

Asignatura: **Mantenimiento Industrial**

Código: 10-09609

RTF

10

Semestre: 6

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

192

Departamento: Producción, Gestión Y Medioambiente

Correlativas:

- Electrotecnia e Instalaciones Eléctricas
- Termotécnica e Instalaciones Térmicas

Contenido Sintético:

- Actividades del servicio de mantenimiento
- Indicadores de Mantenimiento y Eficiencia (kpi)
- Responsabilidades, funciones y organización de mantenimiento
- Gestión y Planificación del Mantenimiento
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)
- Mantenimiento Total Productivo (TPM)
- Gestión de activos y la norma ISO 55000
- Modelos matemáticos de Fiabilidad y Mantenibilidad

Competencias Genéricas:

- CG3: Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.1
- CG6: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.

Aprobado por HCD: 977-HCD-2023

RES: Fecha: 12/11/2023

Competencias Específicas:

- CE2.1.1. Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios -tradicionales y e-economy).
- CE2.2.1. Evaluar la sustentabilidad técnico-económica y ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).
- CE3.1.1. Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos (productivos y de gestión) e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).

Presentación

El alto nivel de competitividad de las empresas modernas demanda poder producir de forma ininterrumpida en los momentos deseados (Sistema Just in Time), esto sumado a equipamiento tecnológicamente complejo (automatización, robotización, IA, IoT, ciberistemas, otros) , llevó al servicio de mantenimiento a transformarse en un sector fundamental para poder lograr los resultados esperados por las empresas en cuanto a: cantidad, calidad, costos y plazos, de productos y/o servicios generados, con las condiciones de seguridad y protección del medio ambiente esperadas.

Es por lo antes dicho que resulta fundamental que el Ingeniero Industrial conozca las modernas técnicas de mantenimiento para poder diseñar, conducir, controlar y mejorar un servicio de mantenimiento. La asignatura, que se ubica en una etapa avanzada de la carrera de ingeniería industrial, se concibe como un proceso que se inicia tomando contacto con situaciones reales.

Contenidos

1) Actividades del servicio de mantenimiento

Objetivos, funciones, responsabilidades, actividades y niveles del servicio de mantenimiento. Introducción, historia. Evolución de los conceptos de mantenimiento asociado a la evolución tecnológica de los equipos de producción y servicios. Objetivos, funciones, responsabilidades, actividades y niveles del servicio de mantenimiento según bibliografía y normas internacionales. Tipos de mantenimiento: Mantenimiento preventivo (periódico y predictivo), Mantenimiento a rotura (planificado y emergencia), Mantenimiento de mejora (kaizen de mantenibilidad y fiabilidad).

2) Indicadores de Mantenimiento y Eficiencia (kpi)

Estándar para Medición de tiempos en un sistema de producción según normas internacionales. Indicadores claves para la gestión del mantenimiento: Tiempo medio entre fallas o MTBF (Mean Time Between Failures), Tiempo medio de reparación (intervención de mantenimiento) o MTTR (Mean Time to Repair), Indisponibilidad por mantenimiento o BDR (Breakdown Rate), Disponibilidad propia (DP)

Indicadores de gestión de eficiencia industrial (OEE): Tiempo ciclo estándar (TCS), Capacidad máxima de la instalación (CMI), Disponibilidad operativa (DO), Tasa de performance (RV), Tasa de calidad (TQ), Eficiencia global de equipos (OEE), Tiempo de tacto o Takt time (TT)

3) Responsabilidades, funciones y organización de mantenimiento

Factores que definen la organización de una empresa, diferentes formas de organización de mantenimiento, organización de mantenimiento centralizada, descentralizada y mixta. Política de mantenimiento. Ejemplo de modernas organizaciones de mantenimiento. Gestión de competencias del personal.

4) Gestión y Planificación del Mantenimiento

Relevamiento y evaluación inicial, clasificación de equipos según su criticidad, nivel de gravedad de falla de un equipo, diagrama lógico para determinar criticidad de

equipos (métodos japoneses). Despiece y partes componentes de un equipo, codificación de partes, gestión de repuestos. Planificación de Intervenciones de Mantenimiento en Parada de Planta (MPP). Gestión de las Órdenes de Trabajo de mantenimiento (OT), diagrama de flujo, ejemplos y gestión de las Órdenes de Trabajo (OT). Desarrollo del mantenimiento en base tiempo TBM (Time based maintenance), eliminación del deterioro, preparación, implementación, estándar de mantenimiento (AM Y PM). Gestión de Mantenimiento Informatizada, ejemplo de software de apoyo a la gestión de activos físicos tipo Enterprise Asset Management (EAN).

Desarrollo del mantenimiento en base a condición CBM (Condition based maintenance): Análisis de vibraciones mecánicas, Termografía infrarroja, Análisis de lubricantes, Variables eléctricas, Medición de espesores con ultrasonido, otras técnicas.

Métodos de análisis de fallas con causa raíz o Root Cause Analysis (RCA)

Método de los 5 porqué, Método MBR (Major Breakdown Report), Método PM (análisis fenómeno físico y análisis 4M)

Método QCS (Quality Circle Story), Uso de herramientas de análisis en hoja A3.

Preparación del servicio de mantenimiento en proyectos empresariales con incorporación de nuevos equipos e instalaciones. Etapas de un proyecto. Herramientas para la preparación de mantenimiento: especificaciones técnicas particulares de mantenimiento (ETP), piezas de recambio o repuestos (PR), formación de mantenimiento, mantenimiento planificado (PM), indicadores de fiabilidad (MTBF, MTTR, IP), documentación técnica, garantías (duración, alcance)

5) Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Origen, antecedentes y aplicaciones del RCM. Expectativas del mantenimiento para la nueva generación de empresas y tecnología de equipos. Relación entre antigüedad y probabilidad de falla para equipos modernos, efectos de un recambio preventivo innecesario, investigaciones realizadas y nuevas técnicas de mantenimiento, las 7 preguntas básicas del RCM. Funciones primarias, secundarias, dispositivos de seguridad y funciones superfluas, fallos funcionales, modos de fallo, efecto de los fallos, fallos ocultos y fallos múltiples. Estrategias de tratamiento de fallas, tareas de mantenimiento a condición o predictivas, justificación de tareas de mantenimiento preventivo, acciones "a falta de" (una tarea de prevención efectiva). Prestación deseada y fiabilidad inherente. Selección de tareas de mantenimiento de equipos usando el método RCM. Análisis de factibilidad de aplicar el método RCM en una empresa. Aplicación del método RCM para generar planes de mantenimiento en activos críticos, equipo de trabajo RCM, hoja de información RCM, diagrama de decisión RCM, ejemplo de aplicación

6) Mantenimiento Total Productivo (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM)

Significado y objetivo de TPM. 16 mayores causas de pérdidas de eficiencia. Evolución histórica de los sistemas de producción, importancia del TPM dentro del sistema de producción Toyota, relación con JIT y JIDOKA. Historia del TPM en Japón, relación con el mantenimiento productivo. Bases para implementar TPM.

Aporte del personal operativo a la mejora continua (pequeños grupos jerárquicos superpuestos).

Los ocho pilares del TPM: 1. Formación y entrenamiento (escuelas de formación Dojos, lecciones puntuales OPL, niveles de formación y entrenamiento, sistema ILU). 2. Seguridad y Medio Ambiente 3. Mantenimiento Autónomo (objetivo, actividades, desarrollo en 7 pasos, estándar de mantenimiento autónomo, 5s en el puesto de trabajo, gestión de anomalías mediante tarjetas) 4. Mantenimiento Planificado (objetivo, actividades, desarrollo en 7 pasos, estándar de mantenimiento, condiciones básicas y de uso de equipos). 5. Eliminación de Pérdidas (objetivo, actividades, clasificación y jerarquización de las pérdidas, grupo de análisis y mejora continua, ciclo PDCA). 6. TPM en la gestión de proyectos (objetivo, actividades, desarrollo). 7. TPM en sectores administrativos (objetivo, actividades, desarrollo). 8. Mantenimiento de la Calidad (objetivo, actividades, bases, método, desarrollo, ejemplo práctico)

7) Gestión de activos y la norma ISO 55000

Normas de calidad para mantenimiento (ISO 55000)

Gestión de Activos físicos: Introducción. Activo. Valor. Gestión de Activos. Sistema de Gestión de Activos. Organización. Planificación. Otros. Exigencias para la certificación de la norma ISO 55000

8) Modelos matemáticos de Fiabilidad y Mantenibilidad

Fiabilidad, Tasa de fallo, Relación entre $F(t)$, $\Delta(t)$ y $R(t)$. Distribuciones teóricas en el terreno de la fiabilidad: La distribución exponencial, El modelo de Weibull, Distribución de Poisson. Fiabilidad en los sistemas: Configuración serie, paralelo y mixta. Ejemplos.

Metodología de enseñanza

El método de enseñanza consiste en el dictado de clases teóricas-prácticas presenciales. En la parte teórica de la clase se desarrollan los conceptos fundamentales del mantenimiento (gestión de activos físicos) y en clases prácticas se realiza la aplicación de estos conceptos a la solución de problemas concretos en situaciones reales. Estas situaciones reales se generan a través de: problemas propuestos, prácticos de laboratorio en bancos de ensayo, propuestas de servicios basadas en pliegos de especificaciones técnicas generadas por empresas de primera línea y visitas a instalaciones de producción y servicios. Al terminar el cursado, estas experiencias deben provocar en el estudiante satisfacción de haber adquirido las competencias para resolver los problemas reales de gestión del mantenimiento en empresas de producción y servicio.

Se constituyen grupos de trabajo que favorecen el trabajo en equipo. Estos grupos realizan estudios sobre la aplicación de herramientas de mantenimiento, con objetivos de mejora, en equipos e instalaciones de producción de bienes o servicios. Esta modalidad de aprendizaje enfocado en resolver problemas concretos, pone al alumno en contacto con la realidad laboral. Aprender, analizar, evaluar y proponer soluciones sobre un caso, se presenta como la secuencia con la que el alumno aprende de modo colectivo, junto con sus compañeros. Esta modalidad de construcción se sostiene y complementa con intervenciones del docente que, respetando este proceso y la pertinencia de la situación, guía e incentiva la búsqueda y

selección de la información necesaria para resolver un problema o expone algunos contenidos que son necesarios para el desarrollo de las actividades planteadas.

Evaluación

Se propone un modelo interactivo de evaluación dado que se entienden a las competencias desde un enfoque de procesos. Se adoptan criterios de evaluación e indicadores de los mismos conformes a las competencias y a los indicadores de desempeño ya definidos, que se declaran a los alumnos al inicio del curso. Esto con el propósito de compartir y acompañar al alumno en todo el trayecto de desarrollo de la asignatura y de implementar devoluciones como estrategias de retroalimentación, en cada instancia pertinente. Es decir, realizar el seguimiento continuo de los recorridos individuales durante el proceso de aprendizaje,

Paralelamente y conforme a la modalidad planteada, se considera la valoración de los tres dominios del saber del alumno, el cognitivo, el procedimental y el actitudinal. Estos se evalúan mediante diferentes técnicas e instrumentos de evaluación conformes al dominio considerado. Los instrumentos, que se utilizan como registros de valoraciones que describan el proceso de desarrollo del alumno, son exámenes escritos, orales y observación de distintos aspectos que se consignan en listas de cotejo aplicadas de manera secuencial.

Se destaca que, en la realización de las actividades planteadas sobre casos reales, que requieren de análisis, investigación, desarrollo, presentación de informes escritos y defensas orales, se evidencian y pueden observarse y registrarse aspectos de los tres dominios desplegados en los indicadores de desempeño.

Los criterios de evaluación generales para las distintas instancias son los siguientes:

- Identificación y delimitación de problemas relacionados al mantenimiento.
- Aplicación de técnicas, herramientas y normativas relacionadas al mantenimiento.
- Integración y transferencia de conocimientos teóricos en la formulación de soluciones.
- Expresión clara, coherente, concisa y pertinente en las producciones.
- Respeto por el cumplimiento de entrega de producciones en tiempo y forma.
- Respeto por la escritura académica, el material bibliográfico y la normativa vigentes.
- Valoración del trabajo en equipo para la resolución de problemas.
- Valoración del compromiso y la sensibilidad social en la prevención de riesgos.

Instancias de evaluación

Trabajos prácticos sobre casos reales

Tal como se plantea en la metodología, el desarrollo de la asignatura sigue una secuencia de etapas que conducen al alumno desde que se enfrenta a un caso real, donde descubre situaciones no óptimas hasta presentar propuestas de mejoras de tales situaciones. A lo largo de este proceso se presentan trabajos prácticos que los alumnos deben desarrollar en grupo y que presentados por escrito en los plazos establecidos al comenzar el cursado, conformarán la carpeta de TTPP. Se valora:

- La claridad en el planteo y resolución del problema.
- La estructura y coherencia del trabajo.
- El estilo de redacción y la ortografía.
- Los aportes, opiniones, desarrollos o experiencias de otros casos similares que realice cada integrante
- Los resultados y conclusiones alcanzadas.
- El uso de la bibliografía.
- La presentación del trabajo.

Presentación pública

Los trabajos prácticos se presentan como grupo frente al resto de la clase al finalizar el cursado, instancia que oficia como coloquio integrador donde se valora:

- La dinámica y claridad de la exposición.
- La presentación audiovisual desarrollada.
- La participación de los integrantes.
- El cumplimiento del tiempo de exposición.

Exámenes parciales

Adicionalmente a estos trabajos grupales, se deben rendir dos parciales en los que el alumno debe demostrar haber adquirido las bases conceptuales de los temas tratados. Aquí se valora:

- La precisión y claridad conceptual
- El planteo y la solución de los ejercicios.

Condiciones de aprobación

Condición de alumno promocionado

Para aprobar la materia por promoción se requiere:

- a) Aprobar los dos parciales con un mínimo de 4 (cuatro) puntos. Hay una sola instancia de recuperación para parcial reprobado.
- b) Aprobar todos los trabajos prácticos.
- c) Realizar la presentación grupal de los trabajos prácticos (coloquio integrador). Hay una sola instancia de recuperación para el coloquio
- d) Tener un mínimo de 80% de asistencia.

La calificación final resulta del promedio de las notas de los dos parciales y de la nota promedio de los trabajos prácticos, dentro de la cual se incluye el coloquio. La promoción tiene una duración de un año.

Condición de alumno regular

Si al terminar el cursado el alumno solo aprueba un parcial, pero se cumplen con las condiciones b, c y d, queda en situación de regular, debiendo rendir un examen teórico práctico en los turnos respectivos dentro del período de validez de la regularidad, que se establece en un año. Si no se aprueba ningún parcial o no se cumple alguna de las condiciones de promoción b, c y d, el alumno queda en condición de libre.

Condición de alumno libre

Los alumnos que rinden en condición de libres, para aprobar el examen final, deben:

- Presentar con antelación a la fecha de examen la carpeta con todos los trabajos prácticos del último año académico realizados sobre una organización.
- Defender los trabajos prácticos ante el tribunal examinador.
- Aprobar un examen práctico, sobre temas de la asignatura (ejercicios, problemas, casos) a programa completo.
- En caso de haber cumplido exitosamente con los dos puntos anteriores, pasa a examen teórico, sobre temas de la asignatura.

Actividades prácticas y de laboratorio

En clases prácticas se realiza la aplicación de los conceptos aprendidos de mantenimiento (gestión de activos físicos) a la solución de problemas concretos en situaciones reales. Estas situaciones reales se generan a través de: problemas propuestos, prácticos de laboratorio en bancos de ensayo, propuestas de servicios basadas en pliegos de especificaciones técnicas generadas por empresas de primera línea y visitas a instalaciones de producción y servicios.

Para la realización de actividades prácticas y de laboratorio se constituyen grupos de trabajo que favorecen el trabajo en equipo. Estos grupos realizan también estudios sobre la aplicación de herramientas de mantenimiento, con objetivos de mejora, en equipos e instalaciones de producción de bienes o servicios

A continuación, se listan los prácticos que desarrollan en el cuatrimestre

- Traducción de un texto en inglés extractado de bibliografía internacional de mantenimiento
- Organización de Mantenimiento
- Estudio de un caso sobre planificación mantenimiento con parada de planta
- Planificación del Mantenimiento
- Desarrollar un plan de mantenimiento de un equipo y/o instalación utilizando el método RCM
- Mantenimiento Autónomo
- Análisis termográfico y eléctrico
- Medición y Análisis de vibraciones mecánicas en equipos rotantes.
- Desarrollar una propuesta de servicio de mantenimiento
- Visita a empresa de producción o servicios

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

Competencia general	Competencia específica	Actividad desarrollada y objetivo	Indicador de desempeño. El alumno:
<p>CG3: Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).</p> <p>CG4: Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería.</p> <p>CG6: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.</p>	<p>CE2.1.1. Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios -tradicionales y e-economy).</p> <p>CE2.2.1. Evaluar la sustentabilidad técnico-económica y ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p>	<p>Calcular e interpretar indicadores de mantenimiento y eficiencia (KPI). Trabajo en equipo.</p>	<p>Calcula indicadores de mantenimiento y eficiencia a partir de los datos relevados en una empresa. Interpreta los valores de los indicadores medidos, diagnostica la situación de la empresa y propone acciones de mejora.</p>
		<p>Evaluar organizaciones de mantenimiento y proponer mejoras. Trabajo en equipo.</p>	<p>Evalúa organizaciones de mantenimiento, hace un diagnóstico y propone mejoras basadas en lograr los resultados esperados por la dirección de la empresa</p>
		<p>Conocer y saber aplicar modernas herramientas de mantenimiento (RCM, industria 4.0, IA). Trabajo en equipo.</p>	<p>Conoce herramientas modernas de gestión de mantenimientos (RCM, industria 4.0, IA) y es capaz de aplicarlo para generar el plan de mantenimiento de una instalación real.</p>
		<p>Conocer y saber aplicar herramientas de mejora de eficiencia de un sistema industrial (TPM). Trabajo en equipo.</p>	<p>Conoce la importancia del TPM asociado al funcionamiento del Sistema de Producción Toyota o Lean Manufacturing y es capaz de implementarlo en una empresa.</p>
		<p>Saber aplicar las herramientas del mantenimiento condicional (predictivo) a través de la medición y diagnóstico en bancos de ensayos desarrollados en la cátedra (vibraciones mecánicas, termografía infrarroja y variables eléctricas). Trabajo en equipo.</p>	<p>Conoce las herramientas de diagnóstico asociadas al mantenimiento condicional o predictivo y sabe cuándo y cómo aplicarlas en una empresa.</p>
		<p>Saber desarrollar un plan de mantenimiento para equipos de producción y servicios. Trabajo en equipo.</p>	<p>Sabe hacer un relevamiento de equipos, establecer su criticidad y generar un plan de mantenimiento que garantice la fiabilidad esperada del equipamiento.</p>
	<p>CE3.1.1. Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos (productivos y de gestión) e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios).</p>	<p>Conocer, aplicar y gestionar modernas herramientas de calidad asociadas al mantenimiento (ISO 55000). Trabajo en equipo.</p>	<p>Conoce las herramientas de calidad asociadas a la gestión de calidad del mantenimiento y es capaz de aplicarlas eficientemente en una empresa.</p>

Bibliografía

Libros disponibles en biblioteca

Título: TPM New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries
Autor: Kunio Shirose
ISBN-10: 4889569022
ISBN-13: 978-4889569025
Editorial: JIPM-Solutions (1996)

Título: Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers
Autor: B.S. Dhillon
ISBN-10: 0849372437
ISBN-13: 978-0849372438
Editorial: CRC (2006)

Título: An Introduction to Predictive Maintenance
Autor: R. Keith Mobley
ISBN-10: 0750675314
ISBN-13: 978-0750675314
Editorial: Butterworth-Heinemann (2002)
Idioma: Inglés

Título: Reliability Centered Maintenance
Autor: Jhon Moubray
ISBN: 0 7506 3358 1
ISBN-13:
Editorial: Butterworth-Heinemann / Alladon

Título: PM Analysis
Autor: Mitsugu Kaneda, Yoshifumi Kimura, Kunio Shirose
ISBN-10:
ISBN-13: 978-1-56327-312-4
Editorial: Productivity Press (2004)

Título: TPM en Industrias de Procesos
Autor: Tokutaro Suzuki
ISBN-10:
ISBN-13: 978-84-87022-18-0
Editorial: Productivity Press (1996)

Título: Organización y gestión integral de mantenimiento
Autor: García Garrido Santiago
ISBN-10:
ISBN-13: 9788479785482

Editorial: Diaz de Santos (2003)
Idioma: Español

Título: Mantenimiento Industrial
Autor: Iván Gallará, Daniel Pontelli, Sergio Gangi
ISBN: 987-978-1457-42-7
ISBN-13:
Editorial: Universitas, Segunda edicion (2011)

Título: Handbook of Condition Monitoring
Autor: B.K.N. Rao
ISBN-10: 1856172341
ISBN-13: 978-1856172349
Editorial: Elsevier Science (1996)

Título: Reliability Centered Maintenance
Autor: Neil B. Bloom
ISBN-10: 0071460691
ISBN-13: 978-0071460699
Editorial: McGraw-Hill (2005)

Título: Introduction to Reliability and Maintainability Engineering
Autor: Charles E. Ebeling
ISBN-10: 1577663861
ISBN-13: 978-1577663867
Editorial: Waveland Pr Inc (2005)

Título: System Reliability Theory
Autor: Marvin Rausand, Arnljot Høyland
ISBN-10: 047147133X
ISBN-13: 978-0471471332
Editorial: Wiley-Interscience (2003)