

## INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

# “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE FUNDAMENTOS DE MECATRÓNICA PARA ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL”

DOCENTE INVESTIGADORA:  
PROFA. TÉCNICO BERTHA MARGARITA  
PINEDA TORRES.

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

ENERO 2016



## INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

# “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE FUNDAMENTOS DE MECATRÓNICA PARA ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL”

DOCENTE INVESTIGADORA:  
PROFA. TÉCNICO BERTHA MARGARITA  
PINEDA TORRES.

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
ITCA-FEPADE CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

ENERO 2016

**Rectora**

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

**Vicerrector Académico**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrectora Técnica Administrativa**

Inga. Frineé Violeta Castillo

**Dirección de Investigación  
y Proyección Social**

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. David Emmanuel Agreda

Inga. Lorena Victoria Ramírez de Contreras

Sra. Edith Aracely Cardoza

**Director Centro Regional San Miguel**

Lic. Mario Alsides Vásquez Cruz

621.3028

P647d Pineda Torres, Bertha Margarita, 1984-

SV

Diseño e implementación de un laboratorio de fundamentos de mecatrónica para ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel / Bertha Margarita Pineda Torres. - 1ª ed. -- Santa Tecla, El Salv. : ITCA Editores, 2016.

50 p. : il. ; 28 cm.

ISBN : 978-99961-50-36-4

1. Ingeniería en mecatrónica. 2. Laboratorios – equipo y accesorios. 3. Laboratorios de electricidad. I. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE-. II. Título.

**Autora**

Profa. Tec. Bertha Margarita Pineda Torres

Tiraje: 12 ejemplares

Año 2016

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. El contenido de este Informe de Investigación no puede ser reproducido parcial o totalmente sin previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE  
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

TEL: (503)2132-7423

FAX: (503)2132-7599

---

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2.	ANTECEDENTES.....	5
2.2.1.	De la Institución.....	5
2.2.2.	De la Mecatrónica en la Industria.....	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	6
3.	OBJETIVOS.....	6
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	6
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
4.	HIPÓTESIS.....	7
5.	MARCO TEÓRICO.....	7
5.1.	LA MECATRÓNICA.....	7
5.1.1.	Campo ocupacional.....	8
5.2.	LA NEUMÁTICA.....	9
5.2.1.	Sistema Neumático.....	10
5.2.2.	El Compresor.....	10
5.3.	UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....	14
5.3.1.	Filtro.....	16
5.3.2.	Regulador de presión.....	17
5.3.3.	Lubricador.....	18
5.4.	MANÓMETRO.....	20
5.5.	SILENCIADORES.....	20
5.6.	ELEMENTOS DE CONTROL.....	21
5.6.1.	Válvulas Neumáticas.....	21
5.6.2.	La Electroválvula.....	23
5.7.	ACTUADORES O CILINDROS NEUMÁTICOS.....	26
5.7.1.	Actuadores lineales.....	26
5.8.	SÍMBOLOS BÁSICOS.....	29
6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
7.	RESULTADOS.....	37
8.	CONCLUSIONES.....	38
9.	RECOMENDACIONES.....	38
10.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	39
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
12.	ANEXOS.....	40
12.1.	PRESUPUESTO ESTIMADO.....	40
12.2.	AULA PARA CONSTRUCCIÓN DE LABORATORIO.....	43
12.3.	DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO.....	44
12.4.	PLANO GENERAL DEL AULA.....	45
12.5.	MÓDULO DE TRABAJO CON ELEMENTOS NEUMÁTICOS, ELECTRONEUMÁTICOS Y ELECTRÓNICOS.....	49
12.6.	MÓDULO DEMOSTRATIVO APLASTA LATAS.....	50

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación dio respuesta a la necesidad del sector productivo industrial de la zona oriental de contar con profesionales que tengan fundamentos y competencias técnicas en el área de la automatización de procesos. También dio respuesta a la necesidad que tiene la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE de contar con el equipamiento básico para dar esas competencias que los profesionales en el área eléctrica requieren para desempeñarse en el sector productivo, ya sea como empleados o como microempresarios.

En este documento se encuentra contenida la siguiente temática: El planteamiento del problema de la investigación en el cual se define de forma detallada la situación o problema a resolver, como es la falta de equipos para adquirir determinadas competencias en los estudiantes; Los antecedentes de la institución objeto de la investigación; La justificación del problema que responde a las preguntas del porqué de la investigación, quiénes son los beneficiarios directos e indirectos. Se plantea también la hipótesis, la cual constituye uno de los ejes principales de toda investigación. Está plasmada en ella la pregunta a la cual se le dará respuesta con el desarrollo del proyecto. En el marco teórico está plasmada la teoría base que fundamenta toda investigación, la cual se ha tomado como referencia para enriquecer y realzar el proyecto. En él se encuentran las simbologías que se aplicarán para los diagramas que se usarán en la ejecución. La metodología constituye el mapa a seguir, los lineamientos y procedimientos necesarios para alcanzar los resultados deseados con el proyecto. Se presenta la conclusión y recomendación que corresponden al cumplimiento de objetivos planteados. Se detalla el cronograma de actividades y demostración espacial del lugar donde se ejecutó el proyecto (aula para laboratorio); además, fotografías del momento de ejecución del proyecto; y diseños y fotografías del laboratorio terminado.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La tecnología que usa la Mecatrónica se considera en la actualidad innovadora por cuanto combina el uso de la mecánica, la electrónica y sistemas de control, cuya acción combinada eleva los niveles de eficiencia y eficacia en muchas ramas de la industria.

En la zona oriental del país las empresas industriales ha comenzado a dar saltos de calidad en diversos sentidos, entre ellos, en el uso de tecnologías que les permitan reducir los tiempos de producción y que esto no sacrifique la calidad del producto final y que no encarezca los costos de la producción. El crecimiento de las empresas industriales y su obligatoria incursión en las tecnologías modernas es de beneficio para la generación de empleo, por tanto, tiene una importancia vital en la actividad económica de la zona oriental del país; pero el uso de esta tecnología es limitado, por factores que van desde los elevados costos de los equipos, hasta la no existencia de la mano de obra calificada con las competencias y conocimientos necesarios. La mecatrónica encuentra entonces varios escollos en la zona oriental del país, que tienen implícito el retardo de las empresas industriales en la implementación de esta tecnología para sus procesos productivos.

La formación del Técnico en Ingeniería Eléctrica incluye en su currícula el aprendizaje de sistemas con

---

equipos que utilizan la tecnología mecatrónica, específicamente equipos de neumática. Ante esta necesidad, los alumnos se veían forzados a desplazarse a realizar pequeñas prácticas en la Sede Central, lo que conlleva un esfuerzo económico y una formación limitada de las competencias reales que demandan urgentemente las empresas de la mano de obra calificada.

## **2.2. ANTECEDENTES**

### **2.2.1. De la Institución**

A nivel nacional la tecnología mecatrónica ha tenido poco espacio en las universidades por ser un sistema novedoso en la industria que requiere de una alta inversión, con excepción de algunas instituciones de nivel superior como la Universidad Don Bosco y la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE en su Sede Central. Esta última ofrece una carrera especializada en mecatrónica e incorpora en la currícula de la carrera Técnico en Ingeniería Eléctrica módulos con componentes de esa disciplina; en la zona Oriental no existe ningún esfuerzo por parte de instituciones académicas para la apertura de estos espacios de enseñanza. Los esfuerzos en el ejercicio de enseñanza- aprendizaje corresponden al sector privado, que adquiere la tecnología y forma a sus cuadros de recursos humanos.

### **2.2.2. De la Mecatrónica en la Industria**

La mecatrónica tiene como antecedentes inmediatos en el área cibernética, la investigación realizada en 1936 por Alan Turing, y en 1948 por Norbert Wiener y Morthy, quienes crearon las máquinas de control numérico, desarrolladas inicialmente en 1946 por George Devol; además los manipuladores, ya sean teleoperados, en 1951 por Goertz, o robotizados, en 1954 por Devol; a ellos se suman los autómatas programables desarrollados por Bedford Associates en 1968.

En 1969, Tetsuro Mori, ingeniero de la empresa japonesa Yaskawa Electric Co., acuña el término mecatrónica, y en 1971 se le otorga el derecho de marca. En 1982 Yaskawa permite el libre uso del término.

En los años setenta, la mecatrónica se ocupó principalmente de la tecnología de servomecanismos usada en productos como puertas automáticas, máquinas automáticas de autoservicio y cámaras con "auto-focus". En este enfoque pronto se aplicaron métodos avanzados de control. En los años ochenta, cuando la tecnología de la información fue introducida, los ingenieros empezaron a incluir microprocesadores en los sistemas mecánicos para mejorar su desempeño. Las máquinas de control numérico y los robots se volvieron más compactos, mientras que las aplicaciones automotrices como los mandos electrónicos del motor y los sistemas anticerrado y frenado se hicieron extensas. Por los años noventa, se agregó la tecnología de comunicaciones, creando productos que podían conectarse en amplias redes. Este avance hizo posibles funciones como la operación remota de manipuladores robóticos. Al mismo tiempo, se están usando novedosos microsensores y microactuadores en nuevos productos. Los sistemas microelectromecánicos como los diminutos acelerómetros de silicio que activan las bolsas de aire de los automóviles.

---

## **2.3. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, como centro de estudios técnicos superiores, el ITCA FEPADE está graduando más técnicos que en años anteriores y mejorando su currícula para que éstos adquieran las competencias que la industria demanda hoy en día. Con la creación de estos módulos, se crea una base sólida de conocimiento a nivel teórico y práctico que facilitará el conocimiento en el área de mecatrónica.

Lo anterior garantiza, no solo un salto de calidad en la transferencia de conocimientos que como institución realiza hacia sus estudiantes, sino que además favorece el desarrollo técnico en la zona oriental del país, lo que impacta positivamente en la economía local y en la mejora de los índices de desarrollo, al formar profesionales con sólidos conocimientos para el mantenimiento preventivo de sistemas mecatrónicos y para integrarse con facilidad a un ambiente laboral.

La investigación dio como resultado el diseño e implementación de un laboratorio novedoso y funcional, con seis módulos que contienen los componentes necesarios que emplea la tecnología mecatrónica, específicamente equipos de neumática, los cuales servirán para la transferencia de conocimientos prácticos a 17 estudiantes simultáneamente. Con la creación de estos módulos, los estudiantes adquirirán un conocimiento más amplio sobre el funcionamiento y uso de esta tecnología, lo que por hoy es una meta lejana de alcanzar, por la falta de estos recursos didácticos.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un laboratorio novedoso y funcional que incluye elementos mecatrónicos como equipo de neumática para el desarrollo de prácticas de los estudiantes de la Escuela de Eléctrica y Electrónica.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Realizar consultas bibliográficas en libros, periódicos y revistas y otras publicaciones de carácter científico y procesar con eficacia la información contenida en las fuentes, para lograr la aprehensión y producción de conocimientos válidos y confiables.
2. Dimensionar un laboratorio novedoso y funcional que garantice las condiciones óptimas para la instalación y uso de elementos mecatrónicos para propósitos didácticos, por medio del cálculo de los valores necesarios para la instalación de alimentación de aire comprimido, tubería de distribución, además de la distribución eléctrica y dispositivos.
3. Instalación adecuada de los elementos neumáticos y eléctricos dentro del laboratorio y construcción y prueba de módulos de fundamentos de mecatrónica.
4. Implementación del laboratorio de fundamentos de mecatrónica.



## 4. HIPÓTESIS

¿Mejorará las competencias en los estudiantes el diseño e implementación de un laboratorio novedoso y funcional de fundamentos de mecatrónica para el desarrollo de prácticas en la Escuela de Eléctrica y Electrónica para la regional ITCA-FEPADE San Miguel?

## 5. MARCO TEÓRICO

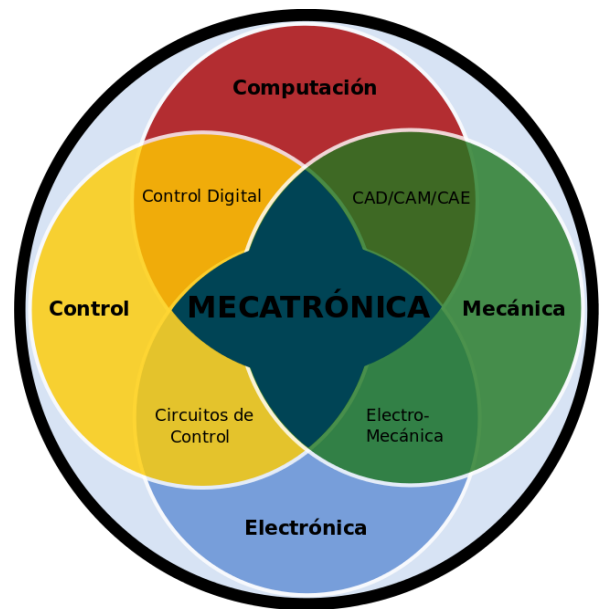
### 5.1. LA MECATRÓNICA

Un consenso común es describir a la mecatrónica como una disciplina integradora de las áreas de mecánica, electrónica e informática cuyo objetivo es proporcionar mejores productos, procesos y sistemas. La mecatrónica no es, por tanto, una nueva rama de la ingeniería, sino un concepto recientemente desarrollado que enfatiza la necesidad de integración y de una interacción intensiva entre diferentes áreas de la ingeniería.

Con base en lo anterior, se puede hacer referencia a la definición propuesta por J.A. Rietdijk: "*Mecatrónica es la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica, del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos*", la cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos en la industria mecánica principalmente.

Existen, claro está, otras versiones de esta definición, pero ésta claramente enfatiza que la mecatrónica está dirigida a las aplicaciones y al diseño. Por otro lado, más allá de las cuestiones técnicas, la mecatrónica también se ha adoptado como una disciplina científica aplicada, en la cual se hace modelado, análisis, síntesis y control de sistemas de naturaleza multidominio y se ha tratado de homogeneizar la ciencia para este tipo de sistemas. Algunos ejemplos de aspectos teóricos cuyo objeto de estudio son los sistemas mecatrónicos desde un enfoque abstracto son el modelado por "bond graph", los sistemas hamiltonianos con puertos, las técnicas de control basadas en la energía como es el moldeo de energía, el diseño óptimo de estructura y control, y más recientemente a un grado más de integración como son los sistemas híbridos.

La mecatrónica nace para suplir tres necesidades latentes; la primera, encaminada a automatizar la maquinaria y lograr así procesos productivos ágiles y confiables; la segunda crear productos inteligentes, que respondan a las necesidades del mundo moderno; y la tercera, por cierto muy importante, armonizar entre los componentes mecánicos y electrónicos de las máquinas, ya que en muchas ocasiones, era casi imposible lograr que tanto mecánica como electrónica manejaran los mismos términos y procesos para hacer o reparar equipos.



---

Su principal objetivo es cubrir ciertas necesidades como:

- Automatizar la maquinaria: así se consigue que sea ágil, productiva y fiable.
- Creación de productos inteligentes: que sobre todo responden a las necesidades del ser humano.
- Que haya armonía entre componentes mecánicos y electrónicos (hasta ahora la mecánica y la electrónica no manejaban los mismo términos lo que dificultaba los procesos de fabricación o reparación de diferentes equipos).

Entre los aspectos más relevantes de la mecatrónica podemos mencionar a los sensores y transductores de todo tipo, el acondicionamiento de señales, los sistemas de presentación de datos, los sistemas neumáticos e hidráulico, los componentes de actuación mecánica y accionamiento eléctrico, los modelos de sistemas básicos, las respuestas dinámicas de sistemas, los controladores de lazo cerrado, la lógica digital, la tecnología de desarrollo de microprocesadores, el lenguaje ensamblador, los controladores de lógica programable, entre muchos campos más.

Las principales industrias que utilizan la mecatrónica son:

- Empresas de la Industria de la Automatización: empresas que utilizan sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales.
- Empresas de la Industria de Manufactura Flexible: aquellas que se dedican a fabricar sistemas o componentes eléctricos o electrónicos de forma automática.

Por tanto, la Mecatrónica puede aplicarse a muchos campos, desde la medicina hasta la minería, pasando por la industria farmacéutica, industria mecánica, automovilística, textil, comunicaciones, alimentación, comercio y un largo etcétera.

La fabricación de productos como Robots, Automóviles, órganos humanos biónicos, naves aeroespaciales, aviones, entre otros, están basados ya en esta disciplina.

### 5.1.1. Campo ocupacional

El campo ocupacional actual en mecatrónica está en empresas de la industria automotriz, manufacturera, petroquímica, metal-mecánica, alimentos y electromecánica, realizando sobre todo actividades de diseño, manufactura, programación de componentes y sistemas industriales y equipo especializado, así como en la promoción y activación de empresas de servicios profesionales.

**Automatización:** en la gran mayoría de las empresas del sector industrial, comercial y de servicios donde se utiliza con mayor incidencia los medios electrónicos y de automatización, ejerciendo la profesión en empresas de tipo minera, manufactura, electricidad, comercio, comunicaciones y servicios; asimismo, por cuenta propia puede desarrollar la actividad profesional en gestión de empresas, ejecutando libremente servicios específicos requeridos por los clientes.

**Manufactura flexible:** empresas dedicadas a la fabricación de sistemas y componentes eléctricos o electrónicos. Empresas dedicadas a integrar proyectos de automatización de procesos. Área de mantenimiento de sistemas automatizados en industrias químicas, farmacéuticas, transformación de la madera, metal mecánica, automotriz, textil y de la confección, proceso de alimentos, sector eléctrico, empresas dedicadas a proporcionar servicios generales especializados.

---

## 5.2. LA NEUMÁTICA

Los usuarios a menudo eligen una tecnología de accionamiento –neumática o eléctrica– de forma apresurada y basándose únicamente en su experiencia. Éstos ejercen una fuerza sobre los elementos de control que ejercen mando sobre los sistemas actuadores. Para el caso, se aplicará un accionamiento con la fuerza Neumática.

Una de las aportaciones a la automatización de los procesos industriales más recientes ha venido de la mano de la neumática y la hidráulica. Pero ¿Qué es la Neumática? La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. Los procesos consisten en incrementar la presión de aire y a través de la energía acumulada sobre los elementos del circuito neumático (por ejemplo los cilindros) y efectuar un trabajo útil.

Los circuitos neumáticos básicos están formados por una serie de elementos que tienen la función de la creación de aire comprimido, su distribución y control para efectuar un trabajo útil por medio de unos actuadores llamados cilindros. Claro está que la neumática como tal tiene sus ventajas pero también tiene sus desventajas.

### *Ventajas de la Neumática:*

- El aire se puede obtener fácilmente y es abundante en la tierra.
- El aire no es explosivo, por lo tanto no hay riesgo de chispas.
- Los elementos del circuito neumático pueden trabajar a velocidades bastante altas y se pueden regular fácilmente.
- El trabajo con aire no daña los componentes del circuito por ejemplo por golpe de ariete.
- Los cambios de temperaturas no afectan de forma significativa en el trabajo.
- Energía limpia
- Se pueden hacer cambios de sentido de forma instantánea.

### *Desventajas de la Neumática:*

- Si el circuito es muy largo se producen pérdidas de carga considerables.
- Para poder recuperar el aire previamente utilizado se necesitan
- Instalaciones especiales.
- Las presiones a las que se trabaja habitualmente no permiten obtener grandes fuerzas y cargas.
- Bastante ruido al descargar a la atmósfera el aire utilizado.

## 5.2.1. Sistema Neumático

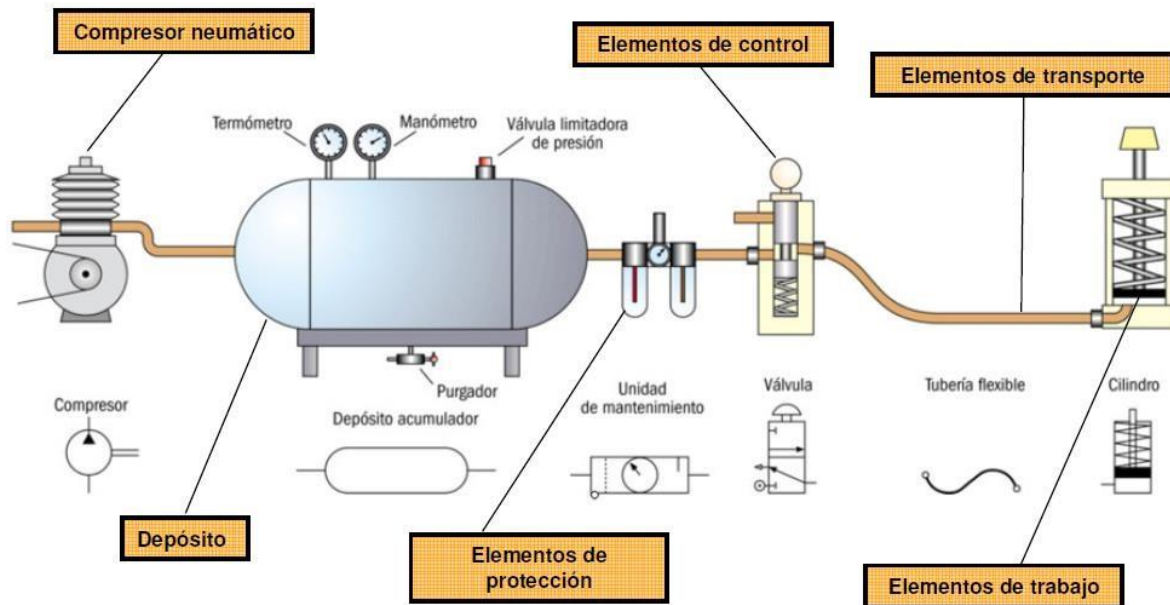


FIGURA 1. SISTEMA NEUMÁTICO

## 5.2.2. El Compresor

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión de aire al valor de trabajo deseado y lo acumulan en depósitos. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. Entonces no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada uno de los consumidores. El aire comprimido viene de la estación compresora o del depósito y llega a las instalaciones a través de tuberías

*Tipos de compresores:*

a) Compresor de émbolo o de pistón.

Es el compresor más habitual en las industrias ya que es barato y robusto. Por otro lado, necesita lubricación para su funcionamiento y produce elevado calentamiento del aire. Se puede utilizar tanto para equipos estacionarios como móviles, en una gran variedad de tamaños. Los más grandes pueden llegar a entregar caudales superiores a los 500 m<sup>3</sup>/min. Las presiones suelen alcanzar los 7 bares.

Su principio de funcionamiento es sencillo. El eje desplaza a un émbolo con movimientos alternativos. En la fase de aspiración, el aire llena la cavidad del pistón. En la fase de compresión, al desplazarse el émbolo hacia arriba, reduce el volumen del gas y lo impulsa hacia la línea de distribución.

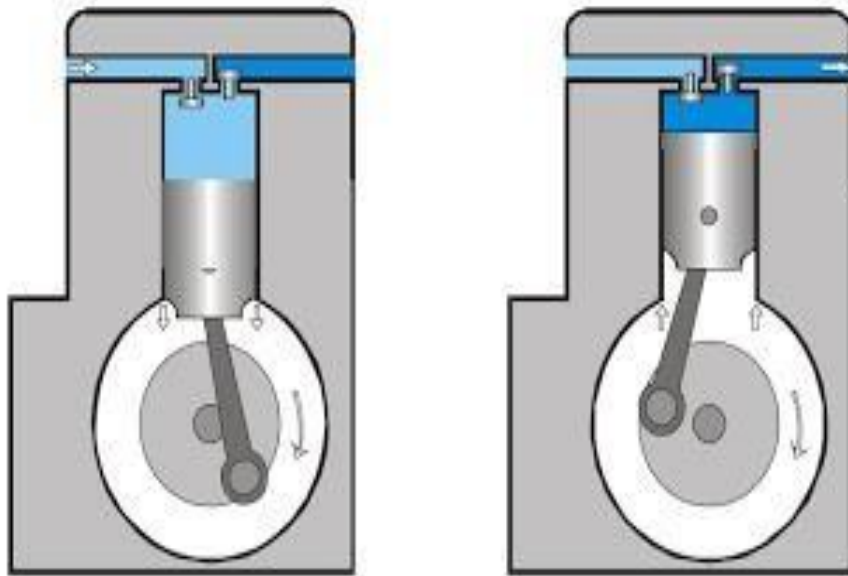


FIGURA 2. COMPRESOR DE ÉMBOLO O DE PISTÓN.

b) Compresor de membrana.

Su funcionamiento es similar a los de émbolo. Una membrana se interpone entre el aire y el pistón, de forma que se aumenta su superficie útil y evita que el aceite de lubricación entre en contacto con el aire. Estos compresores proporcionan aire limpio, por lo que son adecuados para trabajar en industrias químicas o alimentarias.

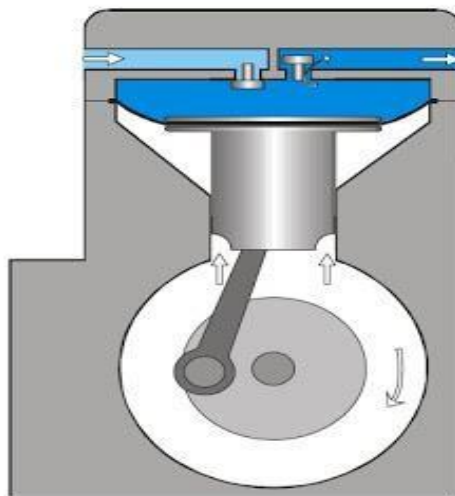


FIGURA 3. COMPRESOR DE MEMBRANA.

c) Compresor de paletas

Estos compresores están constituidos por un rotor excéntrico que gira dentro de un cárter cilíndrico. Este rotor está provisto de aletas que se adaptan a las paredes del cárter, comprimiendo el aire que se introduce en la celda de máximo.

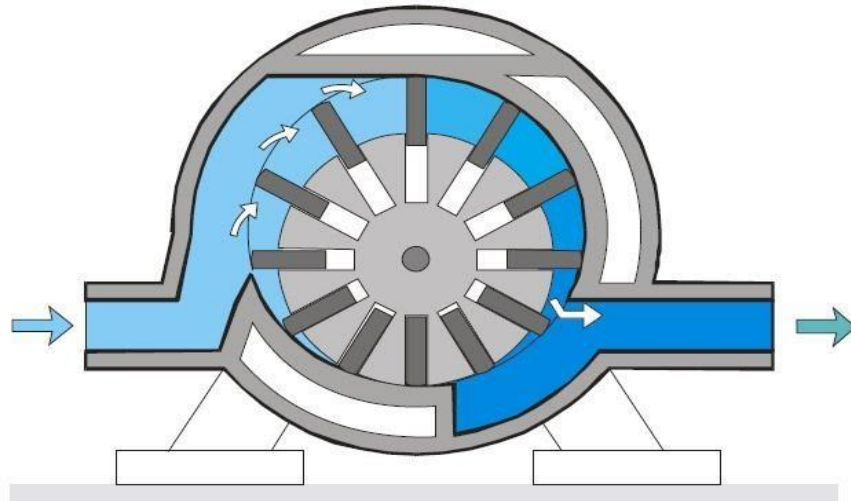


FIGURA 4. COMPRESOR DE PALETAS.

d) Compresor tipo Roots.

Su principio de funcionamiento se basa en aspirar aire e introducirlo en una cámara que disminuye su volumen. Está compuesto por dos rotores, cada uno de los álabes, con una forma de sección parecida a la de un ocho. Los rotores están conectados por dos ruedas dentadas y giran a la misma velocidad en sentido contrario, produciendo un efecto de bombeo y compresión del aire de forma conjunta como lo muestra la figura.

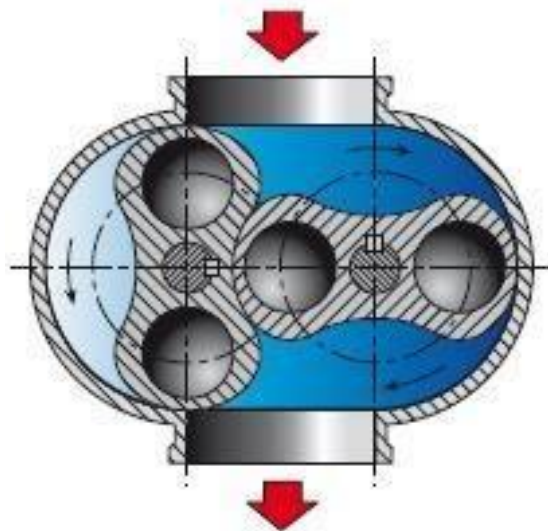


FIGURA 5. COMPRESOR TIPO ROOTS.

e) Compresor de tornillo.

Funcionan mediante dos rotores helicoidales paralelos, que giran en un cárter en sentidos contrarios e impulsan el aire de forma continua. El rotor macho, conectado al motor, arrastra al rotor hembra como consecuencia del contacto de sus superficies, sin ningún engranaje auxiliar. El volumen libre entre ellos disminuye comprimiendo el aire.

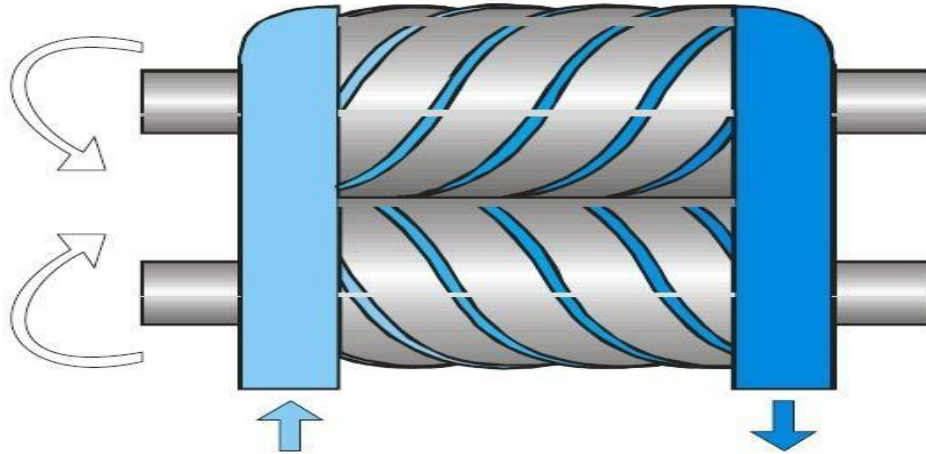


FIGURA 6. COMPRESOR DE TORNILLO.

f) Compresor radial.

Se basa en el principio de la compresión de aire por fuerza centrífuga y constan de un rotor centrífugo que gira dentro de una cámara espiral, tomando aire en sentido axial y arrojándolo a gran velocidad en sentido radial. La fuerza centrífuga que actúa sobre el aire lo comprime contra la cámara de compresión.

Pueden ser de una o varias etapas de compresión consecutivas, alcanzándose presiones de 8-12 bares y caudales entre 10.000 y 20.000m<sup>3</sup>/h. Son máquinas de alta velocidad, siendo esta un factor fundamental en el funcionamiento ya que está basado en principios dinámicos, siendo la velocidad de rotación del orden de las 15.000 a 20.000 r.p.m.

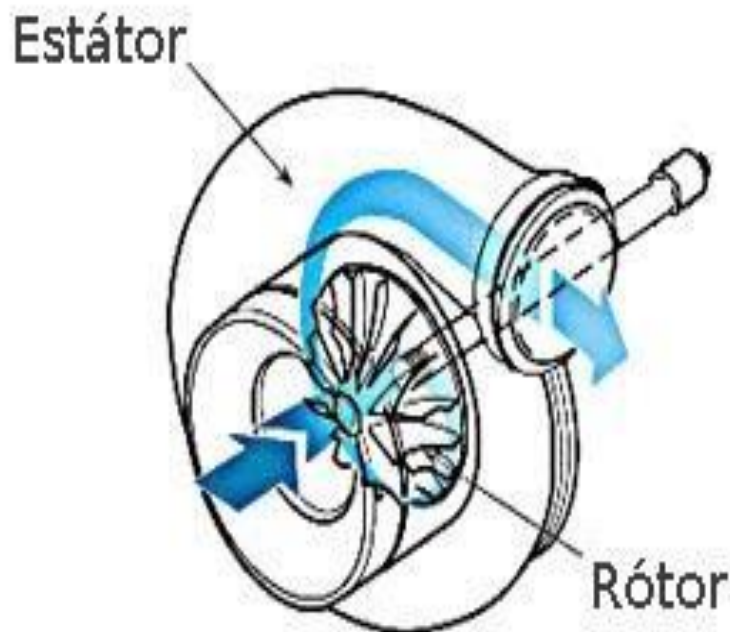


FIGURA 7. COMPRESOR RADIAL.

---

### 5.3. UNIDAD DE MANTENIMIENTO



FIGURA 8. UNIDAD DE MANTENIMIENTO

A continuación se explican las características y funcionamiento de los FRL (filtro, regulador y lubricador). Los compresores aspiran aire húmedo y sus filtros de aspiración no pueden modificar esto, ni eliminar totalmente las partículas contenidas en el aire atmosférico del lugar donde esté situado el propio compresor. La durabilidad y seguridad de funcionamiento de una instalación neumática dependen en buena forma del acondicionamiento del aire:

- La suciedad del aire comprimido (óxidos, polvo), las partículas líquidas contenidas en el aire, causan un gran deterioro en las instalaciones neumáticas y en todos sus componentes, provocando desgastes exagerados y prematuros en superficies deslizantes, ejes, vástagos, juntas, etc., reduciendo la duración de los distintos elementos de la instalación.
- Las conexiones y desconexiones del compresor o compresores, generan oscilaciones en la presión, que impiden un funcionamiento estable de la instalación, de los actuadores, etc.

Para evitar este tipo de problemas, se recomienda emplear las UNIDADES DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICO las cuales son una combinación de los elementos que se describen a continuación:

- Filtro de aire comprimido
- Regulador de presión
- Lubricador de aire comprimido

Pero para esto se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- El caudal total de aire en m<sup>3</sup>/h es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.
- La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad.
- La temperatura no deberá ser tampoco superior a 50 °C (valores máximos para recipiente de plástico).



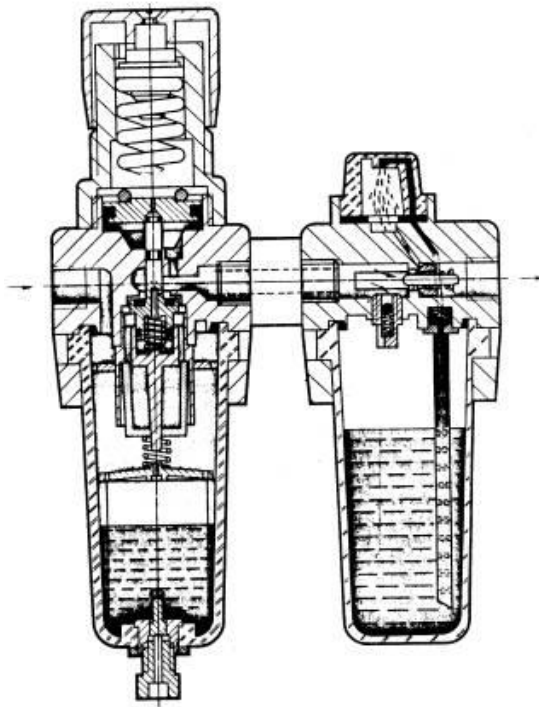


FIGURA 9. UNIDAD DE MANTENIMIENTO.

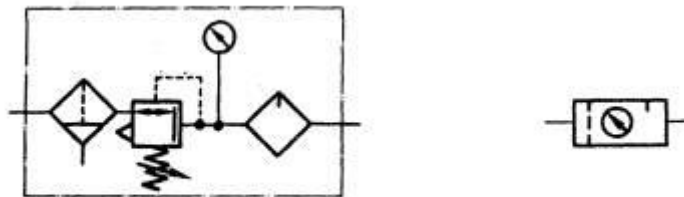


FIGURA 10. SIMBOLOGÍA DE UNIDAD DE MANTENIMIENTO.

### *Conservación de las unidades de mantenimiento*

Es necesario efectuar, en intervalos regulares, los trabajos siguientes de conservación:

- **FILTRO:** Debe examinarse periódicamente el nivel de agua condensada, porque no debe sobrepasar la altura indicada en la mirilla de control. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Asimismo debe limpiarse el cartucho filtrante.
- **REGULADOR:** Cuando está precedido de un filtro, no requiere ningún mantenimiento.
- **LUBRICADOR:** Verificar el nivel de aceite en la mirilla y, si es necesario, suplirlo hasta el nivel permitido. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con tricloroetileno. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales.

La unidad de mantenimiento debe elegirse cuidadosamente según el consumo de la instalación. Si no se pospone un depósito, hay que considerar el consumo máximo por unidad de tiempo.

### 5.3.1. Filtro

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

El filtro tiene por misión:

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

En la figura (Fig. 11) se muestra el camino del aire a través del filtro, primero para entrar, en el recipiente (1), el aire comprimido tiene que atravesar la chapa deflectora (2) provista de ranuras directrices. Como consecuencia se somete a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por el efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente.

En el filtro sintetizado (4) (ancho medio de poros, 40 mm.) sigue la depuración del aire comprimido.

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

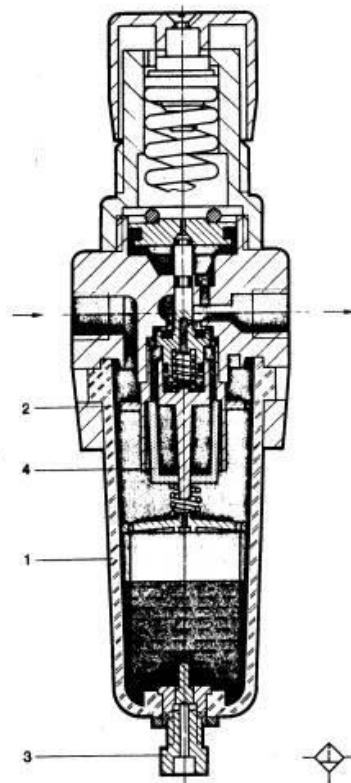


FIG. 11. CAMINO DEL AIRE A TRAVÉS DEL FILTRO.

Los filtros se fabrican en diferentes modelos y deben tener drenajes accionados manualmente, semiautomática o automáticamente. Los depósitos deben construirse de material irrompible y transparente. Generalmente pueden limpiarse con cualquier detergente. Generalmente trabajan siguiendo el siguiente proceso: El aire entra en el depósito a través de un deflector direccional, que le obliga a fluir en forma de remolino. Consecuentemente, la fuerza centrífuga creada arroja las partículas líquidas contra la pared del vaso y éstas se deslizan hacia la parte inferior del mismo, depositándose en la zona de calma. La pantalla separadora evita que con las turbulencias del aire retornen las condensaciones. El aire continúa su trayecto hacia la línea pasando a través del elemento filtrante que retiene las impurezas sólidas. Al abrir el grifo son expulsadas al exterior las partículas líquidas y sólidas en suspensión. El agua no debe pasar del nivel marcado que normalmente traen los elementos, puesto que en la zona turbulenta el agua sería de nuevo arrastrada por el aire. La condensación acumulada en la parte inferior del recipiente (1) se deberá vaciar antes de que alcance la altura máxima admisible, a través del tornillo de purga (3). Si la cantidad que se condensa es grande, conviene montar una purga automática de agua.

### 5.3.2. Regulador de presión

Definición: El regulador tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria.

#### *Regulador con orificio de escape.*

La presión es regulada por (Fig. 12) la membrana (1), que es sometida, por un lado, a la presión de trabajo, y por el otro a la fuerza de un resorte (2), ajustable por medio de un tornillo (3). A medida que la presión de trabajo aumenta, la membrana actúa contra la fuerza del muelle. La sección de paso en el asiento de válvula (4) disminuye hasta que la válvula cierra el paso por completo. En otros términos, la presión es regulada por el caudal que circula. Al tomar aire, la presión de trabajo disminuye y el muelle abre la válvula. La regulación de la presión de salida ajustada consiste, pues, en la apertura y cierre constantes de la válvula. Al objeto de evitar oscilaciones, encima del platillo de válvula (6) hay dispuesto un amortiguador neumático o de muelle (5). La presión de trabajo se visualiza en un manómetro. Cuando la presión secundaria aumenta demasiado, la membrana es empujada contra el muelle. Entonces se abre el orificio de escape en la parte central de la membrana y el aire puede salir a la atmósfera por los orificios de escape existentes en la caja.

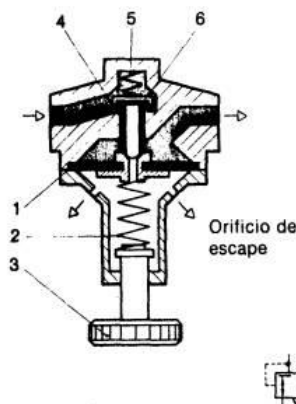


FIGURA 12. REGULADOR DE PRESIÓN CON ORIFICIO DE ESCAPE

### Regulador de presión sin orificio de escape

En el comercio se encuentran válvulas de regulación de presión sin orificio de escape. Con estas válvulas no es posible evacuar el aire comprimido que se encuentra en las tuberías. En la figura (Fig. 13) se muestra que por medio del tornillo de ajuste (2) se pretensa el muelle (8) solidario a la membrana (3). Según el ajuste del muelle (8), se abre más o menos el paso del lado primario al secundario. El vástago (6) con la membrana (5) se separa más o menos del asiento de junta. Si no se toma aire comprimido del lado secundario, la presión aumenta y empuja la membrana (3) venciendo la fuerza del muelle (8). El muelle (7) empuja el vástago hacia abajo, y en el asiento se cierra el paso de aire. Sólo después de haber tomado aire del lado secundario, puede afluir de nuevo aire comprimido del lado primario.

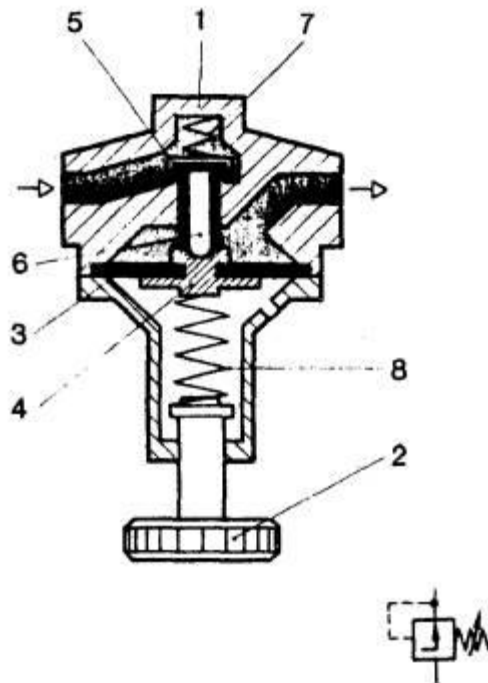


FIGURA 13. REGULADOR DE PRESIÓN SIN ORIFICIO DE ESCAPE

### 5.3.3. Lubricador

Definición: El lubricador tiene la misión de lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente. El lubricante previene un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión. Son aparatos que regulan y controlan la mezcla de aire-aceite. Los aceites que se emplean deben:

- Muy fluidos
- Contener aditivos antioxidantes
- Contener aditivos antiespumantes
- No perjudicar los materiales de las juntas
- Tener una viscosidad poco variable trabajando entre 20 y 50° C
- No pueden emplearse aceites vegetales (Forman espuma)

Los lubricadores trabajan generalmente según el principio "Venturi". La diferencia de presión (caída de presión) entre la presión reinante antes de la tobera y la presión en el lugar más estrecho de ésta se emplea para aspirar líquido (aceite) de un depósito y mezclarlo con el aire. (Fig. 14)

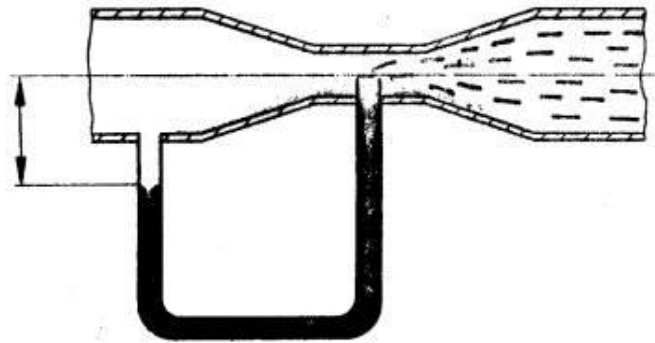


FIGURA 14. LUBRICADOR.

El lubricador no trabaja hasta que la velocidad del flujo es suficientemente grande. Si se consume poco aire, la velocidad de flujo en la tobera no alcanza para producir una depresión suficiente y aspirar el aceite del depósito. Por eso, hay que observar los valores de flujo que indique el fabricante.

En la figura siguiente se muestra, como el aire comprimido atraviesa el aceitador desde la entrada (1) hasta la salida (2). Por el estrechamiento de sección en la válvula (5), se produce una caída de presión. En el canal (8) y en la cámara de goteo (7) se produce una depresión (efecto de succión). A través del canal (6) y del tubo elevador (4) se aspiran gotas de aceite. Estas llegan, a través de la cámara de goteo (7) y del canal (8) hasta el aire comprimido, que fluye hacia la salida (2). Las gotas de aceite son pulverizadas por el aire comprimido y llegan en este estado hasta el consumidor. La sección de flujo varía según la cantidad de aire que pasa y varía la caída de presión, o sea, varía la cantidad de aceite. En la parte superior del tubo elevador (4) se puede realizar otro ajuste de la cantidad de aceite, por medio de un tornillo.

Una determinada cantidad de aceite ejerce presión sobre el aceite que le encuentra en el depósito, a través de la válvula de retención (3).

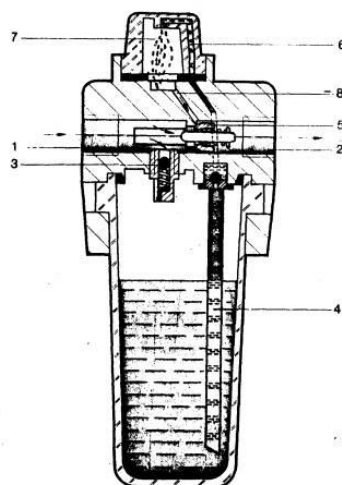


FIGURA 15. COMO EL AIRE COMPRIMIDO ATRAVIESA EL ACEITADOR.

---

## 5.4. MANÓMETRO

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el sistema internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newton por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional. Cuando los manómetros deben indicar fluctuaciones rápidas de presión se suelen utilizar sensores piezoeléctricos o electrostáticos que proporcionan una respuesta instantánea. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los manómetros miden la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica local, entonces hay que sumar ésta última al valor indicado por el manómetro para hallar la presión absoluta. Cuando se obtiene una medida negativa en el manómetro es debida a un vacío parcial.



FIGURA 16. MANÓMETRO

### *Manómetro diferencial*

Un manómetro diferencial es un dispositivo que mide la diferencia de presión entre dos lugares. Los manómetros diferenciales pueden variar desde los más simples que pueden construirse en casa hasta un equipo digital complejo. Los manómetros diferenciales tienen una amplia gama de usos en diferentes disciplinas. Un ejemplo es que pueden ser utilizados para medir la dinámica del flujo de aire mediante la comparación de la presión en diferentes puntos de la tubería.

## 5.5. SILENCIADORES.

Los silenciadores neumáticos pueden reducir efectivamente el ruido del equipo neumático. Los silenciadores están diseñados para brindar un equilibrio óptimo entre la reducción del ruido y la presión inversa aceptable en el sistema neumático. Los silenciadores de plástico poroso ofrecen numerosas ventajas sobre los silenciadores acústicos de metal, incluyendo un peso significativamente menor, resistencia mejorada a la corrosión, capacidad para filtrar partículas y aerosoles, durabilidad, velocidad de montaje y rentabilidad. Los silenciadores también están diseñados con un adaptador roscado sólido integrado para garantizar un fácil montaje en el equipo neumático.



FIGURA 17. SILENCIADOR

## 5.6. ELEMENTOS DE CONTROL

En los principios de la automatización, los elementos rediseñados se mandan manual o mecánicamente. Cuando por necesidades de trabajo se precisaba efectuar el mando a distancia, se utilizan elementos de comando por símbolo neumático. Actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando procedimientos servo-neumáticos, electro-neumáticos y automáticos que efectúan en su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales. La gran evolución de la neumática y la hidráulica han hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que nos permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades. Hay veces que el comando se realiza manualmente, y otras nos obliga a recurrir a la electricidad (para automatizar) por razones diversas, sobre todo cuando las distancias son importantes y no existen circunstancias adversas.

Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- Distribuir el fluido
- Regular caudal
- Regular presión

### 5.6.1. Válvulas Neumáticas

Son los componentes de un sistema neumático, que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire hacia los otros elementos integrantes, desde la fuente de presión.

Las válvulas neumáticas se dividen, para su estudio, en 4 grupos:

- Válvulas direccionales
- Válvulas de bloqueo
- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas reguladoras de presión. Válvulas direccionales.

En los circuitos hidráulicos las válvulas de control direccional llamadas válvulas de vías o válvulas direccionales son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección u otra,

permitiendo o bloqueando el paso de aire, tanto con presión o al tanque. (fig. 2.0) Los tipos de válvulas de control direccional que nos podemos encontrar son los siguientes:

**Válvula direccional 2/2:** En este caso la válvula en una posición une las dos vías y en la otra posición las separa.

**Válvula direccional 3/2:** Tiene dos posiciones y tres vías donde una de ellas va al actuador, normalmente un cilindro de simple efecto o actuador que tiene un retorno mecánico, normalmente por muelle y las otras dos vías van al tanque y a la presión haciendo que en una posición el aceite o aire, dependiendo si el circuito es hidráulico o neumático, vaya al actuador presión y en la otra posición retorne del actuador al tanque, etc.



FIGURA 18. VÁLVULA DIRECCIONAL. VÁLVULA DE BLOQUEO.

Las válvulas de bloqueo cortan el paso del aire comprimido. En ellas se bloquea un solo sentido de paso, de forma que el otro sentido queda libre. Las válvulas de bloqueo se suelen construir de forma que el aire comprimido actúa sobre la pieza de bloqueo y así refuerza el efecto cierre.



FIGURA 19. VÁLVULA DE BLOQUEO

### *Válvula Anti retorno*

Libera el paso en un sentido y bloquea el paso en el sentido contrario. Cuando la fuerza del aire a presión es superior a la tensión previa del muelle, el obturador se levanta de su asiento y deja pasar el aire comprimido. En el sentido contrario, la presión afianza la posición del obturador, sumando su fuerza a la ya existente del muelle.

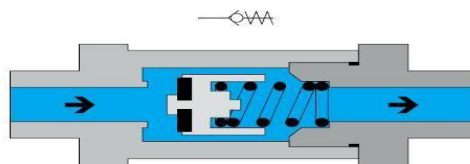


FIGURA 20. VÁLVULA ANTI RETORNO



### Válvula Anti retorno Pilotada

Si la presión en la conexión 1 es mayor que la de la salida 2, la válvula de anti retorno permite la circulación libre del aire. Funciona del mismo modo que la válvula anti retorno simple. Pero además, la válvula puede desbloquearse por la línea de pilotaje 12, liberando el obturador, permitiendo el paso del aire en la dirección 2-1.

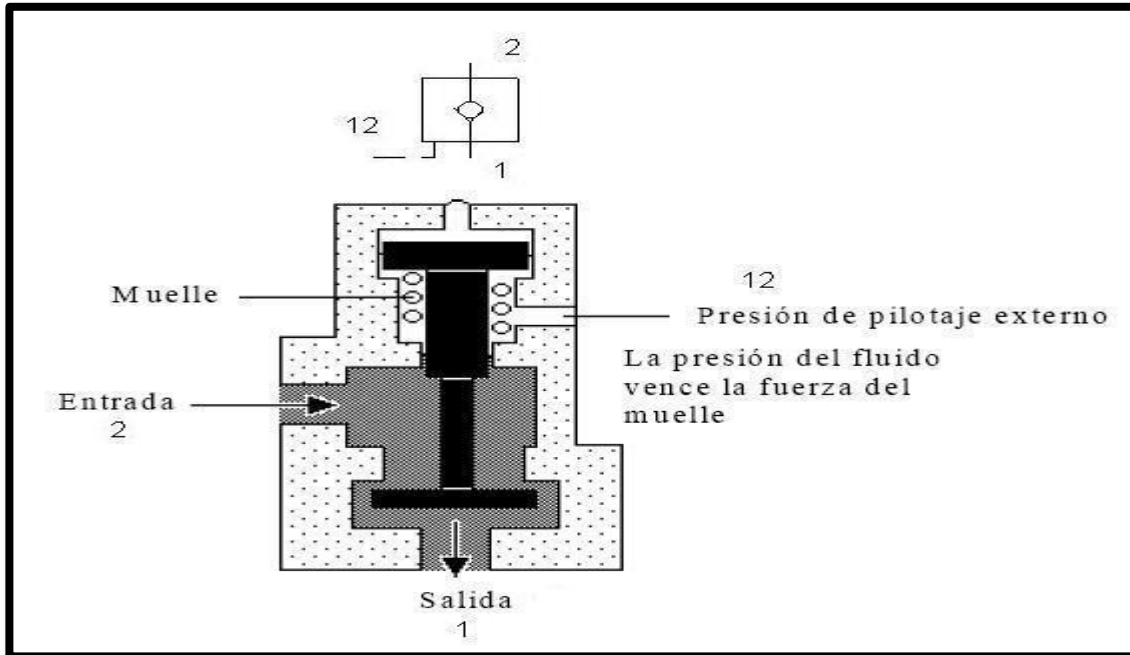


FIGURA 21. VÁLVULA ANTI RETORNO PILOTADA

### 5.6.2. La Electroválvula

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos. No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, en las que un motor acciona el mecanismo de la válvula, y permiten otras posiciones intermedias entre todo y nada. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula dando la energía necesaria para su movimiento. También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso de corriente y cierra con el siguiente. Estas tienen dos contactos eléctricos, de modo que al cambiar de posición la válvula abre uno de ellos y cierra el otro.

#### *Electroválvulas sencillas*

Las electroválvulas de tipo directo pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación. Es decir, en el primer

caso la válvula se mantiene cerrada por la acción de un muelle y el solenoide la abre venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula está abierta. Las normalmente abiertas, funcionan al revés. Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

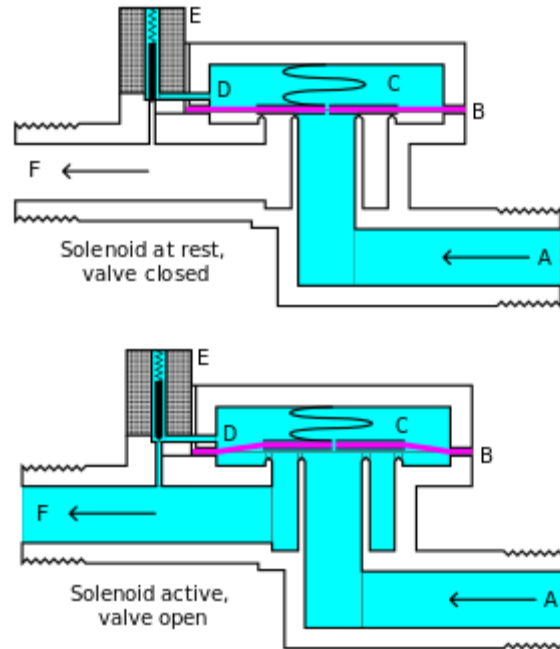


FIGURA 22. ELECTROVÁLVULAS.

### *Electroválvulas asistidas*

- A-Entrada
- B- Diafragma
- C- Cámara de presión
- D- Conducto de vaciado de presión
- E- Solenoide
- F- Salida.



FIGURA 23. ASPECTO FÍSICO DE ELECTROVÁLVULAS

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido. En la parte superior vemos la válvula cerrada. El agua bajo presión entra por A. B es un diafragma elástico y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza débil. El diafragma tiene un diminuto orificio, de menos diámetro que el del conducto D, en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de agua. Esto hace que el agua llene la cavidad C y que su presión sea igual en ambos lados del diafragma, pero un poco mayor en la parte superior, debido al empuje del muelle, por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada.

Mientras, el conducto D está cerrado por el núcleo del solenoide E al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el agua desde la cavidad C hacia la salida; como el caudal que puede pasar por D, al ser mayor su sección, es mayor que el que pasa por el orificio del diafragma, disminuye la presión en C y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada A a la salida F de la válvula. Esta es la situación representada en la parte inferior de la figura.

Si se vuelve a desactivar el solenoide se vuelve a bloquear el conducto D, se equilibran las presiones del agua en los dos compartimentos y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar ya que la fuerza principal la hace la presión del propio fluido en la cavidad C.

De esta explicación se deduce que este tipo de válvula depende para su funcionamiento de que haya mayor presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla. Por esta razón se emplean principalmente en sistemas en que la salida (F) tiene salida directa a un lugar a presión atmosférica.

### *Electroválvulas de tres vías*

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas, en una válvula de tres vías. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas que tienen calefacción y preparación de agua caliente sanitaria lo que permite permutar el calentamiento de uno u otro sistema alternativamente utilizando una sola bomba de circulación.

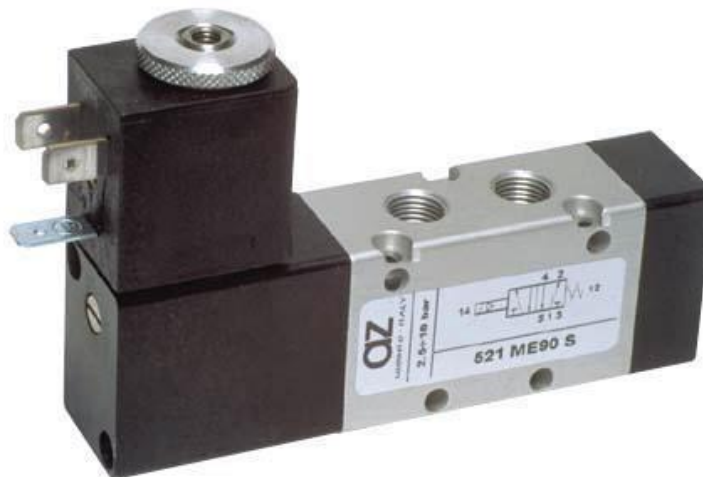


FIGURA 24. ELECTROVÁLVULAS DE CINCO VÍAS.

En los calentadores de agua circulante, el agua se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas; pero en los calentadores por acumulación esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y debe hacerlo aunque no haya circulación. Normalmente se utiliza un válvula solenoide, mandada por un termostato que, cuando detecta una temperatura por debajo de la de consigna (normalmente 60°C), desvía el agua caliente, destinada a la calefacción, por un intercambiador dispuesto en el depósito de agua caliente sanitaria y cuando el termostato determina que el agua ha llegado a la temperatura de acumulación, corta la corriente de la válvula, que vuelve a su posición de reposo, devolviendo el flujo de agua caliente al sistema de calefacción.



FIGURA 25. ELECTROVÁLVULAS

## 5.7. ACTUADORES O CILINDROS NEUMÁTICOS.

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

### 5.7.1. Actuadores lineales

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales

- Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.
- Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Más adelante se describen una gama variada de cilindros con sus correspondientes símbolos.

### *Cilindros 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”.

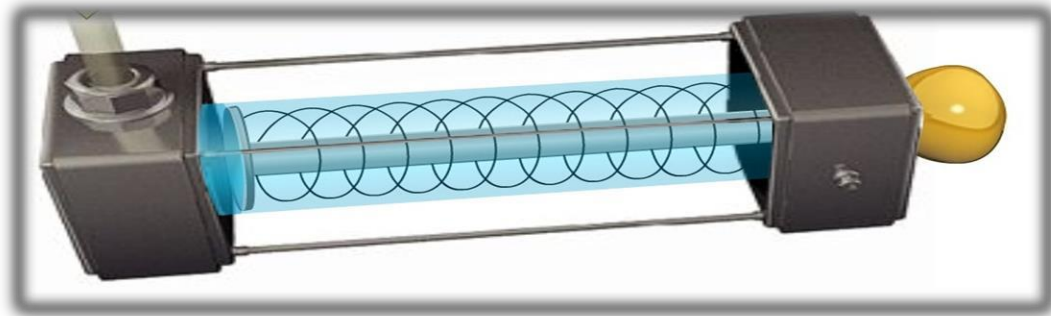


FIGURA 26. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.

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.

### *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 (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido.

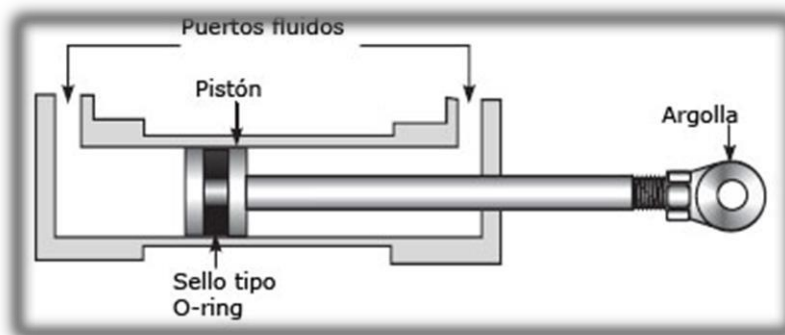


FIGURA 27. CILINDRO DOBLE EFECTO.

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. Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa. No debemos olvidar que estos actuadores consumen prácticamente el doble que los de simple efecto, al necesitar inyección de aire comprimido para producir tanto la carrera de avance como la de retroceso por la válvula de control asociada (disposiciones de 4 ó 5 vías con 2 ó 3 posiciones).

### *Cilindros de doble vástago.*

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante. Por eso, este cilindro puede absorber también cargas laterales pequeñas. Los emisores de señales, pueden disponerse en el lado libre del vástago.

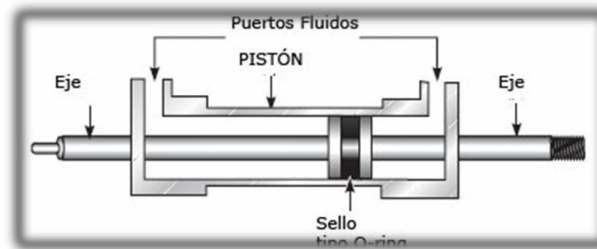


FIGURA 28. CILINDRO DE DOBLE VÁSTAGO.

La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales), al igual que sucede con la velocidad de desplazamiento. Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado y es importante recordar el equilibrio entre fuerzas y velocidad de lo que puede considerarse como “teóricos” avances y retornos de vástago. Evidentemente, para cumplirse esta corrección de desfases los diámetros de los vástagos han de ser iguales. La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales), al igual que sucede con la velocidad de desplazamiento. Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado y es importante recordar el equilibrio entre fuerzas y velocidad de lo que puede considerarse como “teóricos” avances y retornos de vástago.




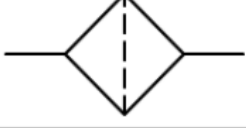
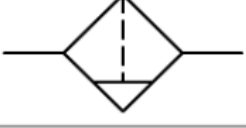
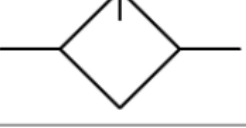

Evidentemente, para cumplirse esta corrección de desfases los diámetros de los vástagos han de ser iguales.

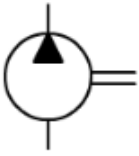
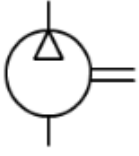

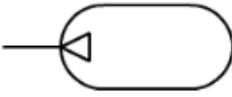
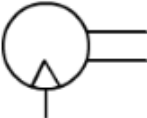
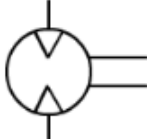
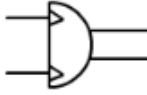


FIGURA 29. CILINDROS NEUMÁTICOS.

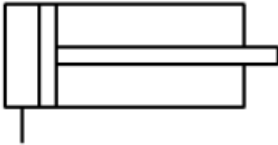
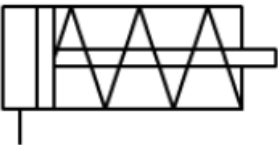
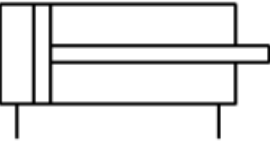
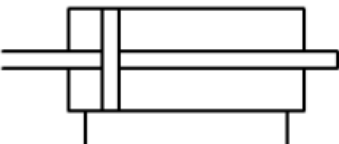
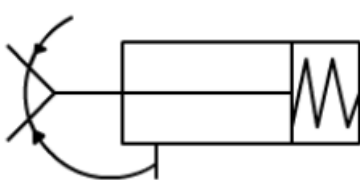
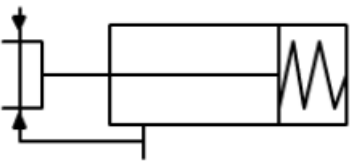
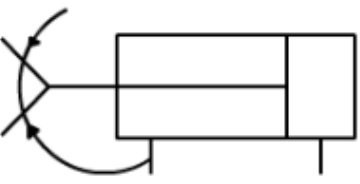
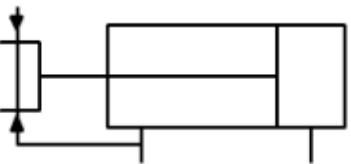
### 5.8. SÍMBOLOS BÁSICOS.

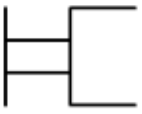
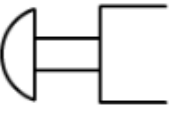

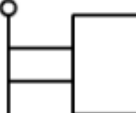

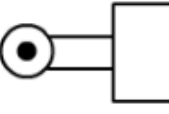
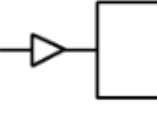
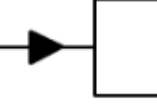
La norma UNE-101 149 86, se encarga de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos. La norma establece las reglas de representación de las válvulas así como su designación. Los símbolos más utilizados son los siguientes:

Medición y mantenimiento	
Símbolo	Descripción
	Manómetro.
	Termómetro.
	Indicador óptico. Indicador neumático.
	Filtro.
	Filtro con drenador de condensado, vaciado manual.
	Lubricador.
	Unidad de mantenimiento, filtro, regulador, lubricador. Gráfico simplificado.

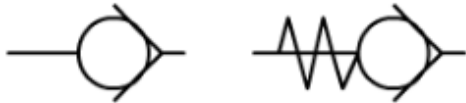
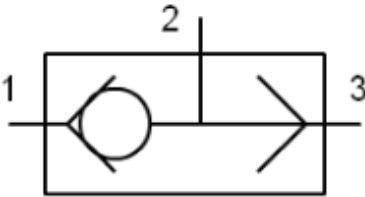
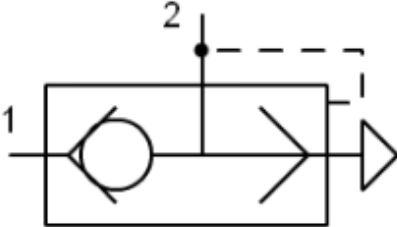
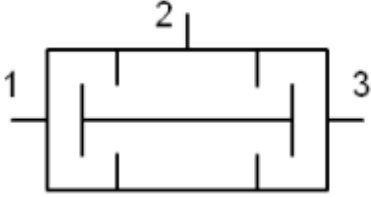
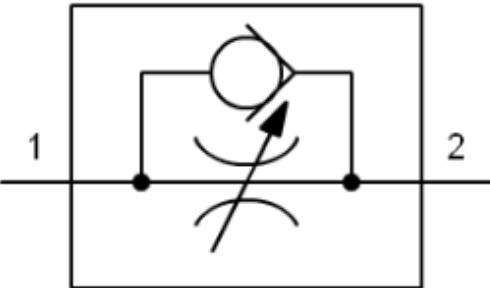
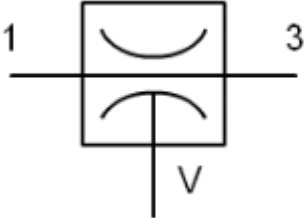
Bombas, compresores y motores	
Símbolo	Descripción
	Bomba hidráulica de flujo unidireccional.
	Compresor para aire comprimido.
	Depósito hidráulico.
	Depósito neumático.
	Motor neumático 1 sentido de giro.
	Motor neumático 2 sentidos de giro.
	Cilindro basculante 2 sentidos de giro.



Mecanismos (actuadores)	
Símbolo	Descripción
	Cilindro de simple efecto, retorno por esfuerzos externos.
	Cilindro de simple efecto, retorno por muelle.
	Cilindro de doble efecto, vástago simple.
	Cilindro de doble efecto, doble vástago.
	Pinza de apertura angular de simple efecto.
	Pinza de apertura paralela de simple efecto.
	Pinza de apertura angular de doble efecto.
	Pinza de apertura paralela de doble efecto.

Accionamientos	
Símbolo	Descripción
	Mando manual en general, pulsador.
	Botón pulsador, seta, control manual.
	Mando con bloqueo, control manual.
	Mando por palanca, control manual.
	Muelle, control mecánico.
	Rodillo palpador, control mecánico.
	Presurizado neumático.
	Presurizado hidráulico.

Válvulas direccionales	
Símbolo	Descripción
	Válvula 3/2 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 4/2.
	Válvula 4/2.
	Válvula 5/2.
	Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada.
	Válvula 5/3 en posición de escape.

Válvulas de control	
Símbolo	Descripción
	Válvula de bloqueo (anti retorno).
	Válvula O (OR). Selector.
	Válvula de escape rápido. Válvula anti retorno.
	Válvula Y (AND).
	Válvula estranguladora unidireccional. Válvula anti retorno de regulación regulable en un sentido.
	Eyector de vacío. Válvula de soplado de vacío.

## 6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En esta Investigación se llevaron a cabo las siguientes actividades metodológicas para cumplir con los objetivos planteados.

OBJETIVO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR	META	RESPONSABLE
<p><b>Objetivo 1</b></p> <p>Consultas bibliográficas en libros, periódicos y revistas y otras publicaciones de carácter científico y procesar con eficacia la información contenida en las fuentes, para lograr la aprehensión y producción de conocimientos válidos y confiables.</p>	<p><b>Actividad 1:</b> Investigación Bibliográfica</p> <p>Antecedentes, estado actual de tecnología mecatrónica, sus componentes, ventajas y desventajas.</p>	<p>Conocer el estado actual de la ciencia mecatrónica y su aplicación en la industria.</p>	<p>Profa. Tec. Margarita Pineda</p>
<p><b>Objetivo 2</b></p> <p>Dimensionamiento de un laboratorio novedoso y funcional que garantiza las condiciones óptimas para la utilización de elementos mecatrónicos para propósitos didácticos, por medio del cálculo de los valores necesarios para la instalación de alimentación de aire comprimido, tubería de distribución, además de la distribución eléctrica y dispositivos.</p>	<p><b>Actividad 1:</b> Análisis y Diseño</p> <p>Diseño de alimentación y distribución neumática en toda la infraestructura, número de módulos de mecatrónica, tipos y cantidad de elementos para los módulos.</p> <p><b>Actividad 2:</b> Diseño de alimentación y distribución eléctrica y dispositivos electroneumáticos de módulos mecatrónicos.</p> <p><b>Actividad 3:</b> Selección de infraestructura y distribución espacial interna de laboratorio novedoso y funcional de fundamentos de mecatrónica para el desarrollo de las prácticas.</p>	<p>Obtener cálculos de la alimentación y distribución tanto neumática como eléctrica para que los módulos de mecatrónica trabajen de manera óptima.</p>	<p>Profa. Tec. Margarita Pineda</p> <p>Estudiantes investigadores eléctrica</p>

OBJETIVO	ACTIVIDADES A DESARROLLAR	META	RESPONSABLE
<p><b>Objetivo3</b></p> <p>Aplicación de los cálculos para la selección adecuada de la alimentación y la distribución de aire comprimido y distribución eléctrica en el interior del laboratorio</p>	<p><b>Actividad 1:</b> Presupuesto de Materiales y Equipo</p> <p>Aplicación de los cálculos para la selección adecuada de la alimentación y distribución de aire comprimido y eléctrico, además de equipo para la construcción de módulos.</p>	<p>Con los datos obtenidos en el análisis y diseño, elegir los materiales adecuados según la necesidad.</p>	<p>Profa. Tec. Margarita Pineda</p> <p>Estudiantes investigadores eléctrica</p>
<p><b>Objetivo 4</b></p> <p>Instalación adecuada de los elementos neumáticos y eléctricos dentro del laboratorio y construcción y prueba de módulos de fundamentos de mecatrónica.</p>	<p><b>Actividad 1:</b> Ejecución de proyecto</p> <p>Adquisición e instalación de la alimentación neumática y materiales para la instalación de su distribución.</p> <p><b>Actividad 2:</b> Adquisición e instalación de la distribución eléctrica de los módulos.</p> <p><b>Actividad 3:</b> Adquisición de materiales y construcción de módulos de mecatrónica.</p> <p><b>Actividad 4:</b> Realizar 15 guías prácticas que ayuden al estudiante de Tec. en Ing. Eléctrica a alcanzar las competencias del área según plan de estudios 2015.</p>	<p>Instalación de todos los elementos y prueba de todos los dispositivos.</p> <p>Diseño de prácticas de fundamentos de mecatrónica basadas en el plan de estudio 2015.</p>	<p>Profa. Tec. Margarita Pineda</p> <p>Estudiantes investigadores Eléctrica</p>
<p><b>Objetivo 5</b></p> <p>Implementación del laboratorio de fundamentos de mecatrónica.</p>	<p><b>Actividad 1:</b></p> <p>Implementación de laboratorio novedoso y funcional de fundamentos de mecatrónica para el desarrollo de prácticas de los estudiantes de la Escuela de Eléctrica y Electrónica.</p>	<p>Poner en funcionamiento el laboratorio de fundamentos de mecatrónica siguiendo las guías prácticas previamente diseñadas.</p>	<p>Profa. Tec. Margarita Pineda</p> <p>Estudiantes investigadores eléctrica</p>

---

## 7. RESULTADOS

El proyecto incluye el diseño del laboratorio, incluidos los planos de distribución óptima, para la selección adecuada de la alimentación y la distribución neumática y eléctrica; los módulos didácticos con los dispositivos, lo cual permitió aprovechar al máximo los espacios disponibles.

La implementación del proyecto permitirá desarrollar las prácticas y conocer las características técnicas de los dispositivos para los sistemas mecatrónicos, alcanzando a realizar el 100% de las prácticas que establece el módulo en el plan de estudios y adicionalmente las horas suplementarias que se necesiten para consolidar las competencias. Lo anterior, podría beneficiar a 170 estudiantes del Técnico en Ingeniería Eléctrica de ITCA Regional San Miguel y de forma indirecta a las empresas y la sociedad de la Zona Oriental de El Salvador.

Se logró un laboratorio novedoso y funcional que ayuda a los estudiantes a desarrollar conocimientos y competencias sobre sistemas mecatrónicos que están revolucionando en la industria salvadoreña, para ser competentes en el mantenimiento preventivo de éstos.

El laboratorio construido contiene los siguientes componentes:

Seis módulos de trabajo en donde se realizarán 15 prácticas para el desarrollo de las capacidades y competencias de los estudiantes de Técnico en Ingeniería eléctrica de ITCA – FEPADE Regional San Miguel; con éste módulo se preparará al estudiante para realizar el mantenimiento preventivo de sistemas mecatrónicos considerando las especificaciones del fabricante, higiene, seguridad y protección ambiental.

Dos módulos demostrativos; uno de ellos es el sistema de aplasta latas que simula los sistemas industriales de gran escala en donde enlazan los sistemas neumáticos con los electroneumáticos y los electrónicos para controlar o activar la realización de una tarea en específica, éste módulo demostrativo está controlado por un interruptor central que se maneja con electricidad, el mismo que controla que pasa por una electroválvula y es el aire total que entra al sistema, cuando éste interruptor está apagado no hay paso de aire en ningún punto del sistema aplasta lata, se enciende con el mismo interruptor el circuito sensor de aplauso que activa la acción de aplastar las latas.

Un módulo demostrativo que presentamos es el selector de plástico, construido con 9 mini relés industriales y 3 temporizadores industriales, equipo electroneumático, magnético y sensores infrarojos; que detecta botellas plásticas y latas cuando pasan por un conducto y que al final del recorrido están dos cilindros que actúan de acuerdo a lo que los sensores han detectado, dependiendo el material, plástico o lata, así se dirige dicho material para su depósito adecuado; éste sistema también tiene un sistema de detección de fallas, si algún elemento, ya sea botella o lata se atasca en el conducto, el sistema reacciona con una alarma de que algo está atascado.

Como parte de la ambientación del aula se pintó completamente con pintura de agua color hueso y pintura de aceite color rojo óxido, se barnizaron los acabados de madera de las paredes, se pintaron los balcones de las ventanas con pintura negra anticorrosiva y se limpiaron los vidrios de las ventanas.

Se construyó una caseta para resguardar el compresor que alimenta las tuberías de aire, techo de duralita reforzado con hierro, estructura de caseta y puerta de hierro envuelta de una malla metálica para dar mayor seguridad al equipo, puerta cerrada con pasador y asegurada con un candado grande.

---

## 8. CONCLUSIONES

- Se realizaron consultas bibliográficas en libros, periódicos y revistas y otras publicaciones de carácter científico y procesó con eficacia la información contenida en las fuentes, para lograr la aprehensión y producción de conocimientos válidos y confiables.
- Se cumplió con el dimensionamiento de un laboratorio novedoso y funcional que garantiza las condiciones óptimas para la utilización de elementos mecatrónicos para propósitos didácticos, por medio del cálculo de los valores necesarios para la instalación de alimentación de aire comprimido, tubería de distribución, además de la distribución eléctrica y dispositivos.
- Se instaló adecuadamente los elementos neumáticos y eléctricos en los módulos dentro del laboratorio y prueba de los mismos.
- Se implementó el laboratorio de fundamentos de mecatrónica con dos módulos más de los que al principio del proyecto se habían planteado (cuatro módulos de trabajo y dos demostrativos, planteados al principio).
- Se logró construir, con pocos recursos, un laboratorio novedoso de fundamentos de mecatrónica, el cual contiene elementos neumáticos, electroneumáticos, eléctricos y electrónicos, que lo ubican en un nivel superior a un laboratorio básico de neumática, pero inferior a un laboratorio completo de mecatrónica de alta tecnología, lo que lo hace funcional para el aprendizaje de fundamentos de mecatrónica.
- Se aprueba la hipótesis planteada en la investigación, en el sentido que se demostró en el período de diseño y pruebas del mismo, que los estudiantes investigadores al involucrarse en el diseño y montaje de los módulos mejoraron sustancialmente sus competencias en el área de la neumática y automatización; a la misma vez que el diseño de los manuales de las 15 prácticas han servido en gran parte para desarrollar mantenimientos básicos en los sistemas mecatrónicos.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se utilicen adecuadamente los módulos con orientación del instructor encargado para evitar manipulación errónea que pueda dañar los equipos.
- Además se recomienda no alimentar los dispositivos electrónicos con voltajes más altos de 12v porque podrían dañarse.
- Al igual que algunas electroválvulas se recomienda verificar el voltaje de trabajo pues hay con voltajes de trabajo de 110v y 24v, al confundir los voltajes pueden dañarse, por eso se pide respetar las conexiones ya realizadas en cada módulo que está en base al voltaje de cada electroválvula.
- Para encender y apagar el compresor se debe realizar en la alimentación de la caja térmica con el dado térmico del compresor.
- No insertar cualquier tipo de objetos de punta en las conexiones de las acometidas neumáticas, se podría dañar el terminal.
- El circuito electrónico del módulo demostrativo aplasta latas debe de dejarse con la regulación



---

inicial, no debe de estarse cambiando, pues tiene la calibración necesaria para el buen funcionamiento del circuito.

- Se le piden a los estudiantes estar dentro del laboratorio solo bajo supervisión del instructor encargado y no ingerir bebidas ni alimentos dentro de él.
- También solicitamos que los estudiantes no trabajen en los módulos sin tener vestimenta de seguridad (camisa de laboratorio, guantes y lentes protectores), al igual que el instructor.
- Otra recomendación es presionar bien las mangueras que se conectarán para evitar que la presión del aire las haga balancearse y golpear la cara de un estudiante.

## 10. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Actuador:** Aparato que transforma una fuente de energía en otra. Actuador con retorno por resorte: Aparato con un elemento de resorte capaz de devolver el sistema a su posición normal en ausencia de potencia eléctrica o neumática.

**Alimentación eléctrica:** Existen dos sistemas, corriente continua y corriente alterna.

**Amperio (Amp):** Unidad de medida de la corriente eléctrica. Amplificador: Aparato que amplifica la posición del eje del actuador. Control: Dispositivo que acciona el actuador en respuesta a un cambio en el proceso.

**Corriente:** flujo de electrones a través de un circuito eléctrico.

**Neumático:** Aire comprimido utilizado para el control de aparatos que emplean aire limpio y seco.

**Válvula de acción directa:** El caudal es controlado directamente por el émbolo y el resorte en el circuito magnético de una válvula selenoide. Válvula de dos vías: Válvula que tiene un solo orificio que puede estar normalmente abierto o normalmente cerrado.

**Válvula de tres vías:** Válvula con dos orificios y tres puertos. Un orificio siempre está abierto cuando el otro está cerrado y un puerto está siempre abierto a uno de los otros dos puertos. El caudal se controla abriendo o cerrando cualquiera de los dos orificios.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NEUMÁTICA E HIDRÁULICA Autor: Antonio Creus Solé  
Impreso en España D.L.: B-18764-2007

NEUMÁTICA BÁSICA  
Autor: Luis Giovany Berrios y Sandra Ochoa Gómez

CIRCUITOS BÁSICOS DE NEUMÁTICA Autor: Miguel Carulla

<http://www.sapiensman.com/neumatica/>

<http://www.rincondelvago.com/instalaciones-electroneumaticas.html>

## 12.ANEXOS

### 12.1. PRESUPUESTO ESTIMADO

Unidad	Descripción de Artículo	Cantidad	Precio Cotizado	Total
c/u	Cilindro simple efecto diámetro 20mm carrera 25mm contraído	14	\$ 76.840	\$ 1,075.76
c/u	Cilindro neumático 20x100	7	\$ 100.570	\$703.99
c/u	Compresor de aire 60 lts 220v 5hp	1	\$665.570	\$665.57
c/u	Válvula mecánica serie vm130 3/2 conector de 1/8 accionamiento estándar 17.4317	24	\$ 20.340	\$488.16
c/u	Filtro regulador de línea de rosca 3/8 Npt drenaje manual serie 40 grado de filtración 5 micrones s/ manómetro 99.8278	6	\$ 67.800	\$406.80
c/u	Válvula mecánica 3/2 puertos de 1/8 Npt serie 430 con palanca de 2 posiciones. 65.6466	6	\$ 56.500	\$339.00
c/u	Metros de manguera poliuretano 1/4" azul solido	100	\$ 0.600	\$60.00
c/u	Metros de manguera poliuretano 3/8" azul solido 2.1932	100	\$ 1.700	\$170.00
c/u	Filtro regulador conex presión 1/4 P0-160	9	\$ 28.000	\$252.00
plg	Plywood pino b/c c 1/2" 4x8 c.a.	10	\$ 23.900	\$239.00
c/u	Válvula mecánica serie vm130 3/2 conector de 1/8 accionamiento de rodillo metálico(vm-01As) 30.0333	6	\$ 39.550	\$237.30
c/u	Racor recto rosca universal 1/8 x 1/4 tubo	90	\$ 1.600	\$144.00
c/u	Racor recto tipo unión de 1/4 tubo x 3/8 tubo	20	\$ 1.600	\$32.00
c/u	Racor recto rosca 3/8 NPT x 3/8 tubo	12	\$ 2.250	\$ 27.00
c/u	Espiga de 1/4 x 1/4 macho para acople	6	\$ 1.000	\$ 6.00
c/u	Racor codo 90º tubo 1/4 rosca 1/4 uni	30	\$ 2.500	\$75.00
c/u	Reductor campana acero inoxidable 304 de 3/8x 1/4	6	\$ 1.000	\$ 6.00
c/u	Válvula piloto/ air 5/2 cv1.0 1 piloto 1/4 npt	3	\$67.800	\$203.40
c/u	Control de velocidad rosca hembra de 1/8" npt en línea 13.6214	12	\$13.560	\$162.72
c/u	Válvula "or" rosca 1/4	6	\$21.470	\$128.82
mts	THHN conductor # 8 cable UL	100	\$ 1.020	\$102.00
c/u	Válvula "And" Size 1/8",conexión manguera 1/4" 20.8134	6	\$16.950	\$101.70

Unidad	Descripción de Artículo	Cantidad	Precio Cotizado	Total
c/u	Ost-112dm tv.8 relay- 12 4 pines	30	\$ 2.800	\$ 84.00
c/u	Relé miniatura de 14 pines, bobina de 24 volt	9	\$10.000	\$ 90.00
c/u	Base para relé miniatura de 14 pines	12	\$ 7.140	\$ 85.68
c/u	Temporizador miniatura de estado solido	3	\$62.900	\$188.70
mts	cable thhn #18	30	\$ 0.020	\$ 0.6
c/u	Transistor	9	\$ 1.800	\$16.20
c/u	Resistencia 1 M, 1/2 W; 10 K ; 100K	35	\$ 0.120	\$ 4.20
c/u	Micrófono de condensador	6	\$ 2.100	\$12.60
c/u	# 22.261 placa de cobre 6x6"	15	\$ 5.560	\$83.40
1gln	Exc latex blanco hueso b5wsa7	3	\$26.500	\$79.50
mts	THHN conductor # 12 solido ul	200	\$ 0.380	\$76.00
1gln	Exc Esmalte brillante rojo-oxido	2	\$31.900	\$63.80
c/u	Racor tee tubo 3/8 x tubo 3/8 5.3984	24	\$ 2.370	\$56.88
1 Par	Stan.Bisagra 741 lat 2 1/2x2 1/2 ct pro	20	\$ 2.250	\$45.00
c/u	Acople hembra 1/4 plg conexión rápida	10	\$ 4.250	\$42.50
1gln	Barniz tinte flo lac caoba A38 M3	1	\$42.000	\$42.00
c/u	Sp-1202A Fuente 12v-2A pequeña	9	\$ 4.000	\$36.00
c/u	Caño galvanizado ligero a 1/2px6mt	4	\$ 8.900	\$35.60
Par	Escuadra Soporte gris 11x13 Plg	9	\$ 3.950	\$35.55
Pza	Angulo 3/16x1 P*	3	\$10.600	\$31.80
c/u	Canaleta dlp 20x12.5mm/1c lg30008 legrand	13	\$ 2.320	\$30.26
c/u	Racor codo tipo union 3/8 x3/8	24	\$ 1.240	\$29.76
c/u	Caja universal 3mod lg89393	10	\$ 2.830	\$28.30
c/u	Racor tee tubo 3/8 rosca 1/4 Npt used 16571 8.9389	6	\$ 4.520	\$27.12
c/u	Union reductora de 6mm a 4mm mini 2.9052	12	\$ 2.260	\$27.12
mts	TSJ # 12/3 cable	14	\$ 1.582	\$22.12
Set3	Rodillo maneral bandeja pro 9"	3	\$ 5.900	\$17.70
1	Anticorrosivo 2000 estructural negro bte	1	\$16.500	\$16.50
c/u	Tablero emp 4cc tl412c ge	1	\$16.440	\$16.44
c/u	Racor tipo Y 3/8 x3/8 conexión manguera 1.8672	12	\$ 1.350	\$16.20
c/u	Cinta super 33+3/4x66Ft 3m	4	\$ 3.900	\$15.60
c/u	Racor union recta 3/8x3/8 1.3492	12	\$ 1.130	\$13.56
c/u	haladera botn latonada 1 1/4 34537	10	\$ 1.350	\$13.50
c/u	Brocha polyflex 4 olg plus	3	\$ 4.500	\$13.50
c/u	Te-153 Terminal Blok3 pines	30	\$ 0.440	\$13.20
c/u	Union Macho 1/4 plg npt	11	\$ 1.150	\$12.65
c/u	Manguera 3/8 plg 25 pie 300 psi pvc	1	\$12.250	\$12.25

Unidad	Descripción de Artículo	Cantidad	Precio Cotizado	Total
c/u	Tablero 2cc TL 240C (TL270SCU)GE	1	\$12.114	\$12.11
c/u	tornillo c/hex p/mad. C3/8xa2	80	\$0.150	\$12.00
c/u	Broca concreto l 3/8 plg	8	\$ 2.600	\$20.80
c/u	Regleta multitoma c/l Eagle 1135	2	\$ 4.590	\$ 9.18
plg	Lija madera garnet 100 asd	15	\$ 0.900	\$13.50
c/u	Térmico thql 30A-2p ge	1	\$ 8.480	\$ 8.48
c/u	Tirro p/pintar azul 1.0px60yd 2090	3	\$ 2.750	\$ 8.25
c/u	Racor codo tubo 3/8, rosca 1/8 Npt 2.9632	6	\$ 1.360	\$ 8.16
c/u	Térmico thql 30A-1p ge	2	\$ 3.660	\$ 7.32
c/u	Tee galv. C 1/2 p Cifunsa Mex	10	\$ 0.730	\$ 7.30
c/u	Disco desbaste metal -acero 9x1/4x7/8 plg	1	\$ 6.650	\$ 6.65
c/u	Brocha cerda 2" P Pro	2	\$ 2.950	\$ 5.90
c/u	Disco corte metal 9x 1/8x7/8 p emb	2	\$ 2.950	\$ 5.90
c/u	Toma doble pol 15 A/125 v ul 3232-I p&s	10	\$ 0.590	\$ 5.90
c/u	Placa doble ind plast ul tp8-lp&s	10	\$ 0.440	\$ 4.40
c/u	Unión univ galv c 1/2 p Cifun me	2	\$ 2.900	\$ 5.80
c/u	Bushing galv b 1/2 x 1/4p Cifun mex	11	\$ 0.500	\$ 5.50
Lba	Electrodo ho dukce b3/32p Prmnnt Mt-12	5	\$ 0.950	\$ 4.75
c/u	Broca concreto l5/16 plg	2	\$ 2.050	\$ 4.10
c/u	vaiven presion doble rueda cobre ant.	10	\$ 0.400	\$ 4.00
c/u	Ancla taco E 3/8 xB 2	80	\$ 0.050	\$ 4.00
c/u	Arandela plana galv.f 3/8	80	\$ 0.050	\$ 4.00
c/u	Barra cooperweld 5/8x4 sin cepo	1	\$ 3.880	\$ 3.88
c/u	Grapa conduit 1/2 plg rigida	30	\$ 0.120	\$ 3.60
c/u	Codo galv 90 gdo c 1/2p Cifun Mex	5	\$ 0.550	\$ 2.75
c/u	Tornillo lamina f 1 1/2xc10	70	\$ 0.030	\$ 2.10
c/u	Caja octagonal 4" k0 1/2x3/4	6	\$ 0.320	\$ 1.92
c/u	Camisa galv c 1/2p Cifun Mex	4	\$ 0.450	\$ 1.80
c/u	Ancla taco D 5/16 xB 1 1/2	70	\$ 0.020	\$ 1.40
c/u	Tornillo goloso 1x6mm	300	\$ 0.010	\$ 3.00
c/u	Toma hembra ext pol 15A/125v 222 ng jumbo	1	\$ 1.200	\$ 1.20
c/u	Tapadera redonda galv. K0 1/2"	6	\$ 0.190	\$ 1.14
c/u	Caja cuadrada 4x4 ul pachita tp-414	1	\$ 0.970	\$ 0.97
1Lba	Clavo 1 x 16(tienda)	1	\$ 0.950	\$ 0.95
c/u	Ancla plastica 1/4x1" (amarilla)	100	\$ 0.009	\$ 0.90
	Modificación de factibilidad eléctrica en el laboratorio	1	\$ 200.00	\$ 200.00
c/u	Papelería	1	\$96.000	\$ 96.00
hrs	Horas investigación	400	\$ 6.100	\$2,440.00

Unidad	Descripción de Artículo	Cantidad	Precio Cotizado	Total
c/u	Interruptor sensor de sonido	1	\$30.00	\$30.00
hrs	Mano de obra ejecución de proyecto	320	\$3.000	\$960.00
c/u	Cepo 5/8" p/barra cooperweld	1	\$ 0.900	\$ 0.900
c/u	Enchufe Jumbo pol 15A/125v1709	1	\$ 0.810	\$ 0.810
c/u	Tornillo madera c/ph 3.0mmxb 16mm	40	\$ 0.020	\$ 0.800
1/2 Lb	Electrodo ho dukce b3/32p Prmnnt Mt-12	1	\$ 0.480	\$ 0.480
c/u	Tapadera ciega cuad pesad 4x4 ul 11201	1	\$ 0.450	\$ 0.450
<b>TOTAL COTIZACIÓN:</b>				\$ 10,985.96

## 12.2. AULA PARA CONSTRUCCIÓN DE LABORATORIO

Aula asignada para la “Implementación de laboratorio novedoso y funcional de fundamentos de mecatrónica para el desarrollo de prácticas de los estudiantes de la Escuela de Eléctrica y Electrónica en ITCA-FEPADE Centro Regional San Miguel”

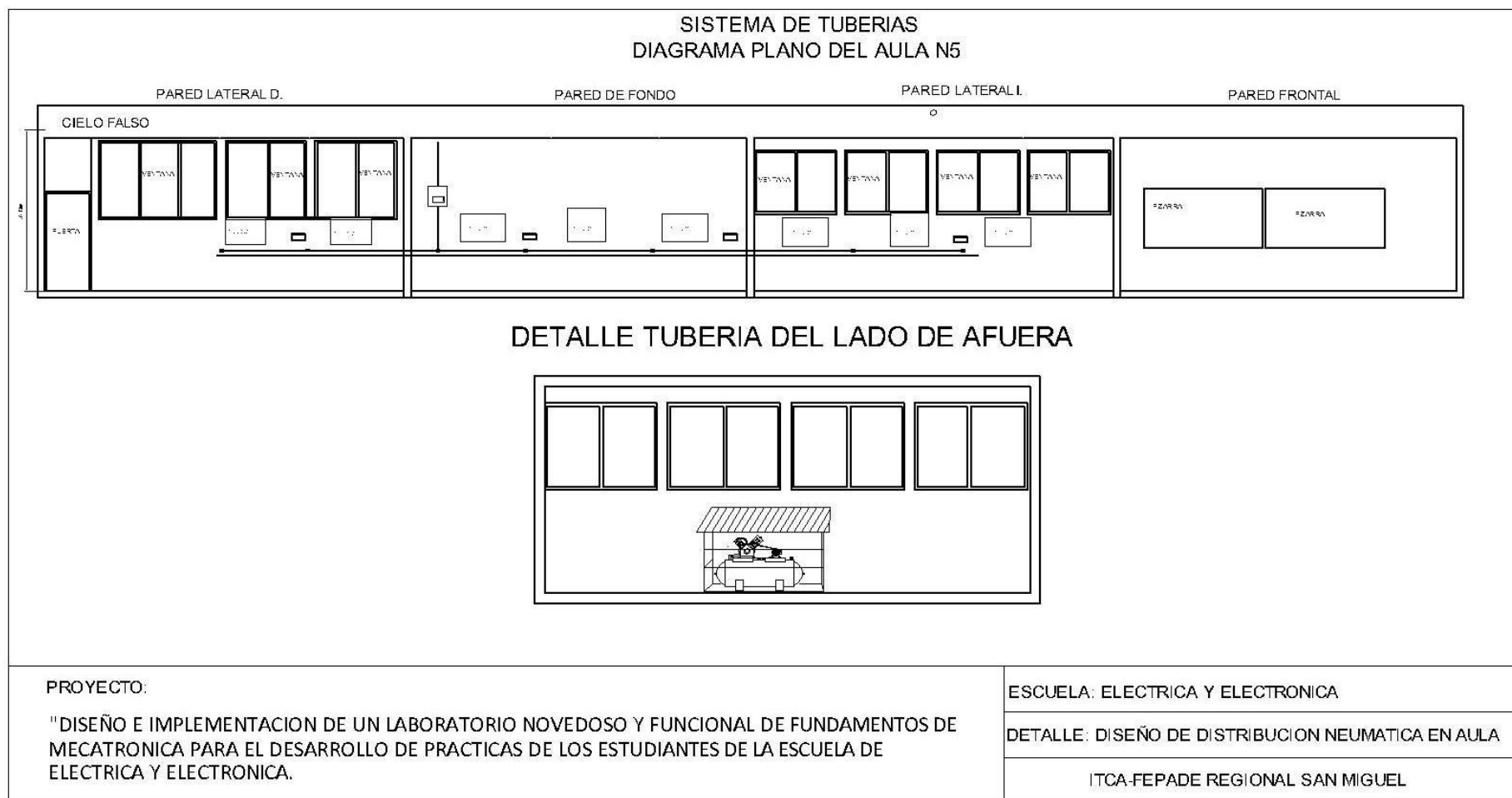
ANTES



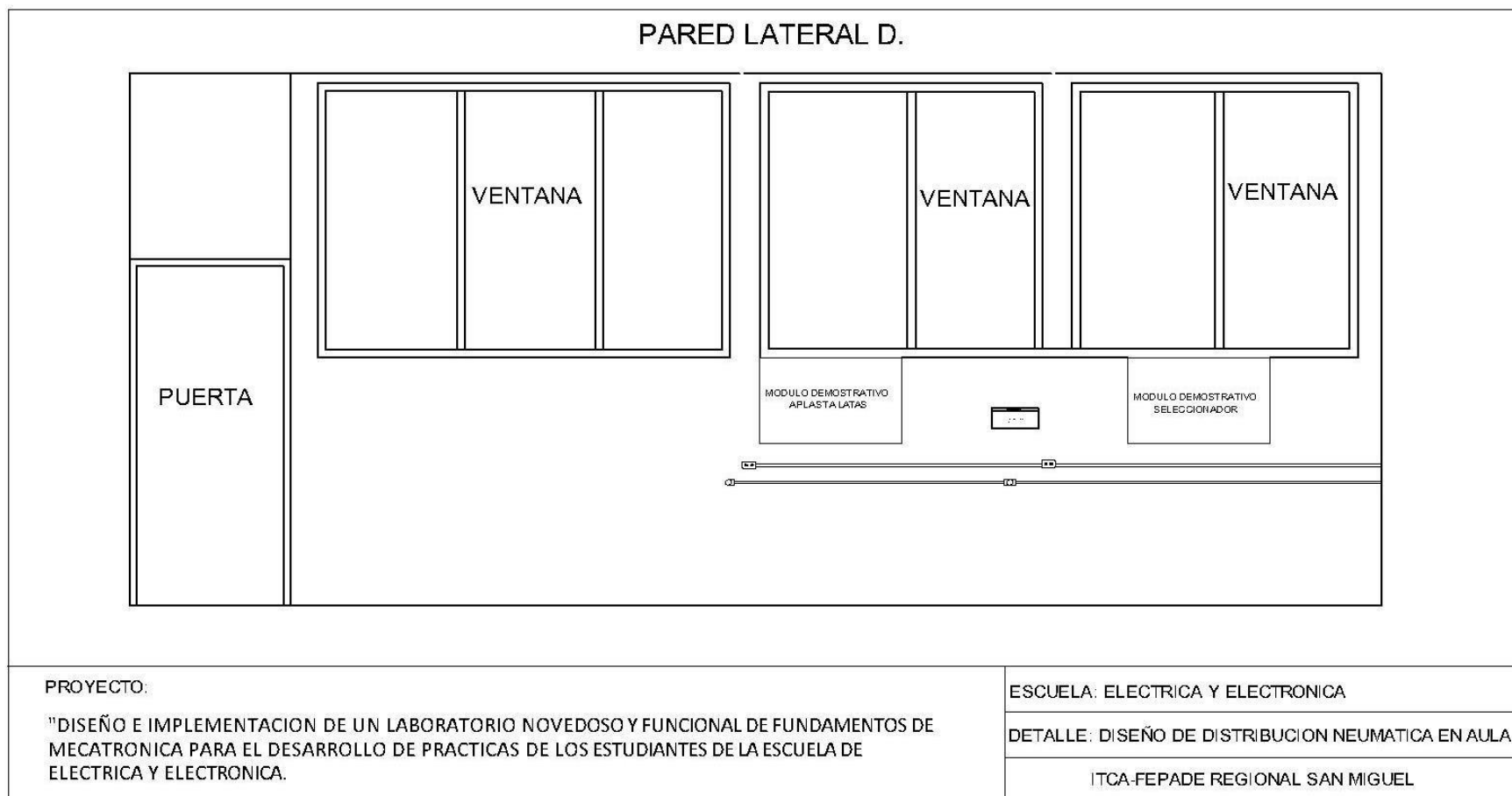
DESPUÉS



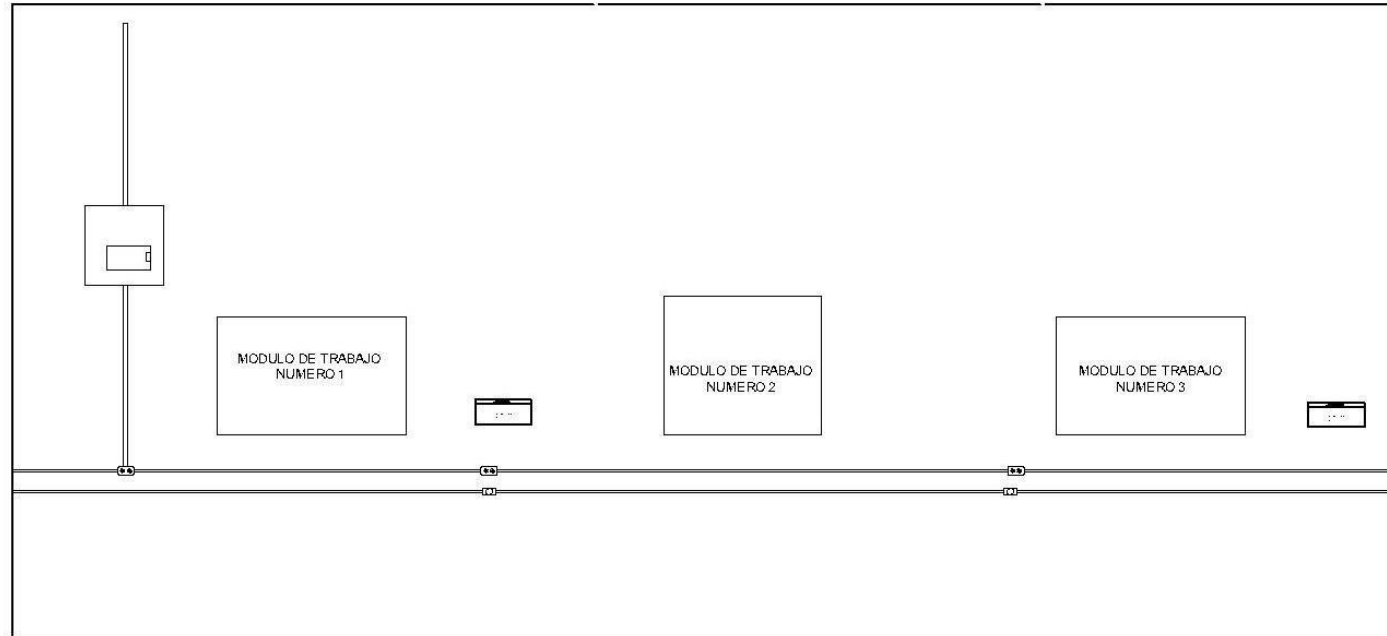
### 12.3. DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO



## 12.4. PLANO GENERAL DEL AULA



## PARED DE FONDO



PROYECTO:

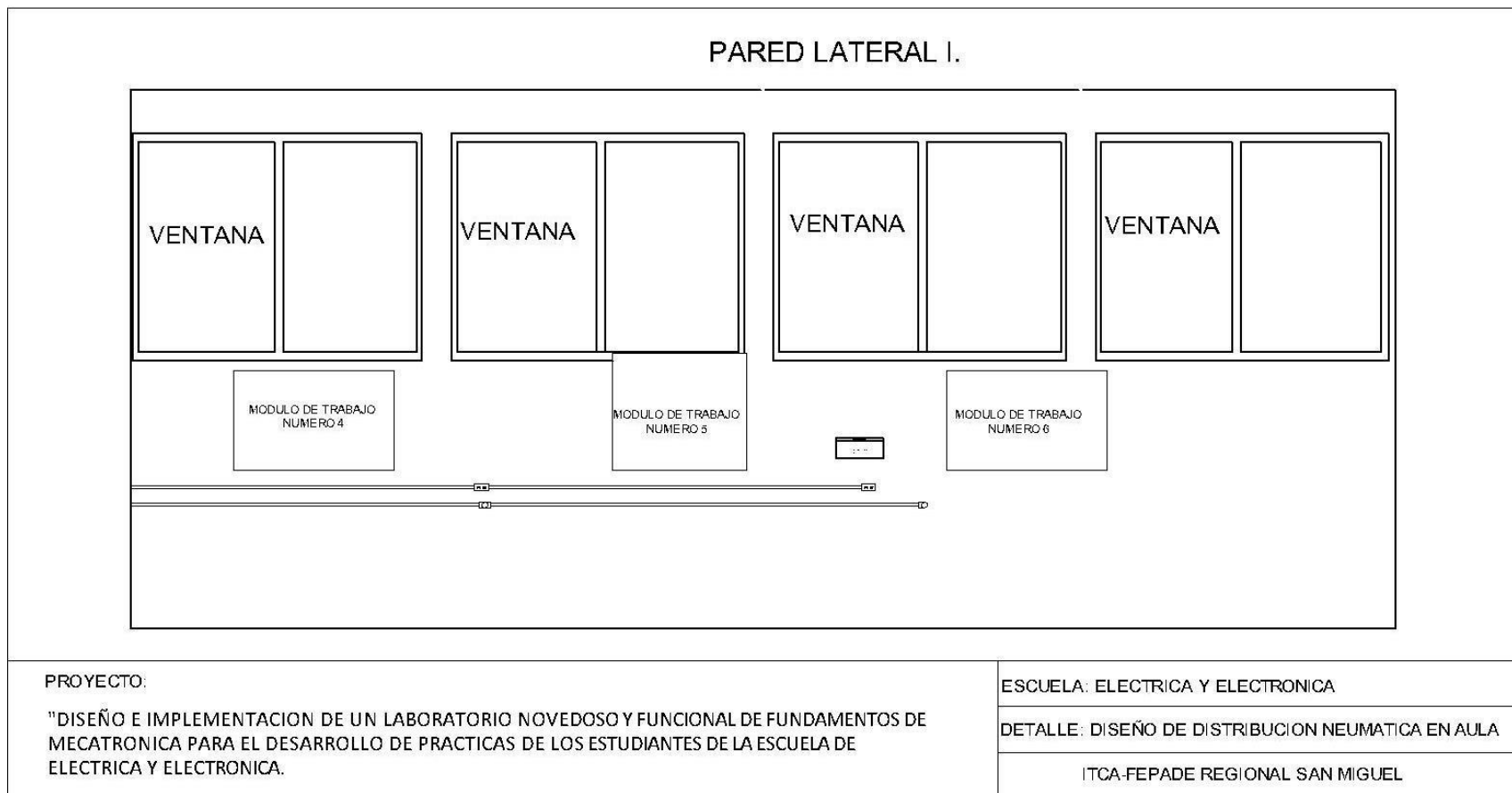
"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO NOVEDOSO Y FUNCIONAL DE FUNDAMENTOS DE MECATRONICA PARA EL DESARROLLO DE PRACTICAS DE LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE ELECTRICA Y ELECTRONICA.

ESCUELA: ELECTRICA Y ELECTRONICA

DETALLE: DISEÑO DE DISTRIBUCION NEUMATICA EN AULA

ITCA-FEPADE REGIONAL SAN MIGUEL





PARED FRONTAL

PIZARRA

PIZARRA

PROYECTO:

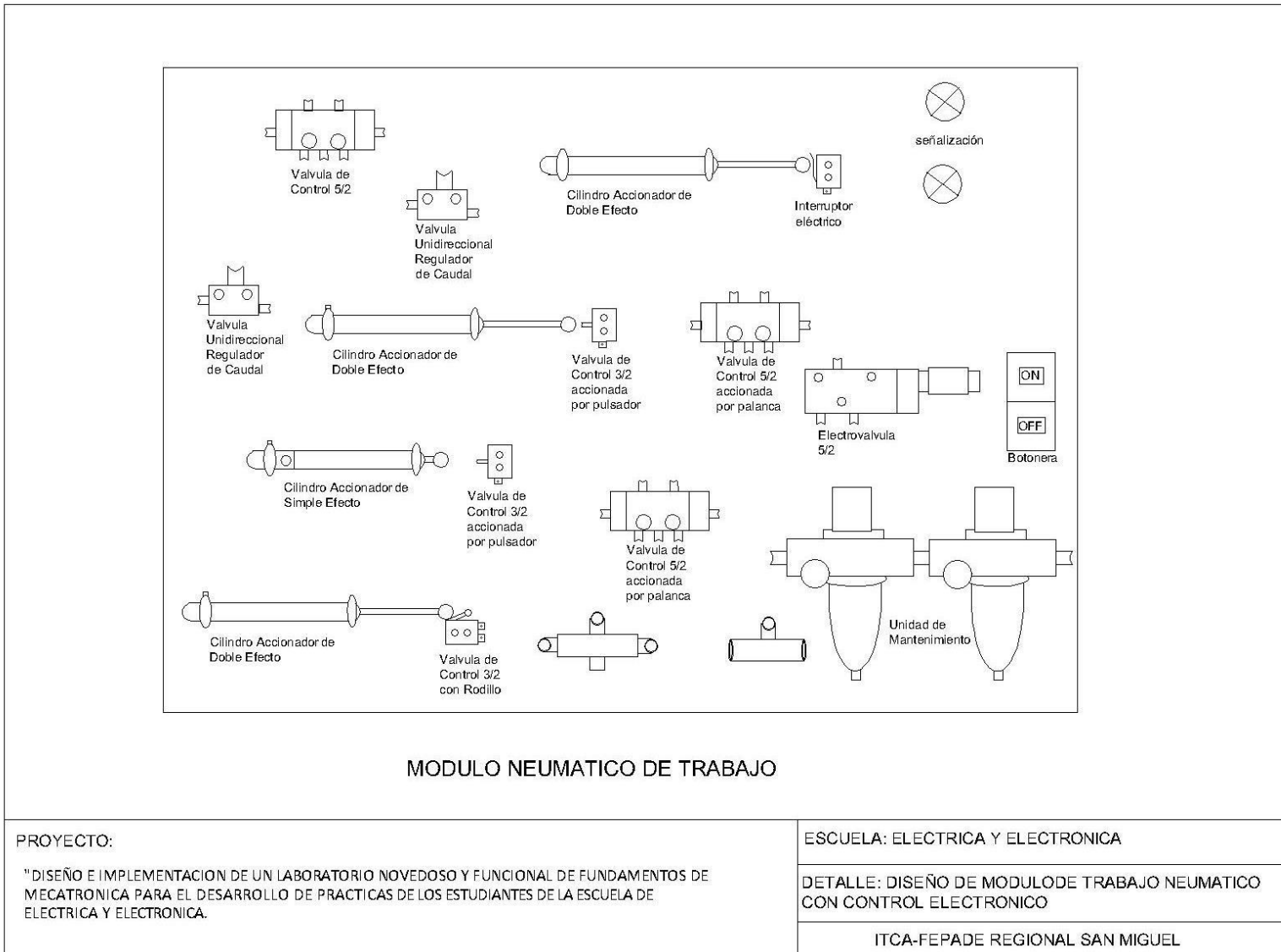
"DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN LABORATORIO NOVEDOSO Y FUNCIONAL DE FUNDAMENTOS DE MECATRONICA PARA EL DESARROLLO DE PRACTICAS DE LOS ESTUDIANTES DE LA ESCUELA DE ELECTRICA Y ELECTRONICA.

ESCUELA: ELECTRICA Y ELECTRONICA

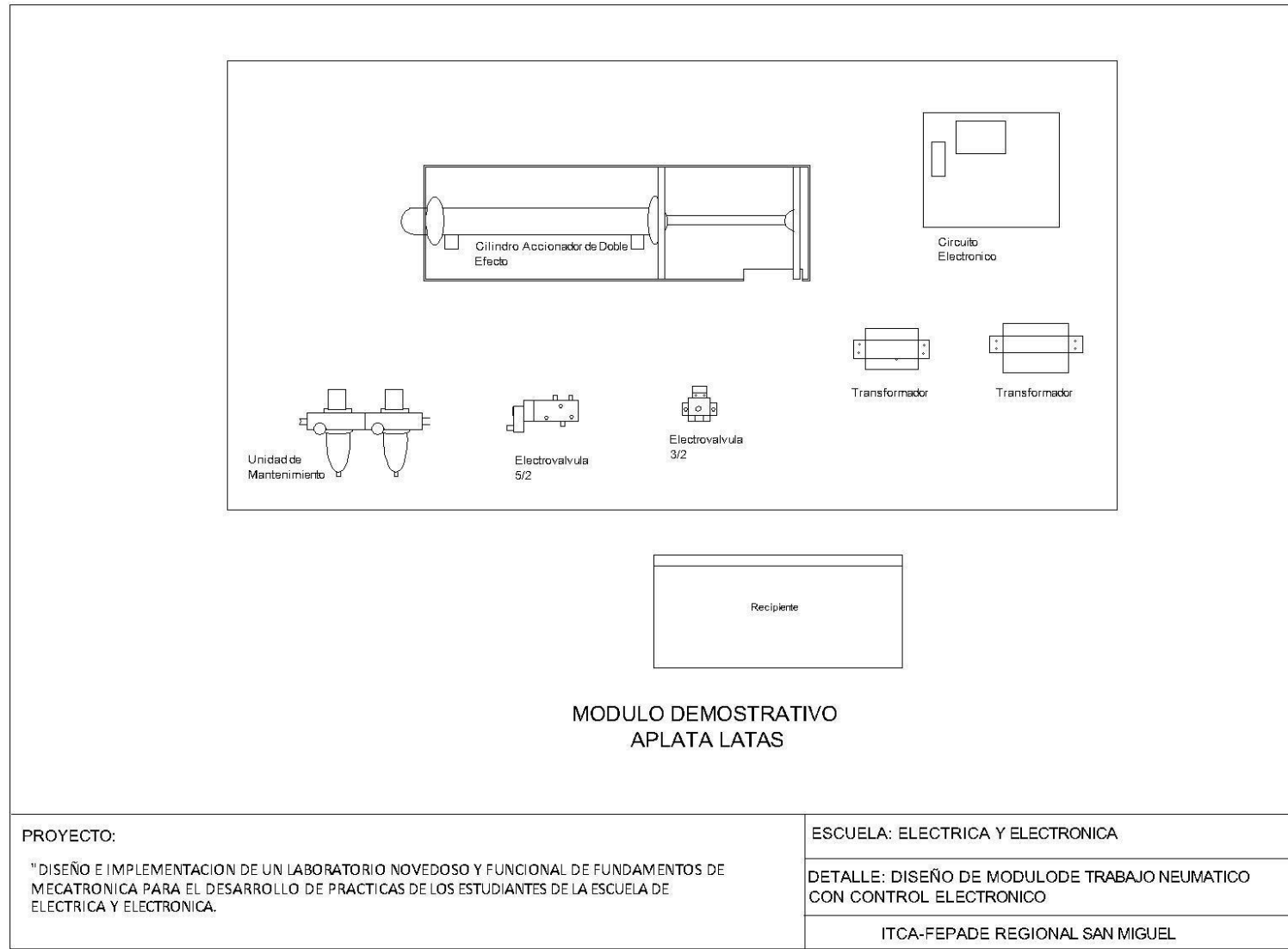
DETALLE: DISEÑO DE DISTRIBUCION NEUMATICA EN AULA

ITCA-FEPADE REGIONAL SAN MIGUEL

## 12.5. MÓDULO DE TRABAJO CON ELEMENTOS NEUMÁTICOS, ELECTRONEUMÁTICOS Y ELECTRÓNICOS.



## 12.6. MÓDULO DEMOSTRATIVO APLASTA LATAS.





## **VISIÓN**

*Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.*

## **MISIÓN**

*Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.*

## **VALORES**

**EXCELENCIA:** *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

**INTEGRIDAD:** *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

**ESPIRITUALIDAD:** *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

**COOPERACIÓN:** *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

**COMUNICACIÓN:** *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

# SEDES ITCA - FEPADE EL SALVADOR

La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA - FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.



## SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 Carretera a Santa Tecla, La Libertad.  
Tel. (503) 2132-7400  
Fax. (503) 2132-7599



## CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur,  
Finca Procavia  
Tels. (503) 2440-4348  
y (503) 2440-2007  
Tel./Fax. (503) 2440-3183



## CENTRO REGIONAL MEGATEC ZACATECOLUCA

Km. 64 1/2, desvío Hacienda El Nilo, sobre autopista a Zacatecoluca y Usulután.  
Tels. (503) 2334-0763  
y (503) 2334-0768



## CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140, Carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tels. (503) 2669-2292  
y (503) 2669-2298  
Fax. (503) 2669-0061



## CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN

Calle Santa María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión.  
Tel. (503) 2668-4700

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

Escuela Especializada  
en Ingeniería

**ITCA**  **FEPADE**