

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A SISTEMAS
Clave de la asignatura:	CMD-2203
SATCA¹:	2 – 3 - 5
Carrera:	Ingeniería Electromecánica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>En esta asignatura el estudiante adquiere una formación que le permite aplicar los conocimientos adquiridos para realizar estudios, planes y programas de mantenimiento para preservar en óptimas condiciones de funcionamiento sistemas y equipos eléctricos, mecánicos y electromecánicos.</p> <p>Al término del curso el estudiante podrá aplicar metodológicamente la gestión del mantenimiento de sistemas industriales complejos, que interrelacionan dispositivos eléctricos, mecánicos, neumáticos e hidráulicos; así como sus controles, efectuando revisiones sistemáticas y asistemáticas, para proponer las acciones correctivas oportunas, reparar, verificar y poner a punto, organizar el plan de intervención, cumplimentar la documentación exigida y aplicar la normativa vigente, para realizar el trabajo en condiciones de calidad, seguridad y medio ambiente.</p>
Intención didáctica
<p>El estudiante investiga, analiza y desarrolla, en forma individual y colectiva, la gestión del mantenimiento en diferentes equipos e instalaciones industriales, con la intención de que proporcione herramientas de acción para la conservación de estos. El temario se organiza en cinco unidades, en ellos se agrupan los contenidos conceptuales referentes a la gestión del mantenimiento en forma conceptual y metodológica, para su enfoque en</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

sistemas electromecánicos, para la localización de averías y fallas tendiente a proponer acciones de mantenimiento continuo.

La asignatura inicia el tema uno con las generalidades sobre el mantenimiento y su gestión buscando una visión de conjunto de este campo, su importancia y requerimientos en los equipos y sistemas. El tema dos introduce introducen los tópicos respecto a la gestión del mantenimiento a equipos de aire acondicionado y refrigeración. El tema tres aborda la gestión del mantenimiento a motores eléctricos, su control y protección. En el tema 4 se desarrollan los conceptos para la gestión del mantenimiento a sistemas vibratorios y desbalanceados como una herramienta de diagnósticos en las actividades de mantenimiento. Se tratan los conceptos fundamentales de las señales de vibración y se hace la relación con la caracterización propia de fallas. El quinto tema presenta los tópicos de ultrasonido y termografía como herramienta no destructiva para la inspección de comportamiento anormal de sistemas tanto estáticos como dinámicos para determinar la condición de operación de sistemas electromecánicos y/o procesos de producción.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades promuevan la capacidad de análisis y el desarrollo de habilidades para la gestión del mantenimiento de sistemas, donde se incluya identificación, manejo y control de variables y datos relevantes, así como sus potenciales predicción y corrección para la operación óptima de los sistemas. Se sugieren trabajos en equipo que propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual compleja de la aplicación de los tópicos de gestión del mantenimiento desde un enfoque proactivo.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de Apizaco. Apizaco, Tlaxcala, 04 marzo a 06 abril 2022.	Integrantes de la Academia de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Apizaco.	Diseño Curricular del módulo de especialidad de la Carrera de Ingeniería Electromecánica.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Competencias Específicas El alumno clasifica e interpreta información de registros de estado y analiza, desarrolla, en forma individual y colectiva la metodología para gestión del

mantenimiento de sistemas electromecánicos, considerando los diversos tipos y niveles de mantenimiento para corrección de problemas en equipos.

5. Competencias previas

- Identifica en la diversidad de los procesos industriales la importancia de aplicar mantenimiento.
- Valora la importancia de reconocer y entender las etapas de los procesos de producción industrial.
- Identifica los componentes y reconoce el funcionamiento básico de un sistema, máquina, equipo, elemento o ítems de aplicación industrial.
- Analiza las características y parámetros necesarios para implementar un programa de mantenimiento en un sistema, máquina, equipo, elemento o ítems de aplicación industrial.
- Aplica, selecciona e integra los requerimientos necesarios para generar un criterio del tipo de mantenimiento a utilizar.
- Aplica los principios básicos de: mecánica, eléctrica y electrónica.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la gestión de mantenimiento.	1.1 Definición del mantenimiento. 1.2 Metodología de la gestión de mantenimiento. 1.3 Técnicas aplicadas del mantenimiento. 1.4 Comparación entre los mantenimientos. 1.5 Beneficios del mantenimiento. 1.6 Requerimientos para gestionar e implementar un programa de mantenimiento.
2	Gestión de mantenimiento a Equipos de Aire Acondicionado y Refrigeración	2.1. 2.2. Rutinas de Mantenimiento Preventivo y de reemplazo de piezas. 2.3. Mantenimiento de Serpentes. 2.4. Mantenimiento de los filtros electrónicos de aire. 2.5. Reemplazo del filtro.

		<p>2.6. Inspección a sistemas móviles.</p> <p>2.7. Revisión y vigilancia del nivel de Fluido.</p> <p>2.8. Lubricación.</p>
3	Gestión de mantenimiento a Motores y controles eléctricos	<p>3.1. Consideraciones en la gestión de mantenimiento a motores y controles eléctricos.</p> <p>3.2. Control y Protección a motores eléctricos.</p> <p>3.3. Mantenimiento correctivo a motores eléctricos</p> <p>3.4. Mantenimiento a sensores e interruptores electromecánicos</p> <p>3.5. Mantenimiento a relevadores y contactos</p> <p>3.6. Mantenimiento electroválvulas</p>
4	Gestión de mantenimiento a sistemas vibratorios y desbalanceados.	<p>4.1. Metodología para gestión de mantenimiento en sistemas vibratorios y desbalanceados.</p> <p>4.2. Señales y mediciones de vibración mecánica</p> <p>4.3. Identificación de fallas por vibración.</p> <p>4.4. Detección de desalineamiento mediante vibraciones mecánicas.</p> <p>4.5. Estimación de la gravedad del daño por vibración.</p> <p>4.6. Balanceo dinámico en uno y dos planos por el método de coeficientes de influencia</p> <p>4.7. Tolerancia y ajuste de desbalance.</p>

		4.8. Corrección de desalineamiento en mantenimiento
5	Mantenimiento predictivo por Ultrasonido y termografía	5.1 Principios y parámetros en la gestión de mantenimiento preventivo por Ultrasonido. 5.2 Términos y tipos de ondas. 5.3 Aplicaciones en mantenimiento por del método de ultrasonido. 5.4 Medición e inspección por ultrasonido en sistemas. 5.5 Principio y parámetros en la gestión de mantenimiento por Termografía 5.6 Procedimientos y técnicas de inspección por termografía en sistemas 5.7 Medición e inspección por termografía en sistemas

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1 Introducción a la gestión de mantenimiento.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comprende y aplica las bases teóricas de la gestión del mantenimiento, para administrar las técnicas y establecer los beneficios en la solución de problemas específicos en el campo de la ingeniería.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Comunicación oral y escrita. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo. • Habilidades de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar, seleccionar y analizar la información de los conceptos básicos relacionados con la gestión del mantenimiento. • Realizar exposiciones y presentaciones grupales, de los temas correspondientes de la unidad, para lograr el aprendizaje de los conceptos y metodologías que se analizaran en el desarrollo de la asignatura. • Investigar y analizar problemas que permitan la integración de contenidos de la asignatura, para su análisis y solución
2 Gestión de mantenimiento a Equipos de Aire Acondicionado y Refrigeración.	

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): •Implementa la metodología de la gestión del mantenimiento a equipos de refrigeración y aire acondicionado, considerando la amplia gama de aplicación de estos sistemas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de organizar y planificar • Comunicación oral y escrita. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo. • Habilidades de investigación. • Metodología para la gestión en la solución de problemas. • Capacidad crítica y autocrítica. • Habilidades interpersonales 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar, seleccionar y analizar la información de los conceptos básicos relacionados con Gestión de mantenimiento a Equipos de Aire Acondicionado y Refrigeración. • Describir las operaciones rutinarias de mantenimiento efectuados en cada inspección de equipos de refrigeración y aire acondicionado. • Investigar e identificar las necesidades del mantenimiento para sistemas de calefacción • Conocer el mantenimiento necesario en bombas de calor para la máxima eficiencia durante todo el año •
<p>3 Gestión de mantenimiento a Motores y controles eléctricos</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Obtiene los conocimientos necesarios para efectuar la gestión del mantenimiento a motores eléctricos y sus controles.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Comunicación oral y escrita. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo. • Habilidades de investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mediciones de parámetros eléctricos y cálculos involucrados en pruebas eléctricas a motores. • Analizara los factores que implican el mantenimiento correctivo de motores. • Realizar investigación de los tipos de dispositivos eléctricos para el control eléctrico. • Realización de prácticas para diagnóstico de fallas eléctricas en dispositivos de control eléctrico. • Analizara los factores que implica el mantenimiento correctivo de motores.
<p>4 Gestión de mantenimiento a sistemas vibratorios y desbalanceados.</p>	

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Identifica los principales tipos de fallas en sistemas vibratorios para gestionar su mantenimiento. Realiza el protocolo de gestión de mantenimiento para la corrección de la desalineación en sistemas de transmisión, balanceo de equipo rotatorio y problemas asociados al desbalance de masa.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Comunicación oral y escrita. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo. • Habilidades de investigación. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Metodología para la prevención y solución de problemas. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar análisis de movimiento armónico simple, cinemática de vibración. • Identificar transductores, criterios de selección, instalación y montaje así como los sistemas primarios de adquisición de la información para la gestión de mantenimiento de sistemas vibratorios • Identificar, mediante el uso y análisis de señales de vibración, la sintomatología que propicia las fallas en sistemas, tales como desequilibrio de masa, rotores excéntricos, flechas torcidas, desalineación, aflojamiento mecánico y engranajes. • Estimar la gravedad de la vibración mediante el uso de la tabla Rathbone, norma ISO 2372, MIL-STD-167-1 Y MIL-STD-167-2. • Investigar sobre las diferentes técnicas de balanceo de rotores y elementos rotativos. • Investigar e identificar los problemas típicos de desbalance que presentan los ejes rotatorios. • Investigar y desarrollar prácticas de balanceo a equipo rotatorio, utilizando las técnicas vistas en el tema y las herramientas de que se disponga en el laboratorio. • Elaborar reportes del análisis, diagnóstico y corrección de desbalance.

	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre los diferentes tipos de desalineación que pueden presentarse en sistemas de transmisión de potencia. • Investigar y analizar los problemas típicos que se derivan a causa de la desalineación en máquinas y equipos, tales como: acoplamiento de ejes de motores, transmisión con bandas y transmisión con cadenas. • Investigar y realizar un mapa conceptual sobre la detección de desalineamiento mediante vibraciones mecánicas.
--	---

5 Mantenimiento predictivo por Ultrasonido y termografía

<p>Específica(s):</p> <p>Identifica, analiza y aplica los fundamentos y variables básicas del ultrasonido y la termografía como técnica de análisis y diagnóstico para su aplicación en operaciones de mantenimiento industrial.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Comunicación oral y escrita. • Solución de problemas. • Toma de decisiones. • Trabajo en equipo. • Habilidades de investigación. 	<p>Actividades de aprendizaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre el tópico de ultrasonido y su aplicación en operaciones de mantenimiento industrial. • Elaborar reportes del análisis, diagnóstico por el método de ultrasonido, considerando el campo profesional y la Detección de fallas eléctricas y las Pruebas de fugas en equipos a presión. • Investigar el principio y parámetros del método de inspección por Termografía • Investigar e identificar las principales características de equipos aplicados en el análisis por termografía, la alineación de sistemas de transmisión. • Investigar y realizar un mapa conceptual sobre la detección de fallas en sistemas mecánicos y eléctricos aplicando el análisis por termografía. • Elaborar reportes del análisis, diagnóstico y corrección de fallas
--	---

	utilizando termografía mediante herramientas y equipo de que se disponga en el laboratorio
--	--

8. Práctica(s)

- Elaboración de inventario jerarquizado de máquinas, herramientas, elementos e ítems de un proceso industrial.
- Realizar mediciones de parámetros eléctricos y cálculos involucrados en pruebas eléctricas a motores.
- Realizar prácticas para diagnóstico de fallas eléctricas en dispositivos de control eléctrico.
- Realizar prácticas donde se utilicen diversas técnicas de análisis de diagnósticos de fallas en circuitos de control electrónico.
- Análisis y diagnóstico de la problemática de una maquina: Análisis de la firma de vibración.
- Detección de desbalance, alineación de ejes y flechas
- Prácticas de inspección
- Chequeo de elementos de equipos electromecánicos.

9. Proyecto de asignatura

De forma general y en función del programa el docente definirá tanto el tipo de mantenimiento como el tema específico sobre el cual se desarrollará el proyecto de gestión del mantenimiento.

El alumno con asesoría del docente desarrollará un plan de mantenimiento considerando los tres niveles de planeación, para la planeación y control de los recursos asignados al departamento de mantenimiento.

Resultado de aprendizaje

Presentará un plan maestro de mantenimiento que incluya:

- Análisis de factores humanos, tecnológicos, económicos y financieros.
- Métodos y procedimientos de mantenimiento para mejorar la operación de los recursos y equipos empleados.

PASOS PARA ELABORAR UN PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO.

1. **Detectar los requerimientos de mantenimiento de los sistemas**, de acuerdo al programa de producción, recomendaciones del fabricante, políticas y procedimientos establecidos.
2. **Estimar los recursos necesarios para el mantenimiento de los sistemas de acuerdo al programa de producción.**
 - a. Las necesidades de recursos materiales son estimadas de acuerdo al inventario de los sistemas.
 - b. Las necesidades de recursos humanos son estimadas de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento.
 - c. Las necesidades de recursos económicos son estimadas de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento, las necesidades de recursos materiales, recursos humanos de mantenimiento, políticas y procedimientos establecidos.
3. **Formular el plan maestro de mantenimiento de acuerdo al programa de producción de acuerdo a:**
 - a. Los requerimientos de mantenimiento detectados en los sistemas.
 - b. Los recursos materiales estimados.
 - c. Los recursos humanos estimados.
 - d. Los recursos estimados en términos contables.
4. **Elaborar el presupuesto de mantenimiento de acuerdo al plan maestro del área.**

El presupuesto de un departamento de mantenimiento debe constar de al menos 4 partidas: mano de obra, material, repuestos, consumibles, herramientas y medios técnicos y asistencia externa.
5. **Diseñar los programas de mantenimiento de los sistemas de acuerdo al presupuesto (Cronograma).**
 - a. Los recursos del área de mantenimiento son asignados de acuerdo a los requerimientos del plan maestro de mantenimiento en los programas de mantenimiento.
 - b. La prioridad de las actividades de los programas de mantenimiento es definida considerando el plan maestro de mantenimiento y las prioridades establecidas.
 - c. La secuencia de las actividades de mantenimiento es considerada en la elaboración de los programas de mantenimiento.
 - d. La frecuencia de las actividades de los programas de mantenimiento es definida considerando el plan maestro de mantenimiento, políticas y procedimientos establecidos.
 - e. La duración de las actividades de los programas de mantenimiento es definida considerando el plan maestro de mantenimiento, políticas y procedimientos establecidos.

Programas de Mantenimiento:

- ✓ Mantenimiento correctico

- ✓ Mantenimiento predictivo
- ✓ Mantenimiento preventivo
- ✓ Mantenimiento reactivo

El docente evaluara el trabajo final presentado por el alumno, donde tomara en consideración el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

-

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

Participación del alumno en clase individual y por equipo.

Revisión, Análisis y Síntesis de los trabajos de investigación.

Exposición de temas relacionados con la materia.

Elaboración de Reportes de Practicas.

Desarrollo y elaboración en planes y programas de mantenimiento.

Elaboración de proyectos de mantenimiento con apoyo de técnicas y software para la conservación industrial

Examen escrito y estudio de casos.

11. Fuentes de información

- 1 Fitch, E. C. (1992). Proactive Maintenance for Mechanical Systems. Elsevier Science Publishers Ltd
- 2 Thomson. William T. Teoria de vibraciones (aplicaciones) edit. Prentice Hall Hill.
- 3 Tavner, P., Ran, L., Penman, J., Sedding, H. (2008). Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines. The Institution of Engineering and Technology.
- 4 Davies, A. (1998). Handbook of Condition Monitoring, Techniques and Methodology. Springer Science+Business Media Dordrecht.
- 5 Tecnología Avanzada para Mantenimiento. Manual de Introducción al Mantenimiento Predictivo.
- 6 Tecnología avanzada para mantenimiento. Manual de introducción a herramientas de alineamiento
- 7 Tecnología Avanzada para Mantenimiento. Capacitación en Equipo Predict DLI.
- 8 IRD Mechanalysis Vibration technology 1. IRD Mechanalysis, Inc.
- 9 SPM. Manual de uso Cond Master Pro

- 10 SPM. Manual del equipo A30-03
- 11 VMI LAB. Manual de equipo MULTIVIBER
- 12 FIXTURE LASSER. Manual de empleo Alineador combi laser
- 13 PANAMETRICS, LLOG. Ultrasonido Nivel 1
- 14 USDT BELGIUM. Manual de uso de equipo USDT 150
- 15 Dounce Villanueva, E. (2007). La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Grupo Editorial Patria.
- 16 García Garrido, S. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- 17 Smith, R., Keith Mobley, R. (2003). Industrial Machinery Repair. Best Maintenance Practices Pocket Guide. Butterworth-Heinemann.
- 18 Keith Mobley, R. (ed) (2014). Maintenance Engineering Handbook, 8th Edition. McGraw-Hill Education.
- 19 Creus Solé, A. (2011). Instrumentación Industrial. Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V.
- 20 DISPAC (2015). Manual de Mantenimiento para Subestaciones Electricas. Empresa Distribuidora del Pacífico S.A. E.S.P.
- 21 CFE (2003). Manual de Procedimientos de Pruebas de Campo para equipo primario de Subestaciones de Distribución. Comisión Federal de Electricidad.
- 22 Manual de Instalación, Operación y Mantenimiento de Bombas. Goulds Pumps, Patterson, Fristam, Gusher Pumps, etc.
- 23 Dossiers de fabricantes: Electra Molins, ABB, Siemens, Schneider Electric.
- 24 Bishop, R. H. (ed). (2002). The Mechatronics Handbook. CRC Press LLC.
- 25 Mohan, N., Undenland, T. M., Robins, W. P. (2003). Electrónica de Potencia (Convertidores, aplicaciones y diseño). McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. De C.V
- 26 Rashid, M. H., (1993). Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Prentice Hall Hispanoamericana S. A. de C. V.
- 27 Tapia Ramírez, F. (2016). Mantenimiento y Operación de Equipos Electrónicos de Potencia. Centro Educativo Salesiano Talca. Recuperado de:
- 28 <http://www.salesianostalca.cl/files/en6---mantenimiento-y-operacion-de-equipos-electronicos-con-potencia.pdf>