar polvoriento, el cambio del aceite del motor puede ser necesario. En este caso procede como sigue:

- 1.- Desmonte la tapa, aflojando los cuatro tornillos (fig. 8).
- 2.- Bascule el motor por el lado de la descarga, sujetando las piezas internas del motor con la mano. Vacíe el aceite completamente (fig. 8). Utilice una pistola sopladora para eliminar los residuos eventuales del fondo del carter.
- 3.- Levante el motor a la posición vertical, y efectúe el relleno de aceite. Aprox. 0,75 ltr. de aceite SJ-27. (fig. 8).
- 4.- Limpie cuidadosamente el borde de la tapa y del carter, verificando el estado de la junta.
- 5.- Coloque la tapa, verificando que la junta este colocada correctamente, y fijando los tornillos. Compruebe la estanqueidad de la tapa poniendo el compresor en marcha.

#### **Importante!**

**La utilización de aceite de otra calidad que la del aceite original SJ-27 resulta en graves daños mecánicos del motor, después de poco tiempo. En este caso se anula la garantía.**

### **Verificación del tiempo de bombeo**

El tiempo de bombeo de 0 a 8 bar puede dar una indicación del estado del compresor, siempre que no haya fugas de aire en el sistema. Procede como sigue:

- 1.- Vacíe completamente el tanque de aire (el manómetro indica 0 bar).
- 2.- Cierra la salida de aire por el tanque, y compruebe que la llave de drenaje está cerrada.
- 3.- Ponga en marcha el compresor, y note el tiempo utilizado, hasta que el presostato haya desconectado el motor. Compruebe la presión en el manómetro, que debe indicar 8 bar, para evitar errores de medida (ver detalles técnicos).

#### **Importante!**

**El resultado depende de la temperatura del motor. Si el motor es caliente, el tiempo de operación será más largo. Como los valores indicados son obtenidos con un motor frío, efectúe la operación con motor frío, para obtener una base comparable.**



## Diagnóstico de fallas y reparaciones

### **Importante!**

**Desconectar la corriente antes de desmontar cualquier parte del compresor.**

**Asegurarse que el tanque de aire se encuentra vacío, antes de desarmar cualquier parte del sistema de presión del compresor.**

### **1. El compresor no funciona:**

- a) No hay corriente en la línea principal. Compruebe los fusibles y tomacorrientes.
- b) Rotura o uniones sueltas en las conexiones eléctricas.
- c) Relé de arranque defectuoso. Póngase en contacto con su distribuidor.
- d) Presostato defectuoso, que no arranca el motor.
- e) El protector del motor ha cortado el motor, debido recalentamiento. El compresor se pone automáticamente en marcha al alcanzar la temperatura adecuada y normal para el funcionamiento. Refierese también al párrafo 4.
- f) La presión en el tanque es demasiado alta para activar el presostato. Vacíe el tanque. El presostato se activa solamente si la presión esta inferior a la presión de arranque.
- g) El compresor no está descargado. El pistón esta con contrapresión. Desmunte y compruebe la válvula de descarga (fig. 9). Una fuga en la válvula de descarga, por ejemplo, resulta en contrapresión. En este caso, el aire comprimido del tanque vuelve al motor del compresor. Desmunte la válvula de descarga, y límpiela. Reemplace eventualmente la junta “o” (fig. 10).
- h) Condensador defectuoso.

**2. El compresor funciona, pero la presión no aumenta (el tiempo de bombeo de 0 a 8 bar es incorrecto):**

- a) La tapa de circulación no está removida, y reemplazada con el filtro de ingreso (fig. 2).
- b) El filtro de aspiración esta cegado. Sustitúyalo.
- c) Fugas en las conexiones, mangueras o equipo neumático. Compruebe por medio de agua jabonosa. La pérdida de presión no debe exceder 1 bar cada hora.
- d) Válvula de retención, o tubería de presión, obstruidos.

Limpie o reemplace esas piezas (fig. 10).

- e) Fugas en la válvula de descarga, mientras el compresor está funcionando. Limpie o reemplace la válvula (fig. 9).
- f) Válvula de láminas defectuosa. Póngase en contacto con su distribuidor.

**3. Fuerte ruido del compresor:**

- a) Resorte de suspensión del motor roto. Reemplace el resorte, y compruebe visualmente que el motor quede horizontal, después de esta reparación.
- b) La tubería de presión interna toca la tapa, o el cilindro. Desmonte la tapa, y ajuste la posición de la tubería de presión.

**4. El compresor calienta mucho, y usa mucho aceite:**

- a) Nivel de aceite demasiado alto. El nivel debe aparecer en el visor de vidrio, entre las líneas marcadas (fig. 5).
- b) Se está usando aceite lubricante inadecuado. Utilice únicamente el de calidad SJ-27, con la viscosidad adecuada.
- c) Fugas de aire en uniones y cables. Ve punto 2c.
- d) Filtro de ingreso obstruido. Ve punto 2b.
- e) Temperatura ambiente muy alta. Nunca poner el compresor en un armario, o caja, a menos que cuente con una adecuada ventilación (fig. 1).
- f) Compresor sobrecargado (es decir, más de los 50%). Póngase en contacto con su distribuidor.

**5. El compresor funciona, aún cuando no haya habido consumo de aire:**

- a) Fugas. Ve punto 2c.

**6. El compresor arranca, y para, con más frecuencia que lo usual:**

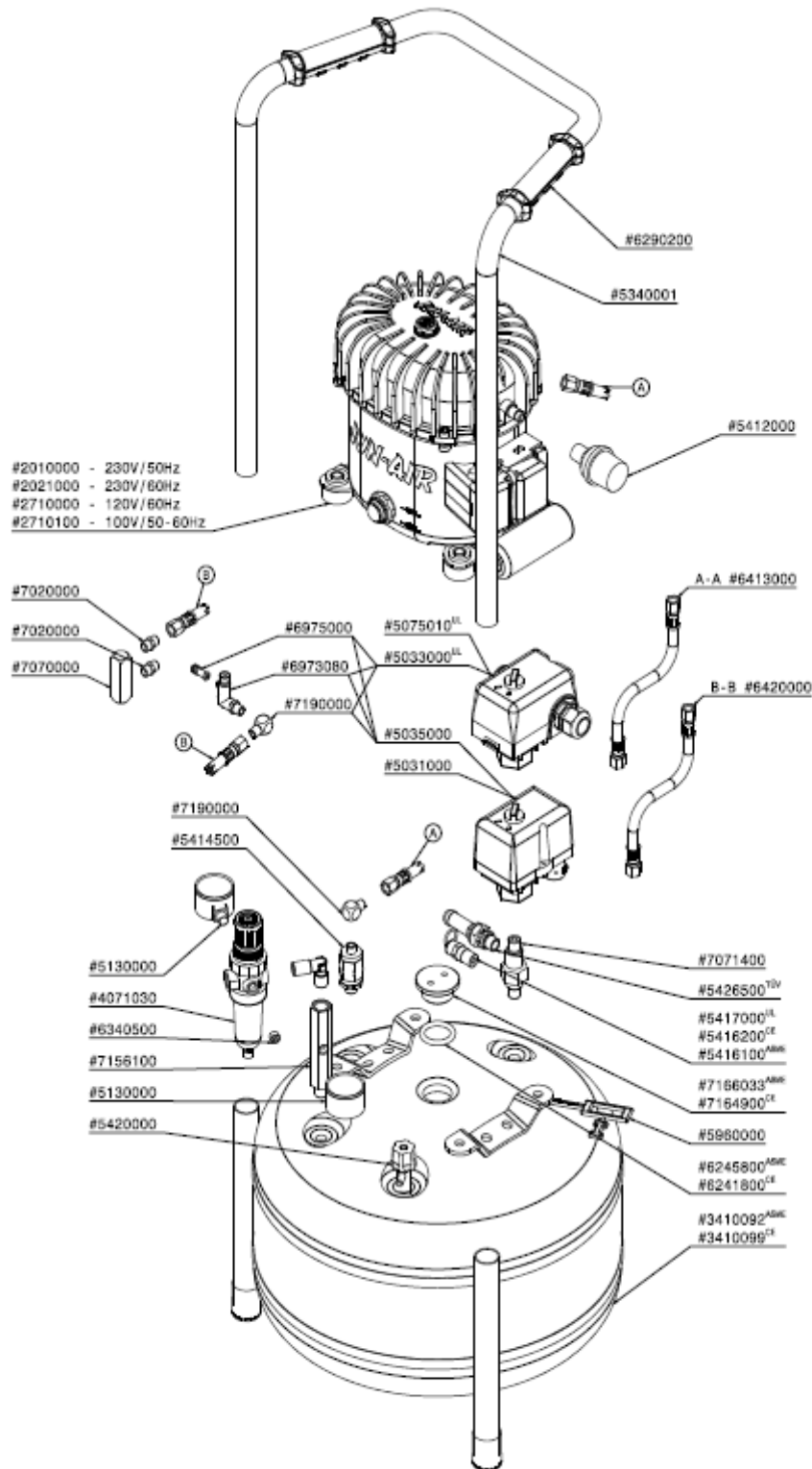
- a) Mucho contenido de condensado en el tanque. Vacíe el tanque por medio de la llave de purga. (fig. 6).
- b) Fugas. Ve punto 2c.

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Tanque de presión</b>    |   |
| <b>Presión probada a</b>    | 4-25 litros: <b>24 bar</b><br><br>40-50 litros: <b>18.3 bar</b>   |
| <b>Modo de empleo</b>       |   |
| Aplicación                  | Tanque para aire comprimido.  |
| Especificaciones del tanque | Mira la chapa.  |
| Instalación                 | Las tuberías se deben efectuar de materiales convenientes.  |
| Colocación                  | Observa la temperatura de funcionamiento.<br><br>Mantiene demasiado espacio por inspección/mantenimiento.<br><br>El tanque se debe poner en un lugar horizontal.  |
| Tratamiento anticorrosivo   | El tratamiento superficial se debe mantener según sea preciso.<br><br>Un examen visual se debe efectuar cada 5 años como mínimo.<br><br>Vacíe el agua condensada una vez por semana como mínimo.  |
| Construcción y reparación   | No suelde en las partes presurizadas.   |
| Válvula de seguridad        | Esa asegura que la PS no está excedida.<br><br>La válvula no se debe nunca ajustar a una presión más alta que la PS.<br><br>La capacidad de la válvula se debe calcular según la cantidad de aire que suministra el compresor.<br><br>(PS = la presión máxima del tanque) |

| Model                               |           |       | 3-4                | 6-4                | 6-15               | 6-25               |
|-------------------------------------|-----------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tank size                           | liter     |       | 4                  | 4                  | 15                 | 25                 |
|                                     | US gallon |       | 1,1                | 1,1                | 4,0                | 6,6                |
| Weight                              | kg        |       | 18                 | 23                 | 26                 | 29                 |
|                                     | lbs       |       | 40                 | 51                 | 57                 | 64                 |
| Dimensions (l x w x h)              | mm        |       | 384 x 333 x 342    | 384 x 333 x 342    | 378 x 378 x 485    | 378 x 378 x 555    |
|                                     | Inch      |       | 15.1 x 13.1 x 13.5 | 15.1 x 13.1 x 13.5 | 14.9 x 14.9 x 19.1 | 14.9 x 14.9 x 21.9 |
| Pumping time<br>(0-8 bar/0-120 psi) | @ 50 Hz   | sec.  | 160                | 60                 | 220                | 365                |
|                                     | @ 60 Hz   | sec.  | 135                | 50                 | 185                | 305                |
| Noise level @ 1 m                   | @ 50 Hz   | dB(a) | 35                 | 45                 | 45                 | 45                 |
|                                     | @ 60 Hz   | dB(a) | 35                 | 45                 | 45                 | 45                 |



Partes del modelo 6-25



0015450

Figuras

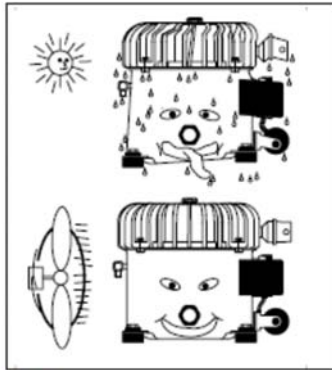


Fig. 1

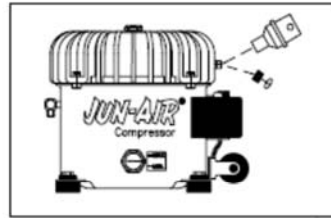


Fig. 2

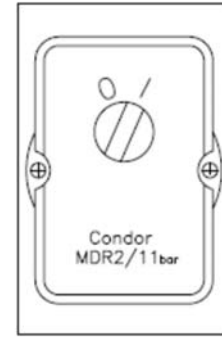


Fig. 3

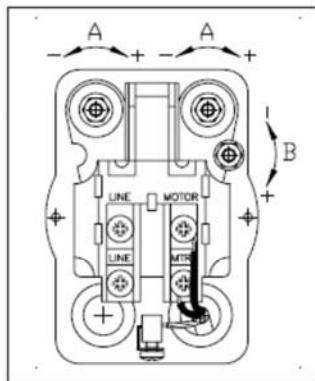


Fig. 4

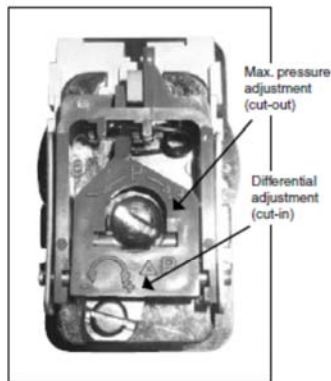


Fig. 4a

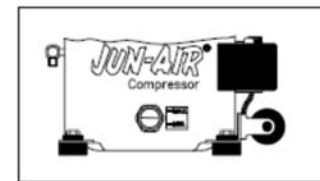


Fig. 5

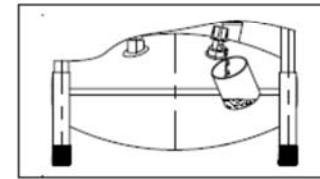


Fig. 6

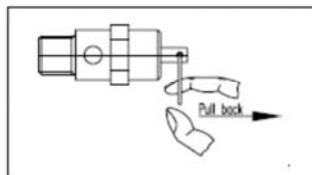


Fig. 7

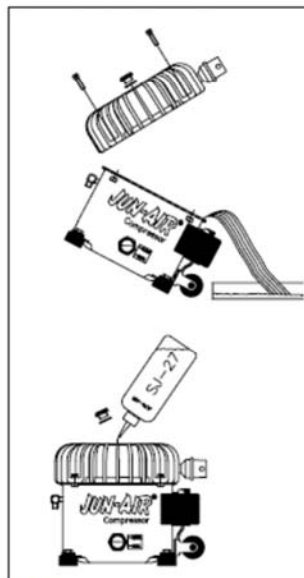


Fig. 8

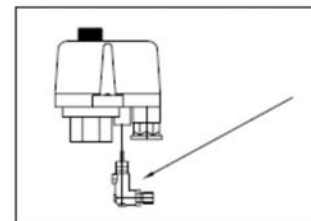


Fig. 9

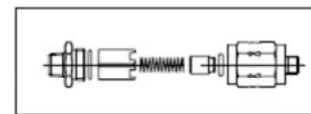


Fig. 10

**ANEXO III: MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DEL  
PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL LABORATORIO DE  
OLEOHIDRAULICA Y NEUMATICA**



**MANUAL DE ORGANIZACIÓN Y FUNCIONES DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL  
LABORATORIO DE OLEOHIDRAULICA Y NEUMATICA**

**INTRODUCCION**

Dentro del organigrama del PPIMMEM se tienen debajo de la dirección las jefaturas de los laboratorios y cada jefe tiene a su cargo a un técnico administrativo.

El personal administrativo del Laboratorio de Oleohidráulica y Neumática del PPIMMEM es el encargado de prestar servicios de orden técnico y administrativo a estudiantes y docentes del Programa Profesional de Ing. Mecánica, Mecánica – Eléctrica y Mecatrónica.

**FUNCIONES ESPECÍFICAS:**

- a) Mantener en estado operativo las computadoras del Laboratorio mencionado, realizando el mantenimiento respectivo cada fin de semestre, o en el tiempo que corresponda. Así como también de los demás equipos como impresoras, etc.
- b) Consolidar y tramitar los requerimientos para insumos como cartuchos de impresora, hojas bond y útiles de escritorio para la realización de trámites y así realizar una buena gestión.
- c) Llevar a cabo el Plan de mantenimiento de los equipos neumáticos, llenando los checklist y siguiendo la programación de inspecciones periódicas.
- d) Asistir a los jefes de prácticas durante las clases que se desarrollan dentro del Laboratorio, con el ordenamiento de las válvulas, mangueras, en sus respectivos lugares de la bandeja de componentes.
- e) Apoyar en el entrenamiento y selección de los equipos que representan a la Universidad en las Olimpiadas de Mecatrónica cada año.
- f) Mantener el laboratorio ordenado, en lo que se refiere a documentación, insumos, componentes neumáticos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos.
- g) Colaborar con las herramientas para los tesisistas que trabajen dentro del laboratorio, es decir en cuidar que no se pierdan dichas herramientas y asistir con conexiones eléctricas etc.
- h) Registrar los préstamos y devoluciones de equipos a los alumnos o docentes, de ser posible un registro de ingreso de personas al laboratorio.
- i) Participar en la organización e implementación de los eventos académicos organizados por el Programa.
- j) Apoyar en labores de inventario que realiza la oficina de contabilidad cada año.

#### ACCIONES QUE LO PUEDEN LLEVAR A SANCION:

- a) Reemplazar a los **Jefes de Prácticas** en el dictado de clases, calificación de exámenes, de tal manera que no se vea involucrado en las calificaciones de los alumnos.
- b) Cualquier tipo de cobro a los alumnos por cualquier motivo, evitando que existan comentarios negativos en su trabajo.
- c) No permanecer en su puesto de trabajo, salvo conocimiento del Jefe del laboratorio.

#### REQUISITOS

Profesional con conocimientos de neumática, hidráulica, electrónica, automatización, informática, buena presencia. Pudiendo ser de preferencia:

- Técnico en electrotecnia.
- Egresado de la carrera de Ing. Mecatrónica.

Que tenga otras habilidades opcionales como es iniciativa, superación, trabajo en equipo.

***Ing. Marcelo Jaime Quispe Ccachuco***

Coordinador del Lab. De Oleohidráulica y Neumática de la  
E. P. de Ing. Mecánica, Mecánica - Eléctrica y Mecatrónica