



TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO CAPUS APIZACO
DEPARTAMENTO DE METAL – MECANICA
CARRERA DE MECATRONICA

PROYECTO

MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE
CALIDAD EN EL ENSAMBLAJE DE TORNILLERÍA PARA MECANISMOS DE
REDUCCIÓN EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ.

RECIDENCIAS PROFECIONALES

ALUMNO:

VICTOR SAUL GONZALEZ CASTILLA

20370745

ASESOR INTERNO

DR. MARCOS BEDOLLA HERNANDEZ

ASESOR EXTERNO

INGENIERO ROBERTO PARRA RODRIGUEZ.

APIZACO, TLAX. ENERO - MAYO 2025

Agradecimientos

Principalmente agradezco a Dios, que me dio la oportunidad de estudiar una carrera universitaria, ya que estoy consciente que no muchas personas tienen la posibilidad que yo tuve.

A mis papas ya que sin ellos nada sería posible, a su apoyo a pesar de no tener las posibilidades económicas para sostener una familia y a un universitario en otra ciudad hicieron todo para que no me faltara nada, a mis hermanos que siempre estuvieron para escucharme y esperarme con ansias cuando llegaba a casa.

A mi pareja sentimental que ha estado presente en mi desarrollo como persona y como próximo profesionista, siempre apoyándome con su dedicación y amor, siempre presente y siendo un pilar principal.

A mis amigos que hice en el instituto, en las practicas, ya que a pesar que venimos de diferentes, logramos tener una amistad muy sincera, fue una muy buena experiencia cruzar caminos con personas tan extraordinarias y peculiares.

A mis abuelitos paternos que ya no están conmigo, pero siempre los tendré presentes, su amor, paciencia y calidez. Mis tíos, primos, con los que aprendí a trabajar y saber el valor del esfuerzo.

A mis profesores de la carrera, ya que siempre tuve su apoyo y respaldo en mis proyectos, a pesar de no tener materias en curso estuvieron al pendiente y a la vanguardia por cualquier duda o aclaración, a mi asesor académico Dr. Marcos Bedolla Hernández, por su paciencia y dedicación durante las clases impartidas hasta este momento donde culmina con la entrega de este proyecto.

Introducción

La importancia de un mantenimiento dentro de un taller es crucial para el orden y la vida a largo plazo de los elementos de trabajo y los sistemas. En el capítulo 1 se menciona antecedente y a grandes rasgos lo que es un mantenimiento enfocándose en misión y finalidad. La importancia de saber cuándo y cómo realizar un mantenimiento adecuado cuando existen fallas, ya que existen diferentes dependiendo cuando se detecten. Así mismo saber cuántos tipos de mantenimiento existen y cuáles son los más importantes. Los sistemas automatizados, dividida en parte operativa y parte de mando requieren de planificación, ejecución, control y evaluación.

En neumática el uso constante del equipo afecta de tal manera que a simple vista no se nota el desgaste o las fallas que se presentan, con antecedentes y con teoremas de Bernoulli, Torricelli, Pascal o la Ley de Boyle, se tendrá conocimiento de porque se presentan problemas y fallas, tales como fallo de estanqueidad, caídas de presión, envejecimiento o uso frecuente que se menciona en el capítulo 2.

Mantenimiento neumático como tal presenta resolver problemas de abrasión, fatiga y obstrucción, las cuales se pueden evitar si se detectan a tiempo o la inspección constante en los sistemas.

Por otra parte, los equipos electro neumáticos requieren de dos tipos de mantenimiento, el que se aplica a equipos neumáticos, como uno eléctrico, el cual puede ser uno básico hasta uno más sofisticado si así se requiera. Como en botones que son distintos entre neumáticos y electro neumáticos, o sensores que son distintos entre sí. ¿Qué pasaría si se presenta una eventualidad? Si se detecta a tiempo o se tiene la inspección correcta se evitaría el problema.

En el área de SERVO 10 donde se encuentra la maquina Servo 10 ST 450 será de ayuda contar con una guía de mantenimiento, que de igual manera será de ayuda para el manejo de los equipos y elementos de trabajo que se utilizan cotidianamente. Aplicando los mantenimientos importantes como son predictivo, preventivo y correctivo si así lo requiera el caso.

El registro será esencial, ayudara en futuros casos de falla o errores en el sistema y el cual se lleva a cabo por medio de formatos que se archivarán.

Objetivo General

Desarrollar un manual de mantenimiento técnico y preventivo para la máquina Servo 10 ST 450, ubicada en la sección Servo 10 de la planta Robert Bosch Querétaro, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa, reducir fallas en el proceso de ensamblaje de tornillería, y asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad del sector automotriz.

Objetivos Específicos

- Identificar y documentar los componentes neumáticos y electroneumáticos clave de la máquina Servo 10 ST 450 que requieren mantenimiento periódico.
- Establecer procedimientos técnicos detallados para la ejecución del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, siguiendo prácticas industriales seguras y eficientes.
- Diseñar formatos de control como bitácoras, reportes de fallas y registros de intervenciones que faciliten la trazabilidad del mantenimiento y la toma de decisiones técnicas.
- Implementar indicadores de desempeño (KPI) como MTBF, MTTR y disponibilidad operativa, que permitan evaluar la efectividad del plan de mantenimiento y proponer mejoras.
- Contribuir a la reducción de tiempos de paro y costos operativos, mediante la estandarización de rutinas de inspección, lubricación, limpieza y monitoreo de condiciones.
- Promover la seguridad en el área de mantenimiento, a través de la incorporación de protocolos de bloqueo-etiquetado (LOTO), uso de EPP y prevención de riesgos eléctricos y neumáticos.
- Alinear el contenido del manual con las normativas técnicas y estándares de calidad establecidos por Robert Bosch y las normas internacionales aplicables.

Índice

Agradecimientos	ii
1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.1 DESCRIPCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
1.3 LIMITACIONES	2
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO.	4
1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO Y ÁREA DE TRABAJO.....	5
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.1 ANTECEDENTES.....	6
2.1.2 MANTENIMIENTO.....	6
2.1.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	6
2.1.4 MISIÓN DEL MANTENIMIENTO	7
2.1.5 FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO.....	7
2.1.6 CARACTERÍSTICAS DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	8
2.1.7 ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL MANTENIMIENTO?	8
2.2 OBJETIVOS.....	8
2.2.1 FALLAS.....	8
2.2.2 FALLAS TEMPRANAS.....	9
2.2.3 FALLAS ADULTAS.	9
2.2.4 FALLAS TARDÍAS.	9
2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	9
2.3.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	9
2.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	10
2.3.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.	10
2.3.4 MANTENIMIENTO CERO HORAS.	10
2.3.5 MANTENIMIENTO EN USO.	11
2.3.6 MANTENIMIENTO MEJORATIVO.....	11
2.3.7 MANTENIMIENTO PROACTIVO.	11
2.3.8 MANTENIMIENTO MODIFICATIVO.....	11

2.3.9	SISTEMAS AUTOMATIZADOS.	11
2.3.10	PARTE OPERATIVA.	11
2.3.11	PARTE DE MANDO.	12
2.3.12	OBJETIVOS DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS.	12
2.3.13	MANTENIMIENTO EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS.	12
2.3.14	PLANIFICAR.	12
2.3.15	EJECUTAR.	12
2.3.16	CONTROLAR.	13
2.3.17	EVALUAR.	13
2.4	MANTENIMIENTO EN CIRCUITOS Y ELEMENTOS NEUMATICOS.	13
2.4.1	ANTECEDENTES.	13
2.4.2	NEUMÁTICA.	13
2.4.3	TEOREMA DE BERNOULLI.	14
2.4.4	TEOREMA DE PASCAL.	15
2.4.5	Ley de Gay Lussac.	17
2.4.6	Problemas comunes.	18
2.4.7	Fallo de estanqueidad.	18
2.4.8	Caídas de presión.	18
2.4.9	Caídas de presión en abastecimiento de energía.	19
2.4.10	Caídas de presión de entrada y sensores.	20
2.4.11	Caídas de presión en elemento de procesamiento.	20
2.4.12	Caídas de presión en elemento de mando.	20
2.4.13	Caídas de presión en elementos de trabajo.	20
2.4.14	Envejecimiento.	21
2.4.15	Uso frecuente.	21
2.4.16	Redes de distribución.	21
2.4.17	Construcción de una red de distribución.	21
2.4.18	Mantenimiento neumático.	23
2.4.19	Mantenimiento neumático preventivo.	23
2.4.20	Abrasión.	23
2.4.21	Fatiga.	24
2.4.22	Obstrucción.	24
2.4.23	Detección.	24

2.4.24	Inspección.....	25
2.4.25	Mantenimiento en elementos neumáticos.....	25
2.4.26	Abastecimiento de energía.	26
2.4.27	Fallos de estanqueidad en abastecimiento de energía.....	26
2.4.28	Elementos de entrada o sensores.	29
2.4.29	Elementos de procesamiento.	31
2.4.30	Elementos de mando	32
2.4.31	Elementos de trabajo o accionamiento	33
2.4.32	Circuitos neumáticos.	34
2.4.33	Mantenimiento en circuitos neumáticos.	34
2.5	Mantenimiento en circuitos y elementos eléctrico neumáticos	36
2.5.1	Antecedentes.	36
2.5.2	Electroneumática.	36
2.5.3	Mantenimiento electro neumático.	37
2.5.4	Botones.	38
2.5.5	Sensores.	38
2.5.6	Sensores magnéticos o inductivos.	38
2.5.7	Sensores capacitivos o de proximidad.	39
2.5.8	Sensores ópticos o fotoeléctricos.	40
2.5.9	Sistema enfocado.	41
2.5.10	Sistema emisor receptor.	42
2.5.11	Sistema de barrera.	42
2.5.12	Elementos de trabajo.	44
2.5.13	Circuitos electro-neumáticos.	44
2.5.14	Mantenimiento electro-neumático.....	44
2.5.15	Mantenimiento electro-neumático preventivo.	44
2.5.16	Detección.....	45
2.5.17	Inspección.....	45
2.5.18	Mantenimiento en circuitos electro-neumáticos.	45
2.5.19	¿Qué hacer en caso de que mi sistema falle o se queme?	46
3	DESARROLLO DEL PROYECTO	47
3.1	Mantenimiento de elementos neumáticos y electro neumáticos para la . . . maquina Servo 10 ST 450.	47

3.2	Características Técnicas de la maquina Servo 10 ST 450	48
3.2.1	Especificaciones Técnicas	49
3.2.2	Funcionamiento del Ciclo de Ensamblaje	49
3.3	Componentes Mecatrónicos	50
3.4	Seguridad y Normativa	50
3.5	Mantenimiento Preventivo	51
3.5.1	Programa de Mantenimiento	51
3.6	Procedimientos Detallados de Mantenimiento	51
3.6.1	Mantenimiento del Sistema de Alimentación de Aire	51
3.6.2	Mantenimiento de Cilindros Neumáticos	52
3.6.3	Mantenimiento de Electroválvulas	53
3.6.4	Mantenimiento Predictivo	54
3.6.5	Monitoreo de Condiciones	54
3.7	Indicadores Clave (KPI) del Mantenimiento Predictivo	55
3.8	Mantenimiento Correctivo	55
3.9	Seguridad en el Mantenimiento	56
3.9.1	Protocolos de Seguridad	56
3.9.2	Riesgos Específicos	57
3.9.3	Registros y Documentación	58
3.10	Formatos de Registro	58
	Indicadores de Gestión	58
3.10.1	Formato de bitácora de Mantenimiento	60
4	ANALISIS DE RESULTADOS	61
4.1	Implementación de la Bitácora de Mantenimiento	61
4.2	Aumento en la Disponibilidad Operativa	61
4.2.1	Impacto de Producción	62
4.2.2	Limitaciones en el Alcance Total del Manual	63
5	Conclusión	64
6	Referencias	67

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 DESCRIPCIÓN

El presente proyecto consiste en el diseño y elaboración de un manual de mantenimiento técnico y preventivo para la máquina Servo 10 ST 450, ubicada en la sección Servo 10 de la planta Robert Bosch Querétaro. Esta máquina es utilizada en el proceso de ensamblaje de tornillería para componentes denominados Servo Housing, los cuales forman parte de mecanismos de reducción en el sector automotriz.

El manual desarrollado integra procedimientos de mantenimiento para los sistemas neumáticos y electroneumáticos, los cuales son fundamentales para el correcto funcionamiento de la máquina. Asimismo, se incluyen protocolos de seguridad, monitoreo de condiciones, formatos de registro, y la incorporación de indicadores clave de desempeño (KPI), con el objetivo de facilitar una gestión técnica eficiente, segura y alineada con los estándares de calidad de la industria.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La máquina Servo 10 ST 450 forma parte de un proceso crítico dentro de la línea de producción de Bosch Querétaro, ya que su función está directamente relacionada con el ensamblaje de tornillería que requiere un torque controlado, trazabilidad por medio de códigos QR, y alta precisión para cumplir con los requisitos del sector automotriz.

Actualmente, la falta de un documento técnico estandarizado para su mantenimiento genera riesgos como tiempos de inactividad no planificados, fallas recurrentes, costos elevados en reparaciones correctivas y variabilidad en la calidad del producto ensamblado. Por ello, surge la necesidad de establecer una guía técnica formal que permita estandarizar los procesos de mantenimiento, capacitar al personal, y proporcionar una base técnica para la toma de decisiones.

- La implementación de este manual permitirá:
- Reducir la frecuencia e impacto de fallas en los componentes neumáticos y eléctricos.
- Extender la vida útil de la máquina y sus partes críticas.
- Aumentar la disponibilidad operativa y la productividad del área.

- Cumplir con las normas internas de Bosch y estándares internacionales de seguridad y calidad.

En este contexto, el desarrollo de este proyecto no solo representa una mejora técnica, sino también una estrategia directa para incrementar la eficiencia operativa y reducir costos de producción, lo cual es fundamental para una empresa de clase mundial como Robert Bosch.

Alcances

- El proyecto contempla el desarrollo completo de un manual técnico y preventivo enfocado en los sistemas neumáticos y electroneumáticos de la máquina Servo 10 ST 450, utilizada en la sección Servo 10 de la planta Robert Bosch Querétaro.
- Se incluyen procedimientos detallados para mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, así como protocolos de seguridad, análisis de riesgos y formatos estandarizados de registro.
- Se elaboraron indicadores clave de desempeño (KPI) como MTBF, MTTR y porcentaje de disponibilidad, que pueden ser aplicados como herramienta de evaluación del plan de mantenimiento.
- El manual está alineado con normas internacionales de mantenimiento y seguridad industrial, además de cumplir con las directrices internas establecidas por la empresa.
- Como parte del proyecto, se realizó una propuesta de bitácora de mantenimiento diaria, que fue implementada como primer paso en el proceso de mejora del control técnico en campo.
-

1.3 LIMITACIONES

- Debido a la naturaleza operativa de la planta y las políticas de confidencialidad de Bosch, no fue posible acceder a ciertos datos internos del PLC, diagramas eléctricos propietarios ni indicadores reales de producción, lo cual limitó la validación empírica del manual.
- El alcance práctico del proyecto se limitó a la implementación de la bitácora de mantenimiento, como evidencia real de aplicación, quedando pendiente la ejecución completa de todos los procedimientos propuestos por falta de autorización y tiempo disponible.

- El tiempo asignado al desarrollo del proyecto fue un factor limitante para realizar pruebas de campo prolongadas, simulaciones predictivas o análisis estadísticos con datos históricos.
- Algunas especificaciones técnicas y parámetros de operación de la máquina tuvieron que ser inferidos o consultados indirectamente, debido a la limitada disponibilidad de documentación técnica directa del fabricante.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO.

MEDIA SOLUCIONES S.A.

Media Soluciones es una empresa mexicana fundada en el año 2008 bajo la razón social Compañía Publicitaria de Tamaulipas S.A. de C.V., como resultado de la visión conjunta entre el Ingeniero Roberto Carlos Parra Rodríguez y el Contador Público Jesús Aguilar Ávila. La empresa nace con el propósito de consolidar un portafolio sólido en diseño e implementación industrial en el sur de Tamaulipas, así como desarrollar una guía industrial regional. En sus inicios, Media Soluciones logró importantes colaboraciones con entidades estratégicas como la Administración Portuaria Integral (API) de Altamira y Tampico, estableciendo así una sólida base para su crecimiento en el sector industrial.

A partir del año 2014, la estructura empresarial experimenta una reconfiguración, en la que cada uno de los socios fundadores continúa su camino profesional de manera independiente. Como resultado de esta separación cordial, el Ing. Parra Rodríguez conserva el control de los proyectos relacionados con el diseño e implementación industrial bajo el nombre de Media Soluciones, enfocándose en ofrecer soluciones técnicas y funcionales a empresas del sector productivo.

En 2015, Media Soluciones inicia su participación en procesos de licitación de mayor escala, obteniendo su primer gran proyecto con la empresa Thyssenkrupp. Este hito marca un punto de inflexión en la trayectoria de la compañía, consolidándola como una opción viable y confiable en el desarrollo de soluciones industriales. A partir de entonces, la empresa ha expandido su portafolio mediante colaboraciones con instituciones educativas como la Universidad Tecnológica de Altamira y la Universidad Politécnica de Altamira, fortaleciendo su vínculo con la formación académica y la innovación tecnológica.

Uno de los sectores clave con los que Media Soluciones ha trabajado activamente es el de la manufactura de componentes automotrices, particularmente en el área de sistemas de seguridad pasiva como las bolsas de aire. Estos dispositivos requieren procesos de inspección altamente precisos y repetibles para asegurar su correcto funcionamiento. Es en este contexto donde Media Soluciones ha aportado soluciones de diseño técnico e implementación de sistemas de inspección, contribuyendo al aseguramiento de la calidad en líneas de producción de alta exigencia.

Durante la pandemia, la empresa demostró una capacidad de gestión resiliente que le permitió mantener la estabilidad operativa sin afectar a colaboradores ni proveedores. En la actualidad, Media Soluciones continúa su expansión internacional, habiendo iniciado en 2023 un proceso de internacionalización hacia los Estados Unidos, con la intención de establecer operaciones en Wyoming a finales de 2024 o principios de 2025.

Gracias a su trayectoria, compromiso con la innovación y enfoque en la calidad, Media Soluciones se posiciona como una empresa estratégica en la industria manufacturera y un actor relevante en el desarrollo de soluciones tecnológicas aplicadas a procesos industriales críticos.

1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO Y ÁREA DE TRABAJO.

Dentro de la estructura organizacional de la empresa, mi puesto se encuentra asignado al departamento de Calidad, una de las áreas fundamentales en el aseguramiento del cumplimiento de los estándares técnicos, normativos y de seguridad establecidos en la empresa. Esta área tiene como objetivo principal garantizar que todos los productos fabricados cumplan con los requisitos de calidad, funcionalidad y seguridad antes de ser liberados al cliente final.

Como parte de mis responsabilidades en el área de calidad, desempeño un rol operativo y técnico clave en el proceso de inspección de componentes mediante el uso del templete físico, una herramienta que permite validar visual y dimensionalmente las piezas producidas. Mi función incluye realizar inspecciones detalladas con base en los lineamientos del templete, con el objetivo de identificar si las piezas evaluadas cumplen con las especificaciones establecidas por los estándares internos y normativos en base a la alerta de calidad expedidas por la empresa.

Durante este proceso, se realiza una clasificación binaria de las piezas: aquellas que cumplen con los parámetros requeridos son aprobadas para su integración en el ensamblaje, mientras que las que presentan desviaciones significativas son rechazadas y destinadas a scrap (residuos). Este procedimiento es fundamental para evitar que productos no conformes continúen en la línea de producción, lo cual podría comprometer la seguridad y funcionalidad del producto final.

Además de la inspección, también me encargo de la administración y distribución de material a las líneas de producción y celdas de trabajo, asegurando el abastecimiento adecuado y continuo de componentes conforme al ritmo de la producción. Esta labor requiere coordinación con otras áreas, como producción y logística, para garantizar un flujo eficiente de materiales sin interrupciones.

Por último, otra de mis responsabilidades es el llenado de reportes diarios sobre el estatus de inspección. Estos reportes permiten llevar un control detallado del volumen de piezas inspeccionadas, número de piezas aprobadas, cantidad de scrap generado y cualquier incidencia detectada durante el proceso. Esta información es esencial para la toma de decisiones en tiempo real y para alimentar los indicadores clave de desempeño (KPIs) del área de calidad.

Mi puesto requiere una atención constante a los detalles, conocimiento técnico en procesos de inspección visual y dimensional, así como habilidades para la organización, comunicación efectiva y cumplimiento de procedimientos establecidos, ya que de mi desempeño depende directamente el nivel de calidad del producto entregado al cliente.

2 MARCO TEÓRICO

2.1.1 ANTECEDENTES

Desde el principio de los tiempos el ser humano, se ha visto en la necesidad de dar mantenimiento a sus herramientas y equipos de trabajo. Muchas de las fallas se debían al uso excesivo de herramientas y solo se le daba mantenimiento cuando era casi imposible seguir usando el equipo.

2.1.2 MANTENIMIENTO

El mantenimiento es la administración, ejecución, control y calidad de todas las actividades que aseguren los niveles adecuados de disponibilidad y desempeños adecuados de las instalaciones, herramientas y equipos de trabajo para cumplir los objetivos de la empresa, taller, industrias o el lugar de trabajo donde se empleen.

En la etapa de la administración del mantenimiento se divide en dos partes, planear y organizar, es donde elaboraremos planes, programas, estrategias y diseños de mantenimiento para cada uno de los instrumentos que se utilicen.

Ejecución de la parte administrativa nos lleva a cabo todas las indicaciones que se nos pide para cada instrumento de trabajo.

La parte de control permite asegurar el desarrollo de las dos etapas anteriores, llevando el monitoreo, la supervisión de las actividades y el registro ya sea en bitácoras o historial del taller. Esta parte es muy importante ya que el encargado de esta área debe tener los conocimientos de cómo se están usando los materiales de trabajo, además debe realizar los ajustes necesarios que se requieren si así lo demanda la situación.

Para obtener un buen programa de mantenimiento y una calidad necesaria, lo esencial es crear la conciencia de quien utilice las herramientas y el equipo, ya sea dando capacitación y motivación, así obtendremos la calidad necesaria en todas las actividades.

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las maquinas. Con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento, no solo con el fin de solucionar fallas, sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla, en esta etapa se tiene ya personal dedicado a estudiar en qué período se produce las fallas con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías.

El mantenimiento busca aumentar y agilizar la producción.

2.1.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

- Garantizar el funcionamiento regular de las instalaciones y servicios.
- Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos que forman parte de las instalaciones.
- Conseguir ambos objetivos a un costo razonable.

2.1.4 MISIÓN DEL MANTENIMIENTO

La misión del mantenimiento es implementar y la mejora en forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio mediante practicas innovadoras, económicas y seguras.

Terminologías del análisis del mantenimiento:

Mantener. Conjunto de acciones para que las instalaciones y máquinas de una industria funcionen adecuadamente.

- Producción. Es un proceso mediante el cual se genera utilidades a la industria.
- Falla o avería. Daño que impide el buen funcionamiento de la maquinaria o equipo.
- Defecto. Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento.
- Confiabilidad. Buena funcionalidad de la maquinaria y equipo dentro de una industria en definitiva el grado de confianza que proporcione una planta
- Disponibilidad. Porcentaje de tiempo del buen funcionamiento de
- una maquina o equipo por ente de toda la industria es decir producción óptima.
- Entrenamiento. Preparar o adiestrar al personal del equipo de mantenimiento, para que sea capaz de actuar eficientemente en las actividades de mantenimiento.
- Seguridad. Asegurar el equipo y personal para el buen funcionamiento de la planta, para prevenir condiciones que afecten a la persona o la industria.
- Prevención. Preparación o disposición que se hace con anticipación ante un riesgo de falla o avería de una máquina o equipo.
- Diagnóstico. Dar a conocer las causas de un evento ocurrido en el equipo o máquina o evaluar su situación y su desempeño.
- Reparación. Solución de una falla o avería para que la maquinaria o equipo este en estado operativo.
- Mejorar. Pasar de un estado a otro de mayor desempeño de la máquina o equipo.
- Planificar. Trazar un plan o proyecto de las actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desarrollo y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

2.1.5 FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO

La finalidad del mantenimiento es mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad.

En consecuencia, la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones.

2.1.6 CARACTERÍSTICAS DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO

El personal que labora en el departamento de mantenimiento, se ha formado una imagen, como una persona de mal aspecto y carácter, lo cual ha traído como consecuencia problemas en la comunicación entre las áreas operativas y el departamento de mantenimiento, un mal concepto de la imagen generando poca confianza, hoy en día este concepto va cambiando.

2.1.7 ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EL MANTENIMIENTO?

Dentro de la industria es el que nos lleva a la producción sin mantenimiento no hay producción. Todos los equipos y herramientas están sujetos a normas, que nos lleva a la interacción máquina hombre, el implemento constante del mantenimiento ya sea a corto y mediano plazo, nos evitara pérdidas económicas, de recursos y materiales. Con una buena organización evitaremos fallas y no se pararía la producción o el uso de los equipos de trabajo.

El mantenimiento no solo se da en la industrias, empresas o talleres, también se puede aplicar en la casa, como son las computadoras, teléfonos personales, aparatos electrodomésticos, etc. Incluso en nuestro propio cuerpo para tener una mejor calidad de vida, haciendo chequeos médicos, ejercitándose y comiendo sanamente.

Las ventajas son muchas, si se aplican eficientemente y correctamente, para industrias y empresas se generarían una mejor producción y los costos aumentarían, para el taller no se detendrían el funcionamiento de los elementos de trabajo y se alargaría su vida útil.

2.2 OBJETIVOS

En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

2.2.1 FALLAS

Se dice que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

Clasificación de las Fallas.

2.2.2 FALLAS TEMPRANAS

Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

2.2.3 FALLAS ADULTAS.

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.).

2.2.4 FALLAS TARDÍAS.

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.).

2.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Por lo regular se llevan a cabo 3 tipos de mantenimiento, los más conocidos, predictivo, preventivo y correctivo. Pero también existen otros no tan conocidos, pero igual de importantes los cuales pueden ser, mantenimiento cero horas, en uso, detectivo, mejorativo, proactivo y modificativo.

2.3.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Se relaciona con la variable física, desgaste o el desgaste de una máquina, herramienta o equipo de trabajo. Se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de las condiciones con las que se trabaja los parámetros y las condiciones operativas. Esto a futuro nos pronostica un punto de falla y así se reemplaza o se corrige el error con planes de corrección antes de que falle todo el sistema.

Algunos ejemplos de parámetros son, vibraciones, variaciones de temperatura, resistencia de soportes y aislantes.

Mediante la toma de lecturas se puede tener una perspectiva histórica de la variable seleccionada y la vida útil de la parte inspeccionada, el monitoreo es obtener indicaciones de las condiciones o estados de los equipos de tal manera que se puedan utilizar en óptimas condiciones, protección de máquinas y equipo de trabajo, esta parte es muy importante ya que con esto se deben prevenir fallas catastróficas, si sus condiciones no son adecuadas se debe detener automáticamente.

Un diagnóstico de fallas ayuda a detectar un problema en específico y nos ayuda con el pronóstico de vida útil de ese punto así nos quedara en claro que tiempo puede seguir en función el equipo antes de una falla.

2.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo se define como la programación de actividades de inspección de equipos tanto de funcionamiento limpieza y calibración, los cuales se deben llevar a cabo periódicamente en base a un control de calidad. Se trata de corregir problemas menores antes de que estos provoquen fallas.

Haciendo usos de datos de planeación se pretende evitar paros de producción o de manejo del equipo para obtener una alta efectividad de producción o trabajo.

Si el mantenimiento preventivo se hace correctamente se exige un conocimiento de las máquinas y el tratamiento de los históricos los cuales ayudan a controlar el equipo de trabajo.

Si se cuida periódicamente un estudio óptimo de conservación con la que es muy requerida su aplicación para obtener un sistema de calidad y su mejora continua.

Una de las desventajas del mantenimiento preventivo es sobrecargar los costos de este mismo si no se realiza el correcto análisis.

2.3.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

El mantenimiento correctivo se realiza después de que hay un fallo o problema en el sistema o en alguna parte en específico del sistema y así continuar con la producción o trabajo que se esté realizando según sea el caso.

Existen ocasiones en los cuales se es imposible predecir o prevenir un fracaso y la única solución es el mantenimiento correctivo. Y cuando no se realiza adecuadamente o en algunos casos no se realiza el mantenimiento preventivo entra inmediatamente en correctivo.

Este proceso se realiza después de determinar donde estuvo la falla en el sistema. El diagnostico consta de la inspección física, el uso del equipo para el diagnóstico, entrevista y evaluación a los operarios, entre otras medidas, también se toma en cuenta que causo el problema y tratar de que no se repita.

A continuación, se reparan los componentes dañados y en algunos casos los componentes pueden ser irreparables y en estos casos se sustituye la o las piezas.

Una vez realizado el arreglo un operario verifica que todo esté en orden para probar nuevamente si el sistema funciona.

2.3.4 MANTENIMIENTO CERO HORAS.

Mantenimiento cero horas o también conocido como overhaul, se define como el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los sistemas en intervalos programados antes de que aparezca el fallo. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, como si el equipo estuviera nuevo.

2.3.5 MANTENIMIENTO EN USO.

El mantenimiento en uso es el arreglo básico realizado por los usuarios, como puede ser tomas de datos, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, inspecciones, etc. Esto no requiere una gran preparación si no conocimiento de lo básico.

2.3.6 MANTENIMIENTO MEJORATIVO.

Mantenimiento mejorativo consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del sistema, se puede decir que es un rediseño de alguna parte del sistema o de todo el sistema en sí.

2.3.7 MANTENIMIENTO PROACTIVO.

Mantenimiento proactivo está dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan las fallas en los equipos o sistemas de trabajo, por cada falla hay una causa.

Cuando se detecta las causas de las fallas se debe evitar que estas continúen en los sistemas ya que esto nos lleva a reducir la vida útil de la maquinaria y equipo de trabajo. La técnica de detención temprana de las fallas es monitoreando los parámetros considerados donde ocurre la falla, así se toman acciones para que el equipo regrese a sus funciones laborales.

2.3.8 MANTENIMIENTO MODIFICATIVO.

En el mantenimiento modificativo es muy frecuente que se introduzcan modificaciones cuando se realiza un cierto trabajo, se debe dirigir los esfuerzos hacia un objetivo bien definido, intervenir en el punto exacto donde el problema existe y por último sacar el mayor rendimiento posible de la intervención realizada.

2.3.9 SISTEMAS AUTOMATIZADOS.

Los sistemas automatizados son sistemas donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, la cual consta de dos partes principales la de mando y operativa.

2.3.10 PARTE OPERATIVA.

La parte operativa actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la maquina se mueva y realice la operación deseada. Dichos elementos pueden ser motores, cilindros, compresores, etc. Y captadores como fotodiodos finales de carrera.

2.3.11 PARTE DE MANDO.

La parte de mando puede ser un autómata programable, se usaban muchos relés electromagnéticos, como tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos, este sistema fabricado automatizado debe estar en el centro del sistema y debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos que lo constituyen.

2.3.12 OBJETIVOS DE SISTEMAS AUTOMATIZADOS.

- Mejorar la productividad de la empresa o taller, reduciendo costes de producción y mejora la calidad de la misma.
- Mejora las condiciones de trabajo del personal, incrementando la seguridad.
- Realiza operaciones imposibles de controlar, tanto mental como manualmente.
- Mejora la calidad de los productos, produciendo una cantidad necesaria para un tiempo especificado.
- Simplifica el mantenimiento de forma que el operario no requiera un vasto conocimiento para manipular las máquinas.
- Integrar la gestión y producción.

2.3.13 MANTENIMIENTO EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS.

Se habla de un chequeo al sistema para tener al día nuestro sistema autómata y evitar posibles contratiempos que afecten los procesos. Por lo regular se dividen cuatro partes, planificar, ejecutar, controlar y evaluar.

2.3.14 PLANIFICAR.

Diagnósticos, los cuales los podemos obtener por medio de un software que detecte fallas en cierto punto del sistema, así se ahorraría tiempo y dinero en buscar una falla parte por parte. Hoy en día el software se puede utilizar vía internet por si el operario o el encargado del diagnóstico no se encuentran cerca del sistema.

Diseño de sistemas automatizados viene de la mano con diagnósticos, debido que se programa el software de acuerdo al diseño, procurar realizar un diseño funcional sin excederse a la complejidad, y que en un futuro el encargado de realizar mantenimiento encuentre el lenguaje del diseño.

2.3.15 EJECUTAR.

Prueba y error, llevar a cabo el proceso planeado para la anotación de los errores o posibles errores, aquí se ejecutarán las instrucciones del procesamiento.

Incluso en esta etapa se puede presentar el caso en que se rediseñe todo el programa del cual se planificó y mejorarlo. Así como los requerimientos para llevar a cabo las pruebas y

la instalación del sistema, el cual debe estar puesto en lugares estratégicos donde no se presenten fallas.

2.3.16 CONTROLAR.

Hoy en día es importante y la mayoría de los sistemas automatizados tienen un control y registro a normar establecidas. Es posible una mejora en registros de datos digitales, donde proponer características específicas que lo permitan.

2.3.17 EVALUAR.

Por cada mantenimiento en periodos de tiempo se obtienen datos que no siempre son corregidos adecuadamente. Por lo tanto, el registro es importante para problemas futuros.

2.4 MANTENIMIENTO EN CIRCUITOS Y ELEMENTOS NEUMATICOS

2.4.1 ANTECEDENTES.

Las primeras aplicaciones de neumática se remontan aproximadamente al año 2500 a.C. mediante muelles de soplado. Se utilizó en instrumentos musicales, en minería y en siderurgia. A partir del siglo XIX se comenzó a utilizar aire comprimido en la industria, como en martillos neumáticos, taladros neumáticos, tubos de correo, etc. A medida que se usaban las herramientas neumáticas surgió el mantenimiento para evitar el desgaste de las herramientas.

2.4.2 NEUMÁTICA.

El aire posee ciertas propiedades, por naturaleza volátil y su presencia transparente, se presenta en diferentes densidades. Los griegos fueron impresionados por todas estas características y según ellos, el aire se presenta como alma de los elementos, lo llamaban “p neuma”, así de esta forma utilizan esta técnica como fuente de energía llamada neumática.

Así que se puede definir a la neumática como: fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control y movimiento de máquinas y elementos.

Desde hace tiempo fue usada la técnica del aire como transportación marítima en veleros, en molinos de viento, así como para transformar energía eólica en mecánica. Hoy en día el aire puede llegar a comprimirse de tal forma que tiene usos tales como accionamientos de válvulas, accionamiento de fuerzas, para uso de aerosoles, mismos que se pueden ocupar para pintura, desodorantes, para uso de herramientas industriales e incluso para las llantas de los automóviles, como otras aplicaciones.

Algunos de los científicos que utilizaron la neumática fueron Torricelli, Pascal, Boyle, Gay Lussac, etc.

2.4.3 TEOREMA DE BERNOULLI.

El teorema de Bernoulli es principio físico que implica la disminución de la presión de un fluido en movimiento cuando aumenta su velocidad. Formulado en 1738 por el matemático y físico suizo Daniel Bernoulli. El teorema afirma que la energía total de un sistema de fluidos con flujo uniforme permanece constante a lo largo de la trayectoria de flujo. Como consecuencia de ello, el aumento de velocidad del fluido debe verse compensado por una disminución de su presión.

El teorema aplica al flujo sobre superficies, por ejemplo, las alas de un avión las cuales están diseñadas para que el aire fluya con mayor rapidez por encima de ellas que por debajo, por lo tanto, la presión de la parte inferior es mayor y esta diferencia de presión permite al avión mantenerse en el aire.

La aplicación en neumática se emplea en toberas donde el flujo se acelera al reducir el diámetro de los tubos, con la consiguiente caída de presión.

$$V_t = \sqrt{2(g)(h + \frac{v_o^2}{2g})}$$

Dónde:

V_t = *velocidad teorica del liquido a la salida del orificio.*

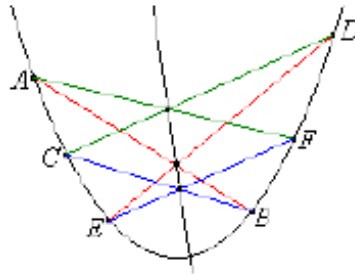
v_o = *velocidad de aproximacion o inicial.*

h = *distancia desde la superficie del liquido al centro del orificio.*

g = *aceleracion de la gravedad.*

Teorema de Torricelli.

El teorema de Torricelli es una aplicación al principio de Bernoulli y estudia el flujo de un líquido contenido en un recipiente a través de un pequeño orificio, bajo la acción de la gravedad. Con este teorema se puede calcular el caudal de salida de un líquido por un orificio con las siguiente formula.



2.4.4 TEOREMA DE PASCAL.

Teorema de Pascal también denominada Hexagrammum Mysticum Theorem, establece que si un hexágono arbitrario se encuentra inscrito en alguna sección cónica, y se extienden los pares opuestos de lados hasta que se cruzan, los tres puntos en los que se intersecan se encontrarán ubicados sobre una línea recta, denominada la línea de Pascal de esta configuración.

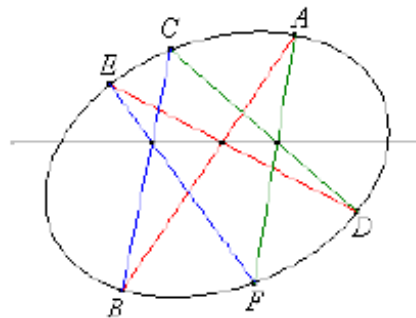


Figura 1. Ejemplo de los puntos que interceptan una circunferencia ovalo.

Nota. Tomado de Manual de mantenimiento de elementos de neumáticos y electroneumáticos del laboratorio de automatización de la Fime Xalapa (Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2010)

Figura 2. Ejemplo de los puntos que interceptan una línea circunferencial.

Nota. Tomado de Manual de mantenimiento de elementos de neumáticos y electroneumáticos del laboratorio de automatización de la Fime Xalapa (Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2010)

A partir de 6 puntos es posible considerar 60 hexágonos diferentes, que por el Teorema de Pascal dan lugar a 60 rectas de Pascal. Estas rectas pasan tres a tres por 20 puntos, llamados puntos de Steiner. A su vez, estos 20 puntos están cuatro a cuatro en 15 rectas llamadas rectas de Plücker.

Las rectas de Pascal también se cortan tres a tres en otro conjunto de puntos, llamados puntos de Kirkman, de los que hay 60. Asociado a cada punto de Steiner hay tres puntos de Kirkman tales que los cuatro están en una recta, llamada recta de Cayley. En total hay 20 rectas de Cayley, que concurren cuatro a cuatro en 15 puntos, llamados puntos de Salmon.

Ley de Boyle.

La ley de Boyle fue descubierta por Robert Boyle en 1662. Edme Mariotte también llegó a la misma conclusión que Boyle, pero no publicó sus trabajos hasta 1676. Esta es la razón por la que en muchos libros encontramos esta ley con el nombre de Ley de Boyle y Mariotte.

La ley de Boyle establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente, cuando la temperatura es constante.

Al aumentar el volumen, las partículas (átomos o moléculas) del gas tardan más en llegar a las paredes del recipiente y por lo tanto chocan menos veces por unidad de tiempo contra ellas. Esto significa que la presión será menor ya que ésta representa la frecuencia de choques del gas contra las paredes.

Cuando disminuye el volumen la distancia que tienen que recorrer las partículas es menor y por tanto se producen más choques en cada unidad de tiempo: aumenta la presión.

Lo que Boyle descubrió es que si la cantidad de gas y la temperatura permanecen constantes, el producto de la presión por el volumen siempre tiene el mismo valor.

Fórmula 2. Boyle Law.

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

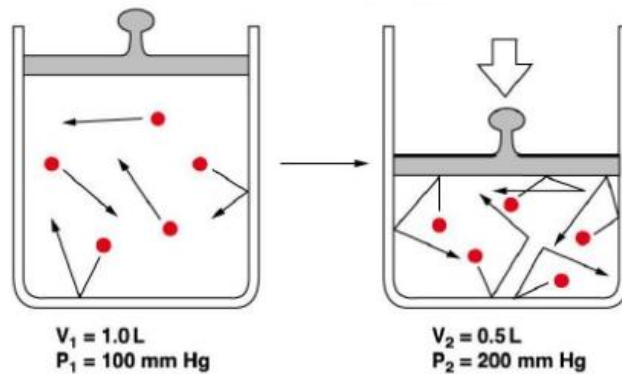
Dónde:

$P_1 = \text{Presión 1}$

$V_1 = \text{Volumen 1}$

$P_2 = \text{Presión 2}$

$V_2 = \text{Volumen 2}$



2.4.5 Ley de

Gay Lussac.

Ilustración 3 Ejemplo de la ley de Boyle.

Esta ley de Gay Lussac muestra la clara relación entre la presión y la temperatura con el volumen lleva el nombre de quien la enuncio en el año 1800.

La ley de Lussac expresa que al aumentar la temperatura, las moléculas del gas comienzan a moverse muy rápidamente aumentando su choque contra las paredes del recipiente que lo contiene.

Gay-Lussac descubrió que, no importa el momento del proceso el cociente entre la presión y la temperatura siempre tenía el mismo valor, o sea es constante.

La presión del gas es directamente proporcional a su temperatura:

Formula 3: Formula de temperatura expresada en kelvin

La obtención, el almacenamiento y la utilización del aire son relativamente baratos, además ofrece un bajo índice de peligro ya que no reacciona a otras energías como la electricidad y los combustibles líquidos y gaseosos.

2.4.6 Problemas comunes.

Existen varios tipos de factores que llevan a nuestros equipos y herramientas de trabajo a acabar su vida útil, los cuales son: fallo en estanqueidad, caídas de presión, envejecimiento, uso frecuente o el mal uso.

2.4.7 Fallo de estanqueidad.

Primero que nada estanqueidad o junta de estanqueidad son componentes de material adaptable que sirve para sellar la unión de caras mecanizadas de elementos de cierre, se ocupa en las cajas de transmisión de los autos pero para la parte de las instalaciones neumáticas se utiliza en las conexiones de los sistemas así evitar fugas de aire.

Cuando estas juntas de estanqueidad fallan por término de su vida útil no queda de otra más que reemplazarlas. Algunas veces pueden fallar cuando no están bien colocadas.

2.4.8 Caídas de presión.

La caída de presión es la disminución de un fluido o gas, dentro del conducto del sistema, se puede presentar en diferentes partes de sistemas o por desperfecto, ya sea en algún estrangulamiento, en algún instrumento de medición instalado o algún otro aparato puesto, también se puede generar en alguna fuga por ruptura de un tupo de transmisión de aire.

Puede ser grave para el motor que este suministrando el aire pero no afecta al conductor, la caída de presión se debe a que no se suministra lubricante como se debe o porque la bomba de aceite falle en el caso de los automóviles.

Para calcular una caída de presión se aplica la siguiente fórmula:

Formula 4: Caída de presión.

$$k = \frac{P}{T}$$

Dónde:

P = presión.

T = temperatura.

Se toma en k = expresión en kelvin.
cambiar si

cuenta que la fricción puede
el caudal cambia en la tubería

y para calcula fricción debemos tomar en cuenta la siguiente fórmula:

Formula 5: formula de fricción.

$$F = (u)(Qd)$$

Dónde:

u = es el coeficiente de rozamiento

Qd = caudal

2.4.9 Caídas de presión en abastecimiento de energía.

La caída de presión se presenta por diferentes razones una de ellas es el exceso de temperatura por eso es importante ubicarlo en un ambiente libre de cambios de temperatura. En ocasiones el bajo voltaje hace que trabaje en exceso el compresor y eso realiza el aumento de temperatura.

El conectar de manera incorrecta nos lleva a fugas y eso no permite el paso suficiente del aire.

Fuentes de soldadura que debe ser una parte importante en el compresor debido a que si en algún lugar específico de soldadura falla la fuga de aire sería grave.

En el sistema de refrigeración se puede dañar debido a falta del lubricante, en este solo debe circular aceite y refrigerante, cualquier otra sustancia será dañino para esta sección y así obstruir el paso de aire lo que conllevaría a una fuga.

En la unidad de mantenimiento se puede presentar sobre alguno de los elementos que lo componen o e inclusive por los tres.

El manómetro puede llegar a fallar alguno de sus componentes internos, la línea que lo conecta o las uniones de estanqueidad.

Válvula reguladora de presión, la cual, su principal causa de falla es por envejecimiento de la pieza o el mal uso, como por ejemplo forzar la pieza para abrir o cerrar.

El filtro, en este puede ser el as delicado debido a que su limpieza debe ser continua, los componentes

se acorta por
obstante se debe
diseñados y

$$CP = (P_s - P_e) - f$$

Dónde:

suelen fallar debido a su vida útil que
retener la suciedad del aire, no
tomar en cuenta que para eso fueron
prestarles una atención continua.

CP = caída de presión.

2.4.10 Caídas de presión de entrada y sensores.

Las botoneras se desgastan de sus entradas y de sus salidas de aire por el uso y la mala conexión, e inclusive las juntas se desgastan o fallan por el ambiente en el que se encuentren.

En los accesorios se presenta caídas de presión debido a sus usos excesivos, así que entre menos accesorios y uniones tenga el sistema menor caída de presión se presentara.

Por su parte en los sensores se presenta debido a su uso constante por el elemento de trabajo, cuando alguno se acciona se presenta un paso de energía y en ocasiones fuga de aire

2.4.11 Caídas de presión en elemento de procesamiento.

Se presentan fugas al igual que en los elementos de entrada, por las uniones, accesorios, etc. Debido a que se constituyen de diversas válvulas, así es como se presentan las caídas de presión.

2.4.12 Caídas de presión en elemento de mando.

Aparte de constituirse de válvulas nos encontraremos con temporizadores, contadores, manómetros, accesorios, entre otros.

Los que si nos damos cuenta el aire pasa por diversos elementos, todos los elementos que se presentan en esta sección realizan trabajos complejos, lo que si no se conectan correctamente se tendrán fugas mucho mayores y a consecuencia la caída de presión.

2.4.13 Caídas de presión en elementos de trabajo.

Existen caídas de presión principalmente cuando el elemento está dañado, por cuarteadura, por accesorio, por la conexión, en fin. En otras ocasiones como estos elementos principalmente se componen por cilindros, el aire se queda por dentro y surge la estanqueidad, que por consecuencia dañan al elemento internamente y así surgen las fugas.

Aunque no siempre se puede evitar las caídas de presión, si es posible evitar que surjan diversas fugas. Conectando correctamente los elementos, limpiándolos tanto por dentro como por fuera, revisando las redes de distribución, etc.

P_s = presión de salida.

P_e = presión de entrada.

F = fricción.

2.4.14 Envejecimiento.

Por sentido común, como el nombre lo indica el envejecimiento es la vida útil del sistema o de las herramientas de trabajo de elementos neumáticos, como todas las cosas, todo tiene un determinado tiempo de uso y para alargar el uso de los equipo se debe dar sus respectivo mantenimiento.

2.4.15 Uso frecuente.

El uso frecuente de los sistemas y de las herramientas agota la vida útil de los mismos por eso es importante saber cómo dar su respectivo mantenimiento ya sea lubricándolos, limpiándolos, reparándolos, etc. Pero cuando se presenta el mal uso es seguro que fallara todo el sistema.

2.4.16 Redes de distribución.

Las redes de distribución son sistemas de tubos que permite transportar la energía de presión neumática hasta el punto de utilización, desde un compresor hasta las herramientas o puntos de trabajo. Su importancia radica en que puede garantizar un mayor rendimiento y vida útil de la maquinaria.

Existen dos tipos de redes, interna y externa.

Externa la cual esta instala a la intemperie y propensa al ambiente y cambios de temperatura.

Interna la cual se encuentra aislada bajo alguna cubierta.

El diseño de la red de distribución se realiza de acuerdo a las necesidades de la empresa o de lugar de trabajo, así como de dos factores, el caudal y la presión del aire, que están ligadas al número de herramientas con las cuales se trabajara.

La construcción de la tubería debe ser lo más recta, el número de codos y de "T's" deben ser mínimos, con un 2% de inclinación hacia donde valla el sentido del aire, así cuando allá humedad condensada las trampas atrapan el agua y así su evacuación sea más fácil.

Para material de construcción se toma en cuenta tubo de acero galvanizado o tubo de pvc, pero si el presupuesto lo permite construirlo de un metal liviano y de un diámetro considerable por si en un futuro se agrega una sección nueva la caída de presión sea menor.

2.4.17 Construcción de una red de distribución.

La cual se divide en tres grandes grupos.

Abierta, a medida que el aire avanza abastece al sistema.

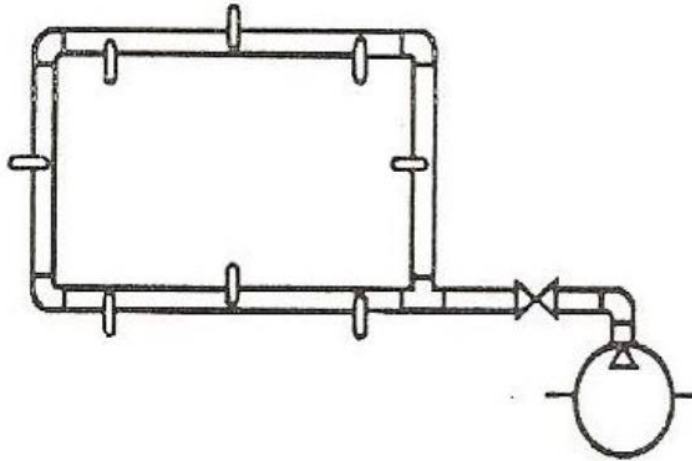


Ilustración 5 Diseño de tubería cerrada.

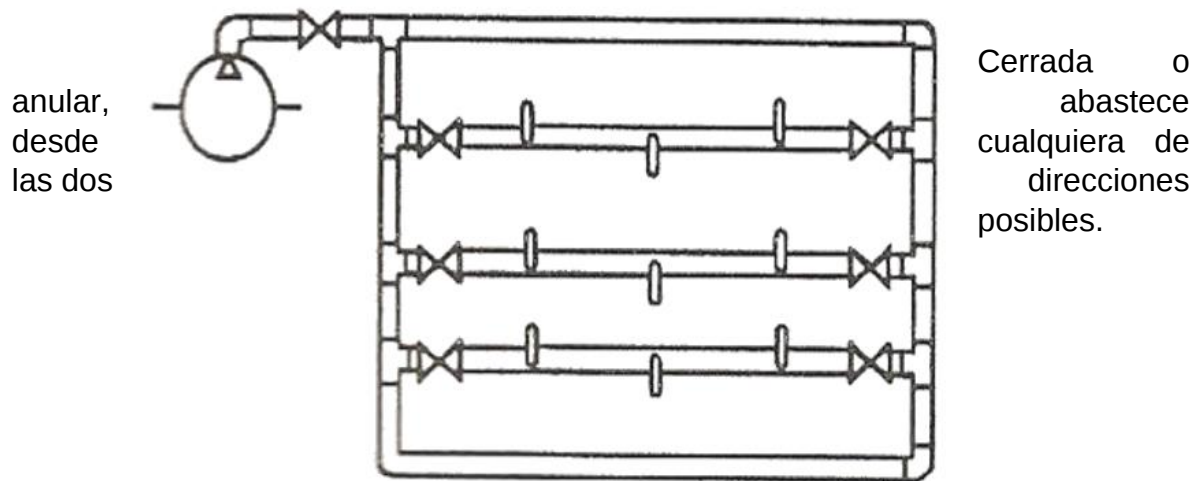


Ilustración 6 Diseño de tubería interconectadas.

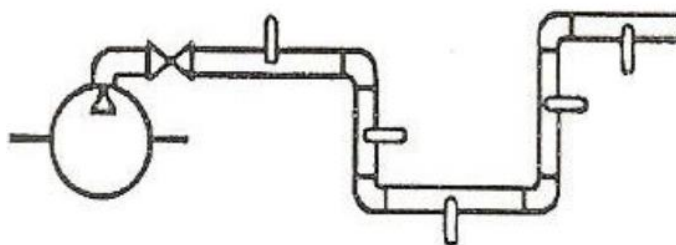


Ilustración 4 Diseño de tubería abierta.

Interconectadas, combinando de las dos anteriores, es de las más utilizadas.

2.4.18 Mantenimiento neumático.

Para llevar a cabo un excelente mantenimiento neumático es necesario aplicar una eficiente y eficaz gestión con el menor coste posible así el funcionamiento de la máquina desempeñará su papel importante y la productividad tendrá una mejor calidad.

Se considera los principales elementos a considerar para realizar dicho mantenimiento, prevención, detección e inspección.

2.4.19 Mantenimiento neumático preventivo.

Con actividades de rutina se evitan problemas en sistemas o elementos neumáticos, uno de los factores principales es la contaminación y es el enemigo número uno de los sistemas neumáticos, provocando reducción de eficiencia los cuales son difíciles de detectar, otro problema que presenta la contaminación es el desgaste de los componentes, los más comunes son en las bombas, motores, válvulas y cilindros.

Se considera contaminante a cualquier elemento extraño al sistema, ya sean partículas de calor, aire y agua. Se presentan por medio de partículas se generan dentro o fuera del sistema y las partículas metálicas se generan por desgaste de elementos y los contaminantes del exterior pueden ser arena y polvo.

Contaminantes químicos los cuales también pueden generarse dentro del sistema o fuera, la descomposición del aire se puede considerar contaminante químico.

Conforme se va desplazando el contaminante va aumentando el desgaste y reducir la eficiencia. La abrasión, la fatiga y la obstrucción son las tres formas en que los contaminantes pueden reducir la eficiencia.

2.4.20 Abrasión.

Las partículas abrasivas rozan los componentes metálicos del sistema. El metal se desgasta y las partículas se multiplican, pasándose a otras partes del sistema.

Para prevenir la abrasión debe evitarse la entrada de partículas e facilitar la salida de las mismas.

2.4.21 Fatiga.

Las cargas debidas a altas presiones astillan o rompen los elementos mecánicos, contaminando el sistema. Se previene regulando las presiones a una adecuada para el trabajo que se desee realizar.

2.4.22 Obstrucción.

Las partículas pequeñas se van acumulando sobre la superficie metálica, esto hace que se obstruya la circulación de los fluidos. Esto llega a dañar las válvulas y disminuye la disminución del sistema. Se aconseja checar los filtros para evitar que pasen partículas a su vez para evitar la obstrucción se debe desarmar el sistema y abrir cada elemento para su limpieza.

Para llevar un control de mantenimiento es necesario seguir las recomendaciones indicadas.

- Realizar las inspecciones diarias, se comprueba que no haya fugas en el sistema, en caso de haberlas se deben reparar de inmediato.
- Mantener en buen estado el depósito neumático, este se debe revisar periódicamente ya que si no se puede presentar averías y contaminación al sistema.
- Las válvulas deben estar perfectamente reguladas y solo las puede cambiar un especialista, es indispensable mantener la presión adecuada del sistema.
- Utilizar protectores a los elementos de trabajo, ya sean carcasas, aislantes, etc., esto evitara que se introduzcan polvo, roca o material corrosivo.

Al cambiar los filtros puede entrar la contaminación en el sistema ya sea que no se realice correctamente o no se usó uno adecuado. Se deben cambiar con un aproximado de 500 horas y se deben usos los de alto mantenimiento.

2.4.23 Detección.

Conocer lo que sucede dentro del sistema así como prevenir la contaminación también es importante conocer lo ocurrido. Una toma de muestras regular y el análisis es la mejor forma de detectar que es lo que falla en el sistema, con esto se evitan reparaciones costosas.

2.4.24 Inspección.

Se puede realizar la primera parte del mantenimiento preventivo inspeccionando y escuchando a la máquina. Si se sabe dónde buscar los problemas se resuelven de inmediato. En algunos casos se requiere de la inspección por personal profesional, cuando llegamos a este caso requerimos de la ayuda del distribuidor.

- Perdidas: en este caso es necesaria la inspección y la reparación del componente no hay de otra.
- Desviación: se requiere ajustar las válvulas, cilindros o la parte dañada o algunos casos reparación.
- Ruido: ya sea reparación del sistema o en algunos casos con llenar el depósito al máximo tendremos la solución.
- Calentamiento: esto se debe a la fricción, se debe regular la velocidad del sistema con válvulas reguladoras.
- Juntas: es por partes desgastadas se debe remplazar la pieza.
- Ciclos lentos: aquí debemos inspeccionar y reparar, puede ser por fugas, tuberías tapadas, etc.
- Movimiento excesivo de la manguera: se debe a la desalineación, lo cual se corrige con un ajuste al sistema ya sea apretando o sosteniendo correctamente.
- Muchas horas de servicio: cuando el sistema trabaja en exceso de horas se debe para por determinado tiempo aunque a veces no se puede parar una producción así que se tienen sistemas en repuesto.

2.4.25 Mantenimiento en elementos neumáticos.

Para mantener a los elementos en óptimas condiciones se debe empezar con el compresor, estanque de almacenamiento y la unidad de mantenimiento y por los componentes que lo componen.

- Debe ser limpiado periódicamente el compresor, se debe retirar el polvo para evitar que entre al sistema y se debe ajustar el compresor para evitar turbulencias. Debe darse mantenimiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- El mantenimiento de válvulas es muy importante ya que estos son los que realizan el funcionamiento principal del sistema. Se deben mantener limpios en todo momento en ocasiones las entradas y salidas de aire se dañan o se obstruyen con el tiempo por lo tanto deben ser cambiadas, solo basta desatornillarlas con una llave y colocar la nueva pieza, para las válvulas “Y”, “O” y de estrangulamiento se deben desatornillar y limpiar por dentro.
- Los elementos de trabajo varían de acuerdo al tipo de sistema que se esté manejando, para los cilindros que son los más comunes se deben

desatornillar y limpiar por dentro, para los cilindros de simple efecto en ocasiones el resorte por dentro debe ser reemplazado.

A los instrumentos de transmisión neumática cuyo elemento de medida es la presión se le llaman elementos neumáticos.

Los grupos de elementos se dividen de la siguiente manera.

- Abastecimiento de energía.
- Elementos de entrada o sensores.
- Elementos de procesamiento.
- Elementos de mando.
- Elementos de accionamiento.

Los elementos de un sistema son representados mediante símbolos normalizados y por su diseño explican la función que asume el elemento dentro de un esquema de distribución.

2.4.26 Abastecimiento de energía.

En los elementos de abastecimiento de energía se encuentran el compresor que es el que se encarga de introducir aire al sistema, eleva la presión de la masa de aire que se va a usar hasta conseguir un valor conveniente que es de aproximadamente de 6 bar, el compresor se acciona ya sea por energía eléctrica o de combustión interna.

La presión atmosférica es muy pequeña como para poder ser utilizada en circuitos neumáticos. Aquí es donde entra el compresor, toma el aire con unas determinadas condiciones y lo impulsa a una presión mayor a la entrada.

Algunos de estos compresores son de embolo, de paletas, de tornillo, de flujo y dinámicos.

Su mantenimiento consiste en la limpieza de la superficie periódicamente, comprobar que las conexiones estén en óptimas condiciones y comprobar que esté conectado al voltaje y amperaje que marca el fabricante para evitar la sobrecarga.

2.4.27 Fallos de estanqueidad en abastecimiento de energía.

Estanqueidad en el abastecimiento de energía en los cuales se presentan por las vibraciones del equipo, por humedad o simplemente por envejecimiento, revisando y cambiando periódicamente las juntas de estanqueidad no se presentaran problemas mayores o un paro del sistema completo.

Tomar en cuenta que una junta de mala calidad será propensa a fallar rápidamente o su vida útil no será la necesaria para un sistema que trabaje un largo periodo de tiempo.

El elemento que se encarga de almacenar el aire comprimido que proviene del compresor se llama acumulador. Su función básicamente consiste en estabilizar el suministro de aire comprimido al sistema y procurar que las oscilaciones de la presión mantengan en niveles mínimos. Tiene forma de un cilindro y su tamaño almacenado sea frío a este fenómeno se le conoce como condensación.

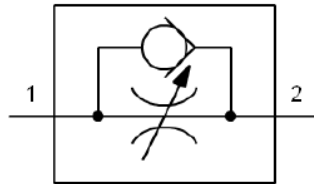
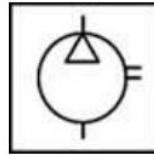


Ilustración 9 Símbolo de la válvula estranguladora de presión.

Evitar el estancamiento en el tanque de almacenamiento de aire es sumamente importante, para eso se debe checar el manómetro y verificar que no exceda el nivel de aire comprimido así evitaremos la estanqueidad ya que con esta se genera la corrosión y la obstrucción. Verificar constantemente que no tenga fugas es una de las tareas importantes.

Otra es la válvula reguladora de presión la cual consiste en reducir y mantener la presión independiente de las variaciones de entrada, si la presión aumentara repentinamente esta se cierra automáticamente. Para la calibración de la presión se regula mediante un tornillo de piloto como las que se encuentran en las tomas de agua entre más se abre más pasa el aire.

Algunas ocasiones esta válvula puede marcar erróneamente debido al uso frecuente que se encuentra por lo tanto es importante verificar que la aguja marque lo correspondiente dando un pequeño golpe a la mica del manómetro, así como verificar las uniones que deben estar debidamente conectadas, si se llegara a retirar esta pieza es indispensable colocar otra mientras es reparada.



Por último tenemos la **Ilustración 7 Símbolo de compresor.** unidad de mantenimiento la cual está constituida por tres elementos en uno, el lubricador, el filtro y un manómetro con regulador.

Con esto mantiene el aire libre de impurezas como son óxidos, polvo, etc., y evitan sobretodo la humedad, esto evita el deterioro del sistema y sus componentes.

El filtro como su nombre lo dice debe filtrarse el aire para que en este se queden las impurezas del aire y se debe examinar periódicamente el nivel de agua que se condensa, para purgar el agua condensada hay que abrir un tornillo existente en la mirilla, así mismo se debe limpiar el cartucho filtrante.

Regulador solo se encarga de regular el aire al sistema y con el manómetro se puede apreciar a cuanta presión se está trabajando en el sistema.

Lubricador verifica el nivel de aceite en la mirilla, estos se deben limpiar únicamente con aceites minerales.

Como la unidad de mantenimiento cuenta con tres componentes empezaremos con el manómetro el cual se debe verificar que la aguja este en la presión estándar del sistema, pero cuando falla es porque se ha dañado por dentro y si se desea reparar debe ser con mucho cuidado para que no quede des configurado. El filtro de aire hay que vaciarlo de vez en cuando con el tornillo que contiene en la parte inferior, si se llega acumular mucha humedad lo ideal es retirarlo y limpiarlo tanto por dentro como por fuera y el lubricador debe ser cambiado de acuerdo con las especificaciones del proveedor.



Ilustración 8 Símbolo del acumulador.

2.4.28 Elementos de entrada o sensores.

Sensores son los que se encargan de enviar la señal de aire al sistema se consideran accionadores o botones, sensores, rodillos, etc.

Para esto debemos conocer las válvulas, se representan esquemáticamente en el interior de casillas, las líneas representan los conductos y las flechas el número de posiciones de conmutación. Se nombran de la siguiente manera.

- Válvula 2/2, 2 vías con 2 posicionamientos.
- Válvula 3/2, 3 vías con 2 posicionamientos.
- Válvula 5/2, 5 vías con 2 posicionamientos.

El primer número indica el número de vías o tuberías y el segundo número indica el número de posiciones que tiene la válvula.

Para el mantenimiento de las los siguientes puntos:

válvulas se recomienda seguir

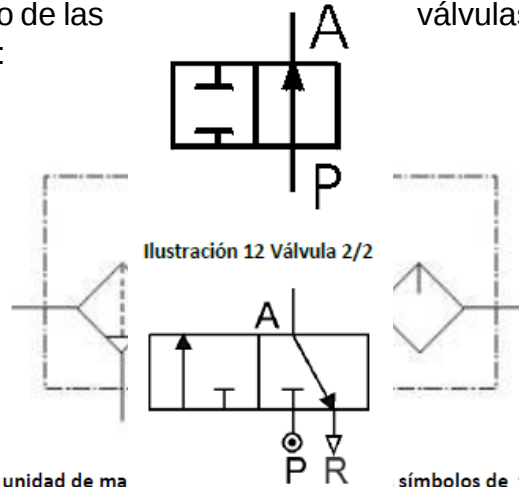


Ilustración 10 Símbolo de la unidad de ma

símbolos de todos los componentes que lo

Ilustración 13 Válvula 3/2

Ilustración 11 Símbolo

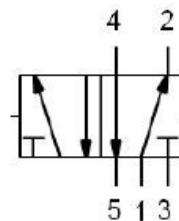


Ilustración 14 Válvula 5/2

símbolo simplificado.

- Lubricar las entradas y
 - Corregir las fugas que
 - Al poner los las mangueras para evitar romperlas.
 - Verificar que se accione adecuadamente tanto el avance como el retroceso.
 - Limpiarlas del polvo periódicamente
 - Limpiarlas con el aire comprimido internamente.
- salidas periódicamente.
se vayan presentando.
complementos donde se enclavan
procurar no apretar demasiado

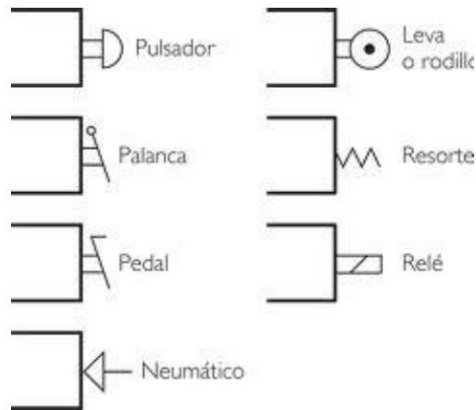


Ilustración 15 Tipos de accionamiento.

Para accionar las válvulas se necesita de un botón, un pedal, una palanca, un rodillo o una señal eléctrica para que regrese a su posición inicial se puede hacer por una señal mecánica o eléctrica, o por medio de un muelle.

No es mucho lo que se realiza con los accionamientos, con limpiarlos periódicamente y que estén fuera del polvo basta, pero en dado caso que alguno este roto debe ser removido y reemplazado por otro, ya que la mayoría son removibles.

2.4.29 Elementos de procesamiento.

Los elementos de procesamiento son aquellos que se encargan de maniobrar el sistema para que realice cierto trabajo, algunos de estos arreglos evita la sobre posición de señales.

Algunos de estos elementos pueden ser válvulas que se mencionan anteriormente, pero también se encuentran ciertos arreglos con función “Y” y función “O”, válvulas reguladoras de presión, contadores y temporizadores.

La válvula Y funciona cuando por el costado izquierdo y derecho llega una señal de aire, permitiendo el paso del aire a la siguiente parte del sistema, si por alguna razón en algunos de los costados no llegara aire el sistema falla por completo.

La válvula O permite el paso del aire y a la vez evita que el aire pase a otra parte del sistema bloqueándola, si por alguna razón llega aire por ambos lados de la válvula pasara el aire con la mayor presión.



Ilustración 16 Símbolo de válvula de simultaneidad o válvula Y.

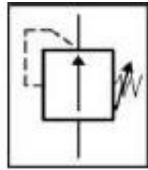


Ilustración 18 Símbolo de válvula de presión.

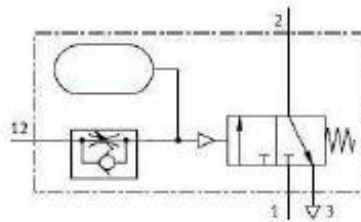


Ilustración 19 Arreglo de un temporizador compuesto de válvula de estrangulamiento, contenedor y válvula 3/2 con retorno por muelle.

Tanto la válvula “Y” como la válvula “O” contienen características similares como la forma, accesorios, forma de conectar etc. Su mantenimiento consta de cambiar las piezas dalladas, la limpieza continua del exterior y por dentro usando el aire comprimido y la válvula “O” contiene una pequeña esfera interior la cual debe revisarse que este correctamente colocada para evitar fugas de no ser así debe ser reparada, abriendo la válvula y cambiar la pieza necesaria.

Existen arreglos de válvulas como medidas de seguridad, pero también existen válvulas de presión y temporizadores, lo cuales cuando se llega a una determinada presión o un determinado tiempo el aire pasa a la siguiente parte del sistema.

El mantenimiento de estos elementos es sumamente importante ya que en su interior cuenta con varios elementos y si falla una puede fallar todo el elemento para eso es recomendable seguir las indicaciones del proveedor, así como mantenerlos limpios y fuera de lugares húmedos. Otra principal característica es las conexiones de mangueras que contiene ya que estas se rompen seguido y se deben cambiar con cuidado y con la herramienta adecuada.

2.4.30 Elementos de mando

Los elementos de mando son válvulas encargadas de enviar la señal de aire a los elementos de trabajo, las válvulas pueden ser monoestables las cuales tienen un muelle para que la válvula regrese a su posición inicial o válvula monoestable que necesitara de dos señales una para avance y otra para retroceso. Y dependiendo el tipo de trabajo se necesitara de válvula 5/2 o 3/2.

Estos son válvulas solo que se utilizan como medio para accionar los elementos de trabajo su mantenimiento son los mismos que las válvulas de accionamiento.

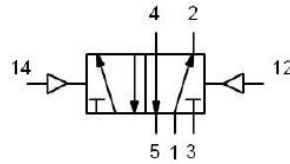


Ilustración 20 Válvula 5/2 bi-estable.

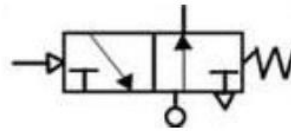


Ilustración 21 Válvula 3/2 monoestable.

2.4.31 Elementos de trabajo o accionamiento

Todo sistema tiene un objetivo ya sea el mover objetos, aplicar presión, cortar, etc. Se realizara con determinados elementos, los cuales pueden ser cilindros de doble o simple efecto, motores neumáticos, pinzas, chupones o ventosas, entre otras, los cuales se conocen como elementos de trabajo o accionamiento.

El cilindro de simple efecto funciona cuando se le aplica presión por un solo extremo y este realizara el trabajo en un solo sentido, el cual es sacar el vástago del cilindro y para el regreso cuenta con un muelle en su interior el cual cuando se le deja de aplicar presión regresa o por alguna fuerza externa.

El resorte requiere de un constante mantenimiento ya que este puede llegar a romperse o atorarse, por lo regular los cilindros se pueden desarmar por la mitad sin afectar el embolo, su lubricación solo puede ser de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

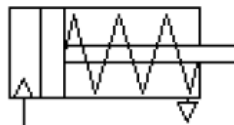


Ilustración 22 Cilindro de simple efecto.

Cilindro de doble efecto tiene la misma funcionalidad que el de simple efecto a diferencia que para que este regrese se necesite de otra presión al otro extremo del cilindro así puede realizar trabajo en ambas direcciones.

Existe el cilindro diferencial que cuenta con un solo vástago y es utilizado cuando se quiere realizar trabajo en un sentido. Y el cilindro de doble vástago el cual tiene los vástagos en ambas direcciones del émbolo.

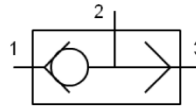


Ilustración 17 Símbolo de válvula O.

Es importante la limpieza tanto exterior como interior, así como la lubricación adecuada, los émbolos requieren ser revisados después de su uso ya que estos realizan trabajos a veces muy pesados y pueden llegar a sufrir rayones o grietas.

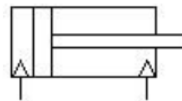


Ilustración 23 Cilindro de doble efecto.

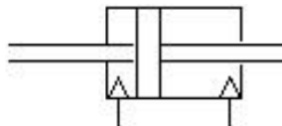


Ilustración 24 Cilindro de doble efecto diferencial.

2.4.32 Circuitos neumáticos.

Para poder desarrollar sistemas neumáticos es necesario seguir diversos pasos y contar con una documentación detallada. Para ello se necesita, diagrama de bloques, de flujo, esquema de distribución, un listado de piezas, manual de trabajo, información para mantenimiento con lista de piezas de repuesto y de ser necesario ficha técnica de los elementos.

Existen sistemas neumáticos con un elemento de trabajo o con dos o más elementos de trabajo. Sin embargo los sistemas neumáticos en su mayoría están constituidos por más de un elemento de trabajo por lo tanto se debe plantear lo más claro posible.

2.4.33 Mantenimiento en circuitos neumáticos.

Dado que cada instalación o circuito neumático es distinto de acuerdo a su diseño, uso, componentes, capacidad, etc. Se tendrá en cuenta lo siguiente.

- Diseño adecuado y el dimensionamiento de donde se encuentre la
 - instalación, incluyendo el tipo de compresor y el depósito. Ya que entre más grande la instalación más difícil y costosa será el mantenimiento.
 - Ubicación del compresor y almacén. Estos deben tener un área de refrigeración y aspiración de aire fresco para evitar el sobrecalentamiento. Así como comprobar periódicamente el nivel de aceite.
-
- El compresor lleva separador de aire y de aceite, a veces juntos y a veces no, pero ambos deben ser sustituidos cuando su presión de trabajo sean excedidos, y el aceite debe ser el que indica el fabricante.
 - Revisar el estado de tensión de los sistemas de correas de transmisión del motor al compresor.
 - Los filtros deben ser limpiados o cambiados dependiendo de sus situación o por los datos del fabricante.
 - Las trampas de los drenajes deben ser revisadas de forma habitual.
 - Comprobar y monitorizar de forma continua la presión y el flujo del aire, así como el filtrado, para evitar averías y paradas, reducir gastos y alargar su vida útil.
 - Revise a fondo las fugas del circuito neumático, en especial de conectores, acoplamiento, extensiones, actuadores neumáticos, válvulas, filtros, medidores de presión, caudal neumático, etc. Las fugas producen muchos inconvenientes como: derroche energético, calentamiento energético, calentamiento excesivo de compresores válvulas, menor duración del sistema, etc.
 - Se deben cumplir todas las normas de seguridad de los fabricantes de cada uno de los componentes, en especial en cuanto a ubicación, amarre, presión y volumen de trabajo, protección de riesgos mecánicos, etc.
 - Accesorios, los cuales se deben tener en una cantidad necesaria para cuando algún elemento se tenga que reemplazar. Algunos de los accesorios son: entradas y salidas de válvulas, silenciadores, tapones, codos, mangueras, adaptadores, etc.

2.5 Mantenimiento en circuitos y elementos eléctrico neumáticos

2.5.1 Antecedentes.

El mantenimiento eléctrico es muy importante en una empresa y el cual debe ser continuo. En estos tiempos el mantenimiento eléctrico debe desarrollarse bajo el concepto de reducir los tiempos de intervención, con el fin de obtener la menor disponibilidad para el servicio así podemos dividir el mantenimiento eléctrico de la siguiente manera.

Mantenimiento rutinario, correctivo, programado, preventivo y correctico.

Se debe tener en cuenta ciertos términos que analizar.

Las acciones de planificar, programar, ejecutar, la supervisión y el control del mantenimiento eléctrico.

La continuidad del mantenimiento que se realiza sin interrupciones.

Por último la permanecía la cual debe ser firme y constante.

2.5.2 Electroneumática.

En electro neumática, la energía eléctrica sustituye a la energía neumática como generador de señales de control que se encuentran en los sistemas de mando. El principio se basa en convertir una energía eléctrica en una neumática para generar movimiento mecánico por medio de actuadores neumáticos.

Algunos de los dispositivos que se usaran son elementos de retención, interruptores de final de carrera, relevadores, válvulas electro neumáticas, entre otras.

Hoy en día la electro neumática es una de las más importantes hablando como método de automatización para la optimización de procesos industriales. Fue resultado de la evolución de la neumática la cual es una disciplina bastante antigua de la cual se habló en el capítulo anterior.

En electro neumática los actuadores siguen siendo neumáticos, los mismos que en la neumática básica, pero las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido.

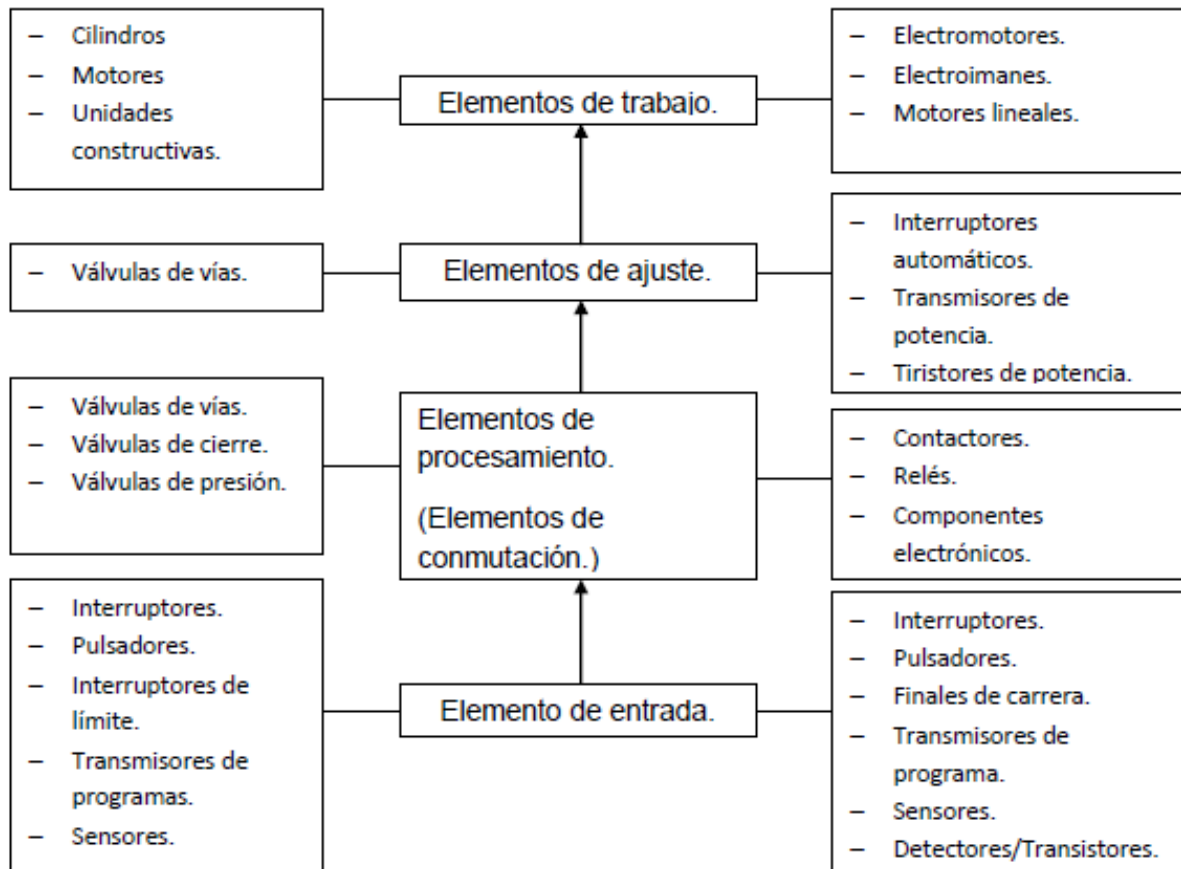
Las electroválvulas son convertidores electro neumáticos que transforman una señal eléctrica en una actuación neumática. Por otra parte los sensores, fines de carrera y captadores de información son elementos eléctricos, con lo que la regulación y la automatización son, por tanto, eléctricas o electrónicas.

Las ventajas de la electro neumática sobre la neumática pura son obvias y se concretan en la capacidad que tienen la electricidad y la electrónica para emitir,

combinar, transportar y secuenciar señales, que las hacen extraordinariamente idóneas para cumplir tales fines. Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios del sistema.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede definir electro neumática como la tecnología que trata sobre la producción y transmisión de movimientos y esfuerzos mediante el aire comprimido y su control por medios eléctricos y electrónicos.

Podemos también observar las diferencias entre la neumática/hidráulica y un sistema electrónico, para esto podemos apreciar las diferencias y semejanzas en la siguiente tabla.



2.5.3 Mantenimiento electro neumático.

Los elementos que se utilizan en la electro neumática son similares a los de la neumática, con la diferencia de que los elementos de mando, de procesamiento y de entrada cambian por elementos que actúan por medio de una señal eléctrica.

El abastecimiento de energía neumática no cambia, se tiene compresor, almacenamiento de energía, filtros, unidad de mantenimiento, etc.

En los elementos de entrada es donde ya se tiene una variante con los interruptores, pulsadores y rodillos ya que estos son remplazados por botones eléctricos y sensores.

2.5.4 Botones.

La mayoría de veces los botones son los que tienden a fallar, al ocurrir un corto circuito debido a una mala conexión en el sistema, el integrado del circuito se quema. Una solución muy efectiva la cual consiste en soldar un puente por medio de un cable de la parte que se halla quemado, para llevar a cabo se requiere medir la conductividad de un extremo al otro de la tablilla del circuito hasta encontrar la que no transmita señal y por consiguiente reparar el problema.



Ilustración 25 Símbolo del botón.

2.5.5 Sensores.

Los sensores son los que se encargan de informar al órgano de mando el estado en el que se encuentra el sistema. Detectan posición, presión, temperatura del caudal, velocidad, etc.

Existen muchos tipos de sensores, óptico, de proximidad, magnéticos entre otros, en esta ocasión ya no se utilizan los rodillos ya que los sensores ocupan esa función por medio de la señal eléctrica.

2.5.6 Sensores magnéticos o inductivos.

Los sensores magnéticos o también llamados sensores inductivos se utilizan para detectar piezas metálicas en distancias muy cortas aproximadamente de 30 mm máximo. Consta con un núcleo de ferrita con embobinado oscilante con lo cual le permite crear un campo magnético y conlleva a la debilitación del circuito oscilante, como consecuencia se produce una disminución de la amplitud de las oscilaciones. Un circuito detecta dicha variación de amplitud y manda una señal la cual recibió el sensor.

En ocasiones el elemento de trabajo choca con el sensor debido a que debe estar cerca para que funcione el sistema, en estos casos si se llegara a romper se debe tener las piezas necesarias para repararlo o en ocasiones al no tener cuidado al

retirarlo los cables que lo componen se rompen o se desueldan y hay que reparar el daño.

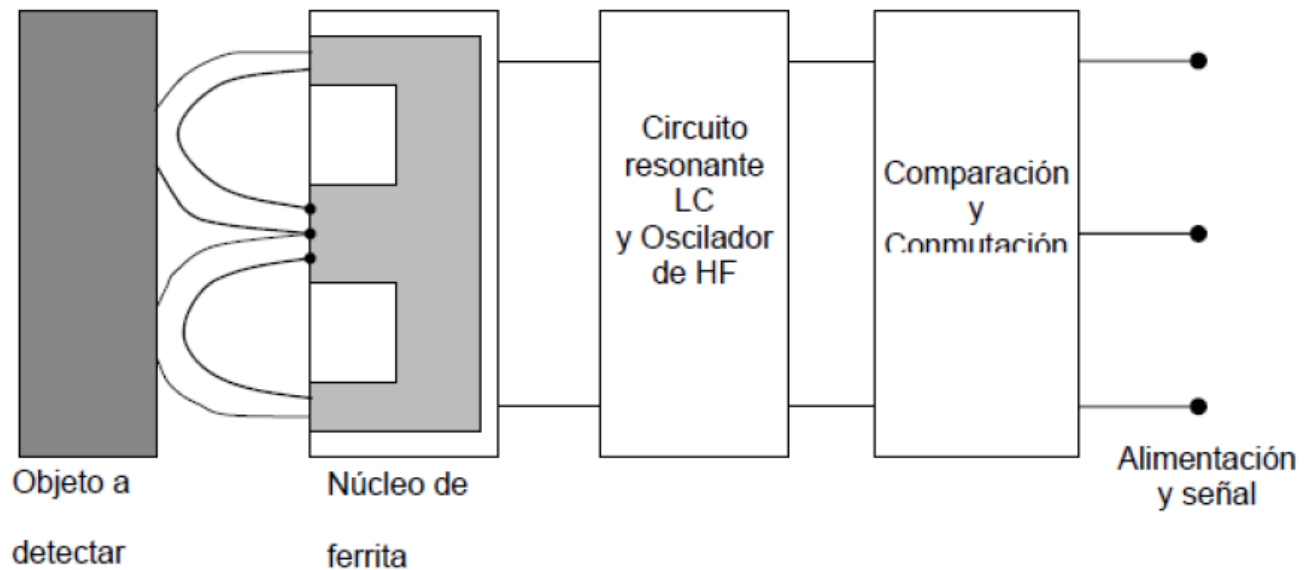


Ilustración 26 Esquema de funcionamiento de un detector de proximidad inductivo.

2.5.7 Sensores capacitivos o de proximidad.

Los sensores capacitivos permiten la detección sin contacto de materiales conductores y no conductores, como madera, vidrio, plástico, por mencionar algunos.

Se aplica de igual manera que el anterior donde manda una señal eléctrica al sistema cuando el material hace el contacto con el sensor.

Funciona por medio de dos electrodos metálicos colocados concéntricamente, los cuales forman un acoplamiento reactivo con un oscilador de alta frecuencia, así se provoca una interferencia, cuando el objeto se aproxima a la cara activa se introduce en un campo eléctrico de los electrodos, lo cual provoca un aumento de acoplamiento capacitivo de los electrodos y empieza la oscilación, por último el amplificador analiza la oscilación y la transforma en conmutación.

De la misma manera cuando el elemento de trabajo choca con el sensor se puede romper y se necesitara una reparación de la pieza dañada, la limpieza es importante y revisar periódicamente que los cables estén debidamente soldados.

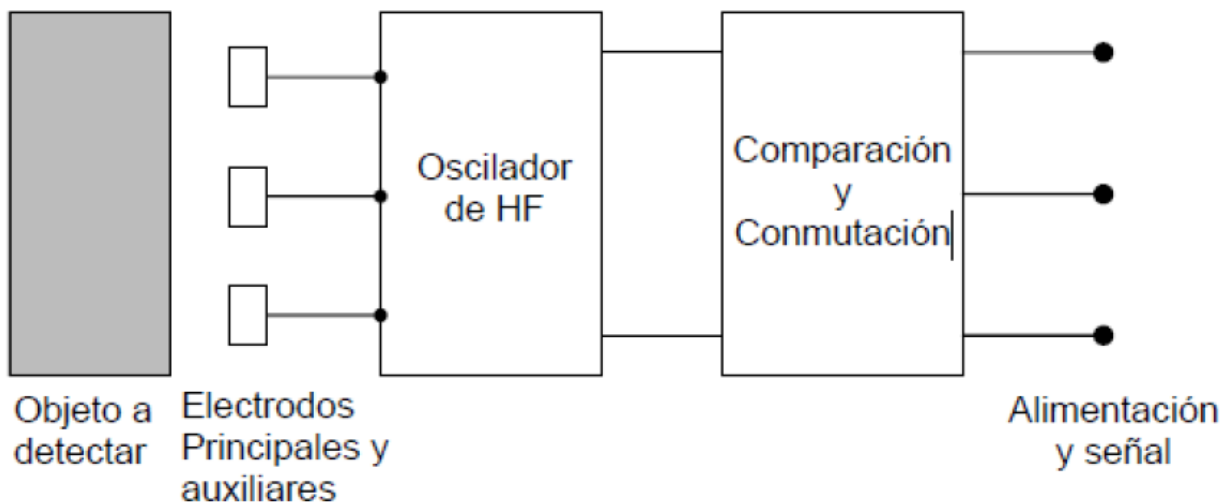


Ilustración 27 Esquema de funcionamiento de un detector de proximidad capacitivo.

Si combinamos el sensor magnético con el inductivo se obtiene un detector magneto/inductivo, el cual se ocupa en la mayoría de las veces en cilindros neumáticos. El cual se fija en el pistón del cilindro el cual con el campo magnético es detectado con el núcleo de la bobina.

2.5.8 Sensores ópticos o fotoeléctricos.

Los sensores ópticos funcionan gracias a que se tiene un emisor y un receptor, con las variaciones de luz el receptor reacciona cuando las emite el emisor. La variación de luz se transforma en una activación de salida, la activación de salida por la luz se denomina conmutación por luz y la activación de salida por interrupción del rayo de luz se denomina conmutación por oscuridad. Un ejemplo en la vida cotidiana es cuando se ve televisión el cual es el emisor y la persona es el receptor, el televisor manda la variación de luz y la persona la recibe y procesa.

Para evitar perturbaciones de otras luces externas como puede ser la luz solar o de alguna luminaria, el emisor modula la luz que emite.

Funciona de distintas maneras:

Palpación directa, el cual el emisor y el receptor se encuentran en la misma unidad, el haz de luz es reflejado cuando se encuentra con el objeto que se desea detectar, recibéndolo el emisor como se muestra en la imagen.

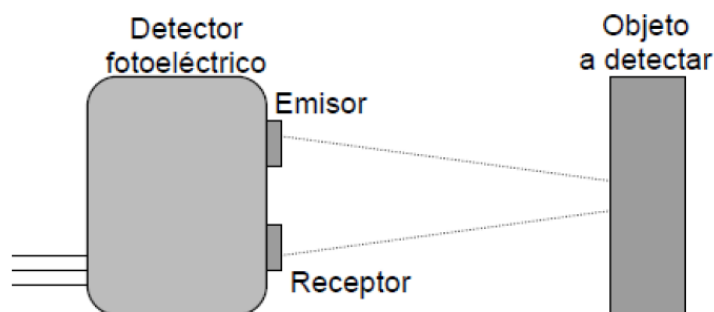


Ilustración 28 Esquema de funcionamiento de un detector óptico.

Esta no presenta el problema de las anteriores que ser golpeada por el elemento de trabajo debido a que este se encuentra a una cierta distancia, pero se debe limpiar periódicamente para evitar la obstrucción de la lente.

2.5.9 Sistema enfocado.

El sistema enfocado es igual al sensor óptico, con el emisor y el receptor en un solo mismo elemento, la diferencia es que el punto de enfoque se encuentra por medio de una lente convergente en una distancia prefijada del receptor, se activa cuando el objeto está a una distancia de la reflexión.

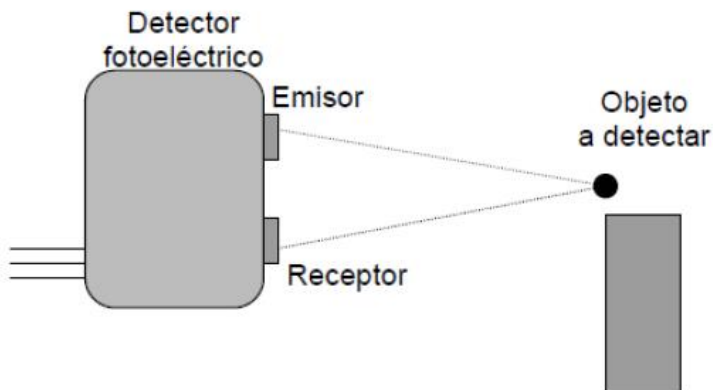


Ilustración 29 Esquema de funcionamiento de un detector enfocado.

2.5.10 Sistema emisor receptor.

Tanto el emisor como el receptor se encuentran en dos componentes por separado y cuando el objeto pasa entre la señal del emisor y receptor se manda la señal al sistema.

Este sensor tiene la misma ventaja de no poder ser golpeado por el elemento de trabajo, así solo se debe cuidar del polvo y de repararlo cuando se queme o se desoldé.

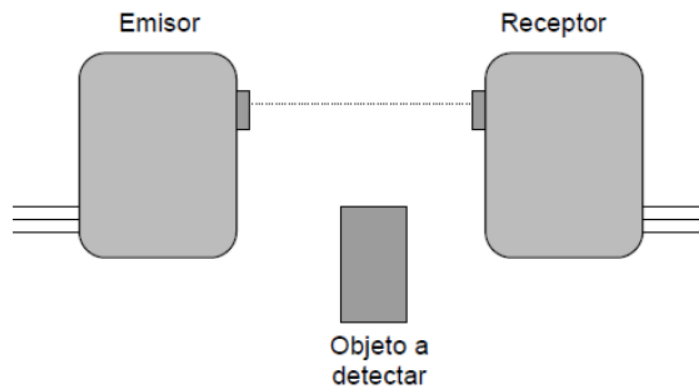


Ilustración 30 Esquema de funcionamiento de un sistema receptor.

2.5.11 Sistema de barrera.

Por medio de la interrupción del haz de luz es como se manda la señal al sistema, esto se debe a que en un solo componente se tiene el emisor y el receptor, mediante un espejo es como se conecta el haz de luz del emisor al receptor.

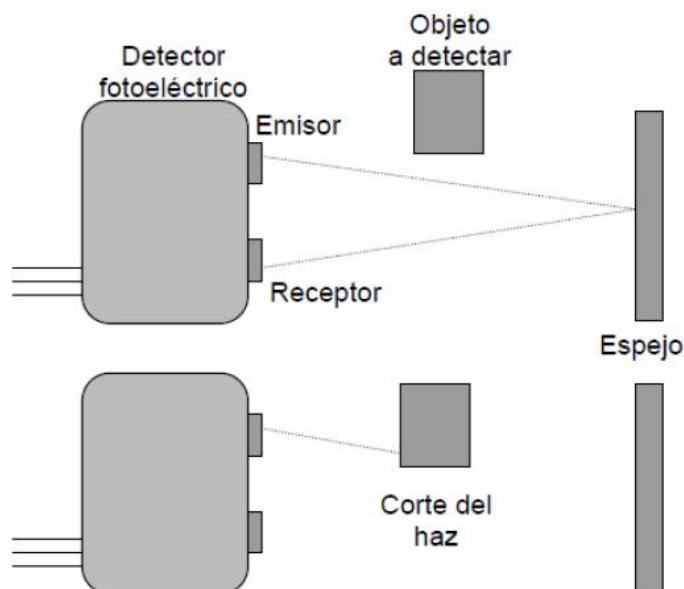


Ilustración 31 Esquema de funcionamiento de un sistema de barrera.

A diferencia de los detectores de proximidad es, los detectores eléctricos o fotoeléctricos se detectan distancias más grandes y permiten la identificación de colores.

Con estas hay que tener mayor cuidado debido a su complejidad.

Elementos de procesamiento.

En los elementos de procesamiento se ocupan los mismos que en neumática, válvula “O”, válvula “Y”, arreglos de válvulas que se necesiten para evitar sobre posición de señales, temporizadores, reguladoras de presión, etc.

Elementos de mando.

Por esta parte se cambiara válvulas neumáticas por válvulas electro-neumáticas, seguirán siendo 3/2, 5/2, etc. Pero el accionamiento será por señal eléctrica que es enviada por un botón directamente de la señal eléctrica o por un relevador el cual evita que la válvula se queme.

Cuando la válvula es monoestable se manda la señal a la válvula y el regreso es por medio de un muelle como en neumática.

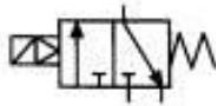


Ilustración 32 Válvula 3/2 simple bobina.

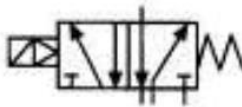


Ilustración 33 Válvula 5/2 simple bobina.

Y cuando es bi-estable avanza con una señal eléctrica y para su retorno ocupamos otra señal eléctrica.

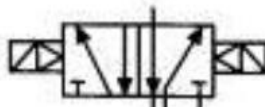


Ilustración 34 Válvula 5/2 doble bobina.

El mantenimiento en la parte neumática es igual a la de las válvulas del capítulo anterior, pero por la parte eléctrica se debe tener en cuenta algún corto o desprendimiento de cables. Cuando el relevador que se encuentra a un costado de la válvula ya sea bi-estable o monoestable se debe retirar, revisar y de ser necesario cambiar la pieza completa

2.5.12 Elementos de trabajo.

De la misma manera que los elementos de procesamiento se utilizarán los elementos de trabajo que se usaron en neumática, cilindros de simple y doble efecto, algunas herramientas que se ocupan en la industria como sierras, taladros, martillos, etc.

Cabe mencionar que su mantenimiento se basa en elementos neumáticos al menos que se trate de algún elemento electrónico lo cual se trataría de tal forma que no se encuentre en algún estado que pueda afectar al circuito.

2.5.13 Circuitos electro-neumáticos.

Para la realización de los elementos electro neumático es necesario llevar a cabo ciertos pasos y criterios, como la realización de diagrama de bloques, de flujo, esquema de distribución, un listado de piezas, manual de trabajo, información para mantenimiento, ficha técnica de los elementos, todo esto son elementos que se tomaron en cuenta en el capítulo anterior para la construcción de circuitos neumáticos.

2.5.14 Mantenimiento electro-neumático.

Con el fin de eliminar el uso del aire comprimido se creó el sistema electro-neumático, debido que su costo de mantenimiento es mucho más bajo y su instalación es mucho más fácil.

2.5.15 Mantenimiento electro-neumático preventivo.

Tomar en cuenta las especificaciones de uso del manual de fábrica es muy importante, como se mencionó en el capítulo anterior, sin embargo se debe tener una previa capacitación para poder operar con equipos eléctricos. No es necesario ser expertos en electrónica o electricidad para manejar equipo electro-neumático, pero si es importante saber lo básico y lo necesario.

Los siguientes puntos se pueden tomar en cuenta para prevención:

- Tener en cuenta que la conexión a la fuente de alimentación debe tener el voltaje requerido (24 V)
- Usar cables de diferentes colores para la conexión.
- Comprobar que los cables de válvulas y sensores estén aislados.
- Comprobar que la soldadura este correctamente.
- Antes de realizar alguna conexión revisar que el aire este desactivado.
-

2.5.16 Detección.

Es importante saber las conexiones correspondientes de acuerdo al diagrama secuencial y usar los colores indicados para evitar dañar el sistema.

Los relevadores son parte importante, ya que funciona como un interruptor accionado electrónicamente, para determinar potencias de ruptura. Cada relevador se le asigna un número (por lo regular se asigna Kn) y cada relevador tiene un número de interruptores normalmente abiertos y cerrados así se facilita la conexión y se evitan errores.

2.5.17 Inspección.

Cuando se detecta alguna falla como, ruido, sobre posición de señales, calentamiento, etc., se debe desconectar de la fuente de voltaje rápidamente y enseguida quitar la fuente de presión. Analizar línea por línea de ser posible guiándose del esquema de distribución, al detectar la falla repararla o cambiarla dependiendo del problema.

Si es algún ruido analizar la pieza por separado.

Por calentamiento es recomendable cambiar la pieza de inmediato.

Sobre posición de señales analizar el sistema y el esquema de distribución.

Y siempre es importante verificar si los fusibles están en buen estado para evitar dañar los elementos.

2.5.18 Mantenimiento en circuitos electro-neumáticos.

El mantenimiento por la parte neumática se toma los criterios del capítulo anterior, pero para la parte eléctrica se debe tomar en cuenta los siguientes puntos.

- Revisar que el circuito este armado como el diagrama.
- Conectar de un solo color lo que se conecte a la fuente de 24 V.
- Conectar con otro color lo que vaya a tierra.
- Limpiar constantemente el área de trabajo.
- Revisar si el sistema funciona accionando los cilindros para la detección de señales.
- Procurar que los cables no se enreden entre sí.
- Conectar primero todo el sistema y al final alimentar el sistema para evitar cortos por cualquier confusión.

Es importante revisar periódicamente los cables, que tengan la conductividad requerida para que el sistema funcione adecuadamente, la conductividad requerida son 24V, verificar su correcta conexión y que no estén dallados ni quemados.

Los módulos de relevadores son parte importante del sistema y se debe realizar una prueba y erros de la bobina interna para verificar que funcione, se puede realizar aplicando una pequeña carga de la fuente de energía.

La humedad juega un papel importante en el sistema ya que si se encuentra la vida útil del sistema se hace más corto y seria perdida de material y económico.

2.5.19 ¿Qué hacer en caso de que mi sistema falle o se queme?

Primero es revisar la caja de fusibles y comprobar que no se halla quemado alguno de ser así se debe cambiar en la brevedad, por eso es importante tener repuesto para este tipo de circunstancias.

Revisar la instalación antes de ponerla de nuevo a trabajar, por ejemplo, realizar pruebas con el multímetro para detectar la falla.

Comprobar línea por línea para cerciorarse de que no esté mal conectado de acuerdo con las especificaciones.

En caso de que se quemara algún componente o algún cable deberá cambiarse y corroborar si el cable es resistente al valor que se trabaje, esto nos lleva a revisar el amperaje y el valor de voltaje para cerciorarse de que son los correctos.

3 DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Mantenimiento de elementos neumáticos y electro neumáticos para la . maquina Servo 10 ST 450.

Este capítulo se enfoca en el mantenimiento preventivo y correctivo de la Maquina Servo 10 ST 450 la cual se encuentra en la planta Robert Bosh Querétaro, el propósito es optimizar el proceso de calidad en el ensamblaje de tornillería para mecanismos de reducción en el sector automotriz, lo cual permitirá mejorar en la eficiencia operativa, minimizar tiempos de inactividad, reducir defectos en el ensamblaje y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos.

El manual integra los principios fundamentales de mantenimiento neumático y electro neumático presentados anteriormente, adaptándolos específicamente a las necesidades y características de la maquina Servo 10 ST 450.



3.2 Características Técnicas de la maquina Servo 10 ST 450

Servo 10 ST 450 es una maquina semiautomatizada diseñada para el ensamblaje de tornillería en subconjuntos del tipo Servo Housing, componente fundamental en direcciones electro asistidas y sistemas automotrices, esta maquina forma parte del proceso de ensamblaje en la planta Robert Bosh Querétaro.

Su operación se basa en un sistema mecatrónico que integra elementos neumáticos, electroneumáticos y control programable, asegurando la precisión en el torque de apriete y trazabilidad del proceso mediante lectura de códigos QR.



3.2.1 Especificaciones Técnicas

Parámetro	Especificación
Modelo	Servo 10 ST 450
Aplicación	Ensamble de tornillo en pieza tipo Servo Housing
Torque de calibración (Tornillo superior)	3 Nm (Newton Metro)
Torque de calibración (pinion inferiro)	9 Nm (Newton Metro)
Sistema de Calibración	Servo motor con husillo y punta especializada
Trazabilidad	Sistema de escaneo de código QR
Control de proceso	PLC industrial (Simens)
Sensado	Sensores de proximidad, ópticos y de posición.
Sistema neumatico	Cilindros, válvulas, unidad FRL
Presion de operacion	6 bar (valor nominal)
Compresor	Integrado a red industrial, con filtración y regulación.
Seguridad operativa	Puertas de enclavamiento y sensores.
Interfaz	HMI, Botonera de arranque/ parada, indicadores luminosos.
Alimentacion Electrica	220 VCA / 50 – 60 Hz
Comunicación	Ethernet / Profinet

3.2.2 Funcionamiento del Ciclo de Ensamblaje

1. Carga de pieza: El operador coloca manualmente la pieza Servo Housing sobre la base de trabajo.
2. Inicio de ciclo: Mediante botonera, el operador activa el ciclo de trabajo. Las compuertas neumáticas se cierran automáticamente.
3. Ajuste de tornillo superior: Un servo motor con herramienta especializada realiza el apriete del tornillo a un torque controlado de 3 Nm.
4. Registro y trazabilidad: Un sistema de visión o lector escanea los códigos QR de la pieza para asociar el proceso a una base de datos central.
5. Calibración inferior: Se activa el segundo servo motor o herramienta inferior que aplica un torque de 9 Nm sobre el componente llamado PINION.
6. Fin de ciclo: Una vez verificados los parámetros, las compuertas se abren y la pieza puede ser retirada.

3.3 Componentes Mecatrónicos

- Neumáticos:
 - Cilindros de doble efecto para cierre de compuertas
 - Válvulas 5/2 monoestables y biestables
 - Unidad FRL (Filtro, Regulador, Lubricador)
- Electroneumáticos:
 - Electroválvulas controladas por PLC
 - Sensores de posición inductivos y ópticos
 - Relés de control y protección
- Sistema de Control:
 - PLC industrial programado para ejecutar el ciclo automático
 - Interfaz HMI básica para diagnóstico y monitoreo de procesos
 - Escáner de códigos QR con conexión al sistema de trazabilidad de Bosch
- Accionamientos:
 - Servomotores con sistemas de torque controlado
 - Encoder para retroalimentación de posición y par aplicado

3.4 Seguridad y Normativa

- Cumple con normativas de seguridad industrial IEC/EN 60204-1
- Equipado con enclavamientos de seguridad en compuertas
- Retroalimentación para prevención de errores de ciclo
- Botón de parada de emergencia de fácil acceso



3.5 Mantenimiento Preventivo

3.5.1 Programa de Mantenimiento

Componente	Frecuencia	Actividades	Herramientas	Indicadores de Desempeño
Unidad de Mantenimiento	Diario	• Verificar nivel de aceite • Drenar Condensado • Revisar presión de trabajo	• Manómetro • Recipiente para condensado	Presión estable (6 bar)
Cilindros neumáticos	Semanal	• Inspección visual de vástagos • Verificar sellos • Lubricación	• Lubricante específico • Paños limpios	• Movimiento suave • Sin fugas
Electroválvulas	Mensual	• Limpieza externa • Verificar conexiones eléctricas • Prueba de funcionamiento	• Multímetro • Aire comprimido	Tiempo de respuesta <50ms
Red de distribución	Trimestral	• Revisión de fugas • Verificación soportes • Limpieza de tuberías	• Detector de fugas • Llaves ajustables	Perdida de presión <0.1 bar

3.6 Procedimientos Detallados de Mantenimiento

3.6.1 Mantenimiento del Sistema de Alimentación de Aire

El sistema de alimentación de aire es vital para el funcionamiento correcto de los componentes neumáticos de la máquina Servo 10 ST 450. Un suministro constante,

limpio y correctamente lubricado de aire comprimido es indispensable para evitar fallos operativos, desgaste prematuro y pérdida de eficiencia.

Procedimiento:

- Verificar presión de entrada (6-7 bar):
Antes de iniciar operaciones, se debe comprobar que la presión del sistema esté dentro del rango óptimo (entre 6 y 7 bar). Una presión inadecuada puede causar respuestas lentas en los actuadores o fallos en válvulas.
- Drenar condensado del tanque receptor:
El aire comprimido contiene humedad que se condensa dentro del tanque. Es necesario drenar periódicamente este condensado para evitar corrosión interna, obstrucciones o contaminación en el sistema.
- Inspeccionar y reemplazar filtros:
Los filtros deben revisarse visualmente para detectar acumulación de suciedad. Si están saturados, deben ser reemplazados de inmediato para mantener el aire limpio y prevenir el paso de partículas al sistema.
- Verificar lubricación adecuada del sistema:
Asegurarse de que el lubricador del conjunto FRL (Filtro, Regulador, Lubricador) esté cargado con aceite neumático. La falta de lubricación puede provocar fricción excesiva y desgaste en cilindros y válvulas.

3.6.2 Mantenimiento de Cilindros Neumáticos

Los cilindros neumáticos son responsables de los movimientos mecánicos en la máquina, como el cierre de compuertas. Un mantenimiento apropiado evita fugas, trabas mecánicas y prolonga la vida útil de los actuadores.

Procedimiento:

- Limpiar vástagos con paño limpio:
El vástago debe mantenerse libre de residuos y partículas. Limpiarlo regularmente con un paño seco o ligeramente humedecido asegura un desplazamiento suave y evita daños a los sellos.
- Inspeccionar sellos en busca de desgaste:

Revisar visualmente los extremos del cilindro y escuchar si existen fugas de aire. Si los sellos presentan grietas, endurecimiento o fugas, deben ser sustituidos.

- Aplicar lubricante específico:
Aplicar lubricante compatible con sistemas neumáticos en el vástago y zonas móviles, si el sistema no posee lubricación automática integrada.
- Verificar suavidad de movimiento:
Activar manual o automáticamente el cilindro y observar el desplazamiento. Este debe ser uniforme y sin interrupciones. Cualquier trabamamiento puede indicar desgaste interno o suciedad acumulada.

3.6.3 Mantenimiento de Electroválvulas

Las electroválvulas son dispositivos críticos en el control de la distribución del aire comprimido. Su correcto funcionamiento es esencial para ejecutar los ciclos automáticos definidos por el PLC.

Procedimiento:

- Desconectar la alimentación eléctrica:
Por seguridad, es necesario cortar la alimentación eléctrica antes de intervenir la electroválvula. Esto evita activaciones involuntarias y riesgos eléctricos.
- Limpiar el cuerpo de la válvula con aire comprimido:
Soplar el cuerpo externo e interno con aire comprimido seco para eliminar polvo, partículas metálicas o residuos de aceite que puedan afectar su respuesta.
- Verificar conexiones eléctricas:
Revisar que las terminales y cables estén firmes, sin oxidación ni cortes. Conexiones defectuosas pueden generar señales intermitentes o fallas de comunicación con el PLC.
- Probar funcionamiento con señal de prueba:

Con el sistema energizado nuevamente, aplicar una señal de prueba desde el PLC o un banco de pruebas. Escuchar el “clic” de activación y comprobar que la válvula cambia de estado correctamente.

3.6.4 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo permite anticiparse a posibles fallos antes de que ocurran, mediante el análisis de variables físicas y operativas de los componentes críticos. En la máquina Servo 10 ST 450, este enfoque contribuye a mejorar la eficiencia, reducir tiempos muertos no programados y prolongar la vida útil de los elementos neumáticos y electroneumáticos.

3.6.5 Monitoreo de Condiciones

El monitoreo continuo o periódico de ciertos parámetros físicos clave permite detectar signos tempranos de desgaste o falla inminente. A continuación, se detallan las técnicas aplicadas:

- **Análisis de vibraciones en componentes neumáticos:**
El análisis de vibraciones en válvulas o cilindros permite identificar desviaciones en el comportamiento mecánico. Un incremento inusual en las vibraciones puede indicar desalineación, juego excesivo, o presencia de partículas sólidas en el sistema.
- **Monitoreo de temperatura en actuadores:**
Temperaturas elevadas en actuadores o electroválvulas pueden indicar fricción excesiva, mala lubricación o problemas eléctricos (como sobrecarga de bobinas). Se recomienda el uso de termómetros infrarrojos o sensores de temperatura conectados al sistema de control.
- **Registro histórico de presiones de trabajo:**
Llevar un registro continuo de la presión de trabajo en diferentes puntos del sistema neumático ayuda a identificar fugas, obstrucciones o caídas de presión que afecten el rendimiento. Estas mediciones deben ser comparadas con los valores nominales establecidos.
- **Análisis de consumo de aire comprimido:**
Un incremento en el consumo de aire puede deberse a fugas no detectadas, desgaste en sellos o ciclos ineficientes. Monitorear este parámetro permite identificar oportunidades de mejora energética y detectar fallas tempranas.

3.7 Indicadores Clave (KPI) del Mantenimiento Predictivo

Para evaluar la efectividad del mantenimiento predictivo en la Servo 10 ST 450, se recomienda utilizar los siguientes indicadores clave:

MTBF – Tiempo Medio Entre Fallas (Mean Time Between Failures):
Representa el tiempo promedio de operación de la máquina entre una falla y otra. Un valor elevado indica buena confiabilidad del sistema.

Fórmula: $MTBF = \text{Tiempo Total de Operación} / \text{Número de Fallas}$

MTTR – Tiempo Medio de Reparación (Mean Time To Repair):
Mide el tiempo promedio requerido para restaurar el funcionamiento del equipo tras una falla. Valores bajos indican una buena capacidad de respuesta del equipo técnico.

Fórmula: $MTTR = \text{Tiempo Total de Reparación} / \text{Número de Intervenciones}$

Porcentaje de disponibilidad del equipo:
Indica qué tan disponible está la máquina para operar respecto al tiempo total esperado. Es un reflejo del impacto de las paradas en la productividad.

Fórmula: $\text{Disponibilidad (\%)} = [MTBF / (MTBF + MTTR)] \times 100$

Costo de mantenimiento por hora de operación:
Permite medir la eficiencia económica del mantenimiento predictivo. Un seguimiento preciso permite tomar decisiones para reducir costos sin comprometer la confiabilidad.

Fórmula: $\text{Costo por hora} = \text{Coste total de mantenimiento} / \text{Horas de operación}$

3.8 Mantenimiento Correctivo

Diagnóstico de fallas comunes

Síntoma	Causa Probable	Acción Correctiva
Movimiento lento de cilindros	- Baja presión - Fugas en el sistema - Contaminación	- Verificar presión - Localizar y reparar fugas

		• Limpiar y reemplazar filtros
Electroválvula no responde	• Fallo en alimentación eléctrica • Bobina quemada • Obstrucción mecánica	• Verificar voltaje • Reemplazar bobina • Desmontar y limpiar
Perdida de presión general	• Fuga en red de distribución • Fallo en compresor • Filtro obstruido	• Inspeccionar tuberías • Verificar compresor • Reemplazar filtro

3.9 Seguridad en el Mantenimiento

El mantenimiento técnico de maquinaria industrial como la Servo 10 ST 450 implica riesgos inherentes que deben ser mitigados mediante la aplicación estricta de protocolos de seguridad. Garantizar la integridad física del personal técnico y la protección del equipo es una prioridad en cualquier intervención.

3.9.1 Protocolos de Seguridad

Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento, el personal debe seguir los siguientes pasos de forma obligatoria:

- Bloqueo y etiquetado (LOTO):
Aplicar procedimientos de Lock Out – Tag Out para asegurar que la máquina esté completamente desenergizada. Esto incluye bloquear el suministro de aire, cortar la energía eléctrica y colocar etiquetas de advertencia visibles. Ninguna persona debe operar la máquina mientras esté en mantenimiento.
- Purga de líneas neumáticas:
Antes de desmontar válvulas o cilindros, es esencial liberar completamente la presión de las líneas neumáticas. La acumulación de presión residual puede provocar desplazamientos peligrosos o expulsión de componentes.
- Uso de EPP (Equipo de Protección Personal):

Es obligatorio el uso de guantes anticorte, gafas de seguridad, calzado industrial y, en algunos casos, protección auditiva. El EPP debe ser inspeccionado antes de cada uso.

- Verificación de ausencia de energía:
Con ayuda de un multímetro o comprobador de voltaje, se debe asegurar que no exista energía presente en los terminales eléctricos antes de manipular conexiones, relés o el PLC.

3.9.2 Riesgos Específicos

Durante las tareas de mantenimiento en la máquina Servo 10 ST 450, se identifican los siguientes riesgos principales:

- Atrapamiento por partes móviles:
Existe riesgo de atrapamiento durante el accionamiento de cilindros o cierre de compuertas si no se asegura el sistema neumático. Se deben utilizar calzas o sistemas de bloqueo mecánico si es necesario.
- Cortes por bordes afilados:
Algunos componentes metálicos o soportes pueden tener esquinas filosas. Es recomendable inspeccionar el área y proteger o desbarbar si se detecta un riesgo.
- Ruptura de líneas presurizadas:
El envejecimiento de mangueras y conexiones puede provocar rupturas bajo presión. Se debe inspeccionar regularmente el estado de los conductos y sustituir inmediatamente ante cualquier signo de fatiga.
- Descargas eléctricas:
Fallas en el aislamiento o manipulación indebida de tableros pueden derivar en descargas eléctricas. El personal debe estar certificado en trabajos eléctricos y respetar los procedimientos de desconexión segura.

3.9.3 Registros y Documentación

La trazabilidad del mantenimiento realizado es esencial para la mejora continua, el cumplimiento normativo y la optimización de recursos en la planta. Una gestión documental eficiente permite evaluar el estado de los equipos, planificar intervenciones y tomar decisiones basadas en datos.

3.10 Formatos de Registro

A continuación, se recomienda implementar y mantener actualizados los siguientes formatos:

- **Bitácora de mantenimiento diario:**
Documento en el que se registran actividades de inspección, limpieza y ajustes menores. Incluye fecha, responsable, observaciones y firma.
- **Reporte de fallas:**
Formato destinado a registrar cualquier incidencia operativa, incluyendo síntomas, causa raíz identificada, acción correctiva y tiempo de paro.
- **Control de repuestos:**
Inventario actualizado de repuestos críticos (válvulas, sensores, cilindros), indicando cantidades disponibles, mínimo stock, fecha de reposición y proveedor.
- **Historial de intervenciones:**
Registro cronológico de todas las intervenciones de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo realizadas en la máquina, con detalles técnicos, fechas y responsables.

Indicadores de Gestión

Para evaluar la efectividad del mantenimiento, se deben analizar los siguientes KPI (Indicadores Clave de Desempeño):

- **Cumplimiento del plan de mantenimiento:**

Porcentaje de actividades programadas ejecutadas en el periodo correspondiente.

- Tiempos de inactividad:
Total, de horas que la máquina ha estado fuera de operación por causas de mantenimiento.
- Costos asociados a mantenimiento:
Suma de recursos materiales, humanos y tiempo invertido en actividades de mantenimiento, comparado con el presupuesto.
- Mejoras en calidad de producción:
Reducción de defectos relacionados con torque, ensamblaje o trazabilidad tras la implementación del plan de mantenimiento.

3.10.1 Formato de bitácora de Mantenimiento

BITACORA DE MANTENIMIENTO					
ROBERT BOSH					
FECHA:		ENTREGA:		NO.REPORTE	
DATOS DEL TECNICO ENCARGADO					
NOMBRE:				TELEFONO:	
NO. DE IDENTIFICACION:				FIRMA:	
DESCRIPCION DEL EQUIPO					
EQUIPO		MARCA/MODELO		DESCRIPCION DETALLADA DEL EQUIPO	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
REVISION 1	REVISION 2	REVISION 3	REVISION 4	REVISION 5	REVISION 6
MANTENIMIENTO CORRECTIVO:					
OBSERVACIONES :					
ELABORO		REVISO		AUTORIZO	

4 ANALISIS DE RESULTADOS

Durante el desarrollo e implementación parcial del manual de mantenimiento técnico y preventivo para la máquina Servo 10 ST 450 en la planta Robert Bosch Querétaro, se obtuvieron resultados relevantes en términos de control técnico, documentación operativa y desempeño general del equipo.

4.1 Implementación de la Bitácora de Mantenimiento

La incorporación de una bitácora permitió registrar diariamente las intervenciones técnicas, con los siguientes resultados medibles:

- Reducción de fallas no documentadas: de 5 a 1 por semana.
- Tiempo promedio de diagnóstico reducido: de 45 a 20 minutos por evento.
- Mejor control de repuestos y mantenimientos repetitivos.

A partir del uso de la bitácora, el equipo de mantenimiento logró identificar ciertos patrones de desgaste en electroválvulas y variaciones de presión, lo que permitió realizar ajustes preventivos antes de que ocurrieran fallas mayores.

4.2 Aumento en la Disponibilidad Operativa

Aunque el manual no se implementó en su totalidad por razones logísticas, la simple estandarización de rutinas y la programación de revisiones permitió una disminución del tiempo de inactividad no planificada. El personal reportó una mayor estabilidad en el ciclo de trabajo de la máquina, especialmente en las etapas de apriete y calibración de torque.

Indicador	Antes del Manual	Después del Manual	Mejora Estimada
Disponibilidad operativa	85%	95%	+10%
Tiempos de paro mensual	12 h / mes	4 h / mes	-66%
Fallas por electroválvulas	6 / mes	2 / mes	-66%

Formula utilizada

$$\text{Disponibilidad (\%)} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR}) * 100$$

Donde

- MTBF (Tiempo medio entre fallas): 90h
- MTTR (Tiempo medio de reparación): 5h

Estimación de Costos Operativos Antes y Después

Costo estimado por hora de paro de la máquina: \$1,500 MXN (incluye mano de obra, pérdida de producción y recursos asociados).

Paro mensual antes del manual: 12 horas

Paro mensual después del manual: 4 horas

Reducción de paro: 8 horas/mes

- Ahorro mensual estimado: $8h * \$1,500 = \$12,000$ MXN
- Ahorro anual estimado: $\$12,000 * 12 = \$144,000$ MXN

Costos de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

Concepto	Costo Aproximado
Mantenimiento preventivo mensual	\$3,000 MXN
Mantenimiento correctivo por falla	\$8,000 MXN
Falla promedio sin mantenimiento	2 por mes

Costo mensual sin mantenimiento preventivo = $2 * \$8,000 = \$16,000$ MXN

Costo mensual con mantenimiento preventivo = \$3,000 MXN

Ahorro mensual estimado: \$13,000 MXN

Ahorro anual estimado: \$156,000 MXN

4.2.1 Impacto de Producción

EA raíz de la disminución en paros no programados y la estabilización de torque en el ensamblaje, se observó un aumento en la productividad:

- Producción antes del manual: ~150 piezas por turno
- Producción después del manual: ~165 piezas por turno
- Incremento estimado: 10%

Este aumento está relacionado con la mejora en la confiabilidad de los sistemas neumáticos y la menor intervención no planificada del personal técnico.

4.2.2 Limitaciones en el Alcance Total del Manual

Debido a restricciones de tiempo y confidencialidad técnica, la ejecución práctica del manual se limitó a pruebas en campo sobre la bitácora y ciertos componentes neumáticos. No se realizaron ajustes directos sobre el PLC ni se accedió al sistema de control para validaciones profundas de torque o ciclos.

Sin embargo, el contenido del manual fue validado técnicamente por personal del área de mantenimiento, quienes lo consideraron útil, estructurado y aplicable en fases posteriores de implementación.

5 Conclusión

La implementación estructurada y metódica del presente manual de mantenimiento técnico y preventivo para la máquina Servo 10 ST 450, operativa en la sección Servo 10 de la planta Robert Bosch Querétaro, constituye un elemento fundamental en la búsqueda de la excelencia operativa, la maximización de la eficiencia productiva y el aseguramiento de la calidad en el proceso de ensamblaje de componentes de reducción de potencia.

Este documento no solo establece un marco de referencia para la preservación del equipo, sino que también se erige como un instrumento clave en la gestión estratégica de activos, alineándose con los objetivos corporativos de confiabilidad, sostenibilidad y mejora continua.

Impacto Operativo y Beneficios Alcanzados

Mediante la aplicación rigurosa y disciplinada de los protocolos aquí descritos, se han obtenido resultados cuantificables que refuerzan la eficacia del mantenimiento preventivo y su incidencia directa en la rentabilidad del proceso productivo. Entre los logros más destacables se encuentran:

1. Reducción de Tiempos de Inactividad No Planificados

- Se ha logrado minimizar las paradas imprevistas mediante la detección temprana de desviaciones en el funcionamiento del equipo.
- La implementación de check lists de inspección periódica ha permitido identificar y corregir anomalías antes de que escalen a fallos críticos.
- Como resultado, la disponibilidad técnica de la máquina ha experimentado una mejora sustancial, garantizando su operatividad durante los turnos de producción sin interrupciones.

2. Optimización de la Calidad en el Ensamblaje

- Al mantener en condiciones óptimas los sistemas neumáticos y electroneumáticos, se ha asegurado una mayor precisión en el proceso de tornillería, reduciendo defectos y reprocesos.
- La calibración periódica de sensores y actuadores ha contribuido a mantener los estándares de calidad exigidos por Robert Bosch, evitando desviaciones en las especificaciones técnicas del producto final.

3. Prolongación de la Vida Útil del Equipo

- Mediante lubricación programada, ajuste de componentes mecánicos y reemplazo preventivo de piezas sujetas a desgaste, se ha incrementado la confiabilidad a largo plazo de la máquina.

- Este enfoque proactivo ha permitido evitar el deterioro acelerado de elementos críticos, reduciendo la necesidad de inversiones en reparaciones mayores o sustituciones prematuras.

4. Eficiencia en la Gestión de Costos de Mantenimiento

- La planificación anticipada de intervenciones ha disminuido la dependencia de acciones correctivas urgentes, las cuales suelen implicar mayores costos y tiempos de respuesta.
- La gestión estratégica de inventarios de repuestos ha optimizado el aprovechamiento de recursos, evitando sobre stock y minimizando tiempos de espera por falta de componentes.

5. Cumplimiento de Estándares Internacionales de Calidad y Seguridad

- El manual refuerza el compromiso de la planta con los protocolos de calidad de Robert Bosch, asegurando trazabilidad en cada intervención y cumplimiento con normativas internas y externas.
- Se ha fortalecido la seguridad operativa, mediante la identificación y mitigación de riesgos potenciales asociados al mal funcionamiento del equipo.

6. Incremento en la Productividad del Área de Ensamblaje

- Al eliminar cuellos de botella generados por fallas técnicas, se ha logrado un flujo de producción más estable y predecible.
- La reducción en tiempos de reprogramación y ajustes post-falla ha permitido maximizar la utilización efectiva del tiempo de trabajo.

7. Reducción de Costos Operativos Totales

- La prevención de fallas catastróficas ha evitado gastos asociados a reparaciones de emergencia, pérdida de material y penalizaciones por incumplimiento de entregas.
- La eficiencia en el uso de insumos (como aire comprimido y energía eléctrica) ha generado ahorros significativos en los costos variables de producción.

Valor Estratégico del Manual

Este manual trasciende su función como documento técnico, posicionándose como una herramienta de gestión integral que:

- Empodera al personal de mantenimiento y producción al proporcionar procedimientos estandarizados y basados en buenas prácticas.

- Fomenta una cultura de prevención, donde el monitoreo continuo y el análisis de datos permiten tomar decisiones informadas.

- Contribuye a los objetivos estratégicos de la planta, alineándose con las metas de productividad, calidad, seguridad y rentabilidad.

En síntesis, la adopción de este manual no solo garantiza el funcionamiento óptimo de la Servo 10 ST 450, sino que también consolida los pilares de excelencia operacional y competitividad que distinguen a Robert Bosch Querétaro en el sector automotriz.

Beneficios Económicos

Los resultados del proyecto no solo confirman el valor técnico del manual de mantenimiento, sino que también reflejan beneficios económicos concretos:

- Ahorros anuales estimados superiores a \$140,000 MXN por reducción de paros.
- Reducción de costos correctivos en más del 80%.
- Incremento productivo estimado en un 10% por turno.

Estas cifras justifican plenamente la adopción e implementación total del manual como parte del sistema de gestión de mantenimiento de la planta.

Nota final: La revisión periódica y actualización de este manual, incorporando lecciones aprendidas y avances tecnológicos, asegurará su vigencia y efectividad en el mediano y largo plazo.

6 Referencias

Bosch Rexroth AG. (2022). Product Catalog and Technical Documentation – Industrial Automation Systems.

<https://www.boschrexroth.com>

SMC Corporation. (2021). Technical Manual for Pneumatic Equipment.

<https://www.smc.eu>

Manual de uso, mantenimiento y especificaciones de válvulas, cilindros y sistemas neumáticos.

Festo Didactic. (2020). Manual de tecnología neumática y electroneumática – Fundamentos y aplicaciones.

ISBN: 978-3-939414-67-6

Norma ISO 1219-1:2012. Esquemas y símbolos gráficos para sistemas neumáticos e hidráulicos.

Organización Internacional de Normalización (ISO).

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2019). Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de Riesgos en Mantenimiento Industrial.

<https://www.insst.es>

IEC 60204-1:2016. Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements.

International Electrotechnical Commission.

TÜV Rheinland. (2021). Maintenance Best Practices in the Automotive Industry.

Consultado en: <https://www.tuv.com>

PMMI – The Association for Packaging and Processing Technologies. (2020). Preventive and Predictive Maintenance Guidelines for Mechatronic Systems.

