

## I.- DISPOSICIONES GENERALES

### Consejería de Educación, Cultura y Deportes

**Decreto 72/2022, de 12 de julio, por el que se establece el currículo del Curso de Especialización de Formación Profesional en Digitalización del Mantenimiento Industrial en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. [2022/6688]**

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, establece en su artículo 39.6 que el gobierno, previa consulta a las comunidades autónomas, establecerá las titulaciones correspondientes a los estudios de formación profesional, así como los aspectos básicos del currículo de cada una de ellas. por su parte, el artículo 6 bis, apartado 1.c) de la citada ley, establece, en relación con la formación profesional, que el gobierno fijará las enseñanzas mínimas.

La Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la formación profesional, establece en su artículo 13.1 que todo currículo de la formación profesional tendrá por objetivo facilitar el desarrollo formativo profesional de las personas, promoviendo su formación integral, contribuyendo al desarrollo de su personalidad en todas sus dimensiones. en su artículo 51.1 dispone que los cursos de especialización tienen por objeto complementar y profundizar en las competencias de quienes ya disponen de un título de formación profesional.

El Real Decreto 1147/2011, de 29 de julio, por el que se establece la ordenación general de la formación profesional del sistema educativo, regula en su artículo 27 los cursos de especialización de formación profesional e indica los requisitos y condiciones a que deben ajustarse dichos cursos de especialización. En el mismo artículo se indica que versarán sobre áreas que impliquen profundización en el campo de conocimiento de los títulos de referencia, o bien una ampliación de las competencias que se incluyen en los mismos. por tanto, en cada curso de especialización se deben especificar los títulos de formación profesional que dan acceso al mismo.

En este sentido los cursos de especialización deben responder de forma rápida a las innovaciones que se produzcan en el sistema productivo, así como a ámbitos emergentes que complementen la formación incluida en los títulos de referencia.

Según establece el artículo 37.1 del Estatuto de Autonomía de Castilla-La Mancha, corresponde a la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha la competencia de desarrollo legislativo y ejecución de la enseñanza en toda su extensión, niveles y grados, modalidades y especialidades, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 27 de la Constitución y leyes orgánicas que conforme al apartado 1 del artículo 81 de la misma lo desarrollen y sin perjuicio de las facultades que atribuye al Estado el número 30 del apartado 1 del artículo 149 y de la Alta Inspección para su cumplimiento y garantía.

La Ley 7/2010, de 20 de julio, de Educación de Castilla-La Mancha, establece en su artículo 69 que, en la planificación de la oferta de Formación Profesional, se tendrán en cuenta las necesidades del tejido productivo de Castilla-La Mancha y los intereses y expectativas de la ciudadanía.

Tras la entrada en vigor del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril, por el que se establece el Curso de especialización en Digitalización del mantenimiento industrial y se fijan los aspectos básicos del currículo, procede establecer el currículo del curso de especialización en Digitalización del mantenimiento industrial, en el ámbito territorial de esta Comunidad Autónoma, teniendo en cuenta los aspectos definidos en la normativa citada anteriormente.

En Castilla-La Mancha, el perfil profesional de este curso de especialización define a un profesional que es capaz de implantar y gestionar proyectos de digitalización del mantenimiento en entornos industriales, aplicando las tecnologías de última generación y cumpliendo los requisitos de calidad, seguridad y respeto al medio ambiente.

El decreto se estructura en diez artículos relativos a aspectos específicos que regulan estas enseñanzas, una disposición adicional, tres disposiciones finales y tres anexos.

Se ha recurrido a una norma con rango de decreto para establecer el desarrollo de las bases pues corresponde al Consejo de Gobierno la potestad reglamentaria de acuerdo con la atribución que le confiere el artículo 13.1 del Estatuto de Autonomía. Asimismo, cabe mencionar que este decreto se ajusta a los principios de buena regulación

contenidos en la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, principios de necesidad, eficacia, proporcionalidad, seguridad jurídica, transparencia y eficiencia, en tanto que la misma persigue el interés general al facilitar la adecuación de la oferta formativa a las demandas de los sectores productivos de Castilla-La Mancha, ampliar la oferta de formación profesional, avanzar en la integración de la formación profesional en el conjunto del sistema educativo de la comunidad autónoma, y su implicación con los agentes sociales y las empresas privadas; no existiendo ninguna alternativa regulatoria menos restrictiva de derechos, resulta coherente con el ordenamiento jurídico y permite una gestión más eficiente de los recursos públicos. Del mismo modo, durante el procedimiento de elaboración de la norma se ha permitido la participación activa de los potenciales destinatarios a través de los órganos específicos de participación y consulta y quedan justificados los objetivos que persigue la ley.

En el procedimiento de elaboración de este decreto se ha consultado a la Mesa Sectorial de Educación y han emitido dictamen el Consejo Escolar de Castilla-La Mancha y el Consejo de Formación Profesional de Castilla-La Mancha.

En su virtud, a propuesta de la Consejera de Educación, Cultura y Deportes, de acuerdo con el Consejo Consultivo y, previa deliberación del Consejo de Gobierno en su reunión de 12 de julio de 2022,

Dispongo:

#### Artículo 1. Objeto.

Este decreto tiene como objeto establecer el currículo del curso de especialización de Formación Profesional en Digitalización del mantenimiento industrial, en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, complementando lo dispuesto en el Real Decreto 480/2020, de 7 de abril, por el que se establece el Curso de especialización en Digitalización del mantenimiento industrial y se fijan los aspectos básicos del currículo.

#### Artículo 2. Identificación.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 2 del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril, el curso de especialización de Formación Profesional en Digitalización del mantenimiento industrial, queda identificado por los siguientes elementos:

Denominación: Digitalización del mantenimiento industrial.

Nivel: Formación Profesional de Grado Superior.

Duración: 600 horas.

Familia Profesional: Instalación y Mantenimiento (únicamente a efectos de clasificación de las enseñanzas de Formación Profesional).

Rama de conocimiento: Ingeniería y Arquitectura.

Créditos ECTS: 36.

Referente en la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación: P-5.5.4.

#### Artículo 3. Requisitos de acceso al curso de especialización.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 13 del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril, para acceder al curso de especialización en Digitalización del mantenimiento industrial es necesario estar en posesión de alguno de los siguientes títulos:

- a) Título de Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica, establecido por el Real Decreto 1687/2007, de 14 de diciembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Programación de la Producción en Fabricación Mecánica y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- b) Título de Técnico Superior en Química Industrial, establecido por el Real Decreto 175/2008 de 8 de febrero, por el que se establece el título de Técnico Superior en Química Industrial y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- c) Título de Técnico Superior en Desarrollo de Proyectos y de Instalaciones Térmicas y de Fluidos, establecido por el Real Decreto 219/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el título de Técnico Superior en Desarrollo de Proyectos de Instalaciones Térmicas y de Fluidos y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- d) Título de Técnico Superior en Mantenimiento de Instalaciones Térmicas y de Fluidos, establecido por el Real Decreto 220/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el título de Técnico Superior en Mantenimiento de Instalaciones Térmicas y de Fluidos y se fijan sus enseñanzas mínimas.

- e) Título de Técnico Superior en Diseño en Fabricación Mecánica, establecido por el Real Decreto 1630/2009, de 30 de octubre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Diseño en Fabricación Mecánica y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- f) Título de Técnico Superior en Procesos y Calidad en la Industria Alimentaria, establecido por el Real Decreto 451/2010 de 16 de abril por el que se establece el título de Técnico Superior en Procesos y Calidad en la Industria Alimentaria y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- g) Título de Técnico Superior en Sistemas Electrotécnicos y Automatizados, establecido por el Real Decreto 1127/2010, de 10 de septiembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Sistemas Electrotécnicos y Automatizados y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- h) Título de Técnico Superior en Mecatrónica Industrial, establecido por el Real Decreto 1576/2011, de 4 de noviembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Mecatrónica Industrial y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- i) Título de Técnico Superior en Mantenimiento Electrónico, establecido por el Real Decreto 1578/2011, de 4 de noviembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Mantenimiento Electrónico y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- j) Título de Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial, establecido por el Real Decreto 1581/2011, de 4 de noviembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- k) Título de Técnico Superior en Fabricación de productos farmacéuticos, biotecnológicos y afines, establecido por el Real Decreto 832/2014, de 3 de octubre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Fabricación de productos farmacéuticos, biotecnológicos y afines y se fijan sus enseñanzas mínimas.

#### Artículo 4. Referentes del curso de especialización.

En el Real Decreto 480/2020, de 7 de abril, quedan definidos el perfil profesional, la competencia general, las competencias profesionales, personales y sociales, entorno profesional, prospectiva en el sector o sectores, objetivos generales y acceso, correspondientes al curso.

#### Artículo 5. Módulos profesionales: Duración y distribución horaria.

##### 1. Los Módulos profesionales del curso de especialización son

- 5012. Metrología e instrumentación inteligente.
- 5032. Estrategias del mantenimiento industrial.
- 5033. Seguridad en el mantenimiento industrial.
- 5034. Monitorización de maquinaria, sistemas y equipos.
- 5035. Sistemas avanzados de ayuda al mantenimiento.

2. La duración y distribución horaria semanal ordinaria de los módulos profesionales del curso de especialización son las establecidas en el anexo I. El número de horas semanales está establecido para una duración del curso de especialización de dos trimestres o tres trimestres.

#### Artículo 6. Flexibilización de la oferta.

La consejería con competencias en materia de educación podrá diseñar otras distribuciones horarias semanales de los módulos del curso de especialización distintas a las establecidas, encaminadas a la realización de una oferta más flexible y adecuada a la realidad social y económica del entorno. En todo caso, se mantendrá la duración total establecida para cada módulo profesional.

#### Artículo 7. Resultados de aprendizaje, criterios de evaluación, duración, contenidos y orientaciones pedagógicas de los módulos profesionales.

1. Los resultados de aprendizaje, criterios de evaluación, duración y contenidos de los módulos profesionales que forman parte del currículo del curso de especialización de Formación Profesional en Digitalización del mantenimiento industrial son los establecidos en el anexo II de este decreto.

2. Las orientaciones pedagógicas de los módulos profesionales que forman parte del curso de especialización de Formación Profesional en Digitalización del mantenimiento industrial son las establecidas en el anexo I del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril.

## Artículo 8. Profesorado.

1. La docencia de los módulos profesionales que constituyen las enseñanzas de este curso de especialización corresponde al profesorado del Cuerpo de Catedráticos de Enseñanza Secundaria, del Cuerpo de Profesores de Enseñanza Secundaria y del Cuerpo de Profesores Técnicos de Formación Profesional, según proceda, de las especialidades establecidas en el anexo III A) del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril.

2. Las titulaciones requeridas para acceder a los cuerpos docentes citados son, con carácter general, las establecidas en el artículo 13 del Reglamento de ingreso, accesos y adquisición de nuevas especialidades en los cuerpos docentes a que se refiere la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, aprobado por el Real Decreto 276/2007 de 23 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de ingreso, accesos y adquisición de nuevas especialidades en los cuerpos docentes a que se refiere la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, y se regula el régimen transitorio de ingreso a que se refiere la disposición transitoria decimoséptima de la citada ley.

3. El profesorado especialista tendrá atribuida la competencia docente de los módulos profesionales especificados en el anexo III A) del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril.

4. El profesorado especialista deberá cumplir los requisitos generales exigidos para el ingreso en la función pública docente establecidos en el artículo 12 del Reglamento de ingreso, accesos y adquisición de nuevas especialidades en los cuerpos docentes a que se refiere la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, aprobado por el Real Decreto 276/2007, de 23 de febrero.

5. Además, con el fin de garantizar que se da respuesta a las necesidades de los procesos involucrados en el módulo profesional, es necesario que el profesorado especialista acredite al inicio de cada nombramiento una experiencia profesional reconocida en el campo laboral correspondiente, debidamente actualizada, de al menos dos años de ejercicio profesional en los cuatro años inmediatamente anteriores al nombramiento.

6. Para el profesorado de los centros de titularidad privada, de otras administraciones distintas de las educativas, las titulaciones requeridas y los requisitos necesarios para la impartición de los módulos profesionales que conforman el curso de especialización son las incluidas en el anexo III C) del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril. En todo caso, se exigirá que las enseñanzas conducentes a las titulaciones citadas engloben los objetivos de los módulos profesionales expresados en resultados de aprendizaje y, si dichos objetivos no estuvieran incluidos, además de la titulación deberá acreditarse, mediante certificación, una experiencia laboral de, al menos, tres años en el sector vinculado a la familia profesional, realizando actividades productivas en empresas relacionadas implícitamente con los resultados de aprendizaje.

7. Para las titulaciones habilitantes a efectos de docencia, se atenderá a lo establecido en la disposición adicional tercera del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril.

## Artículo 9. Espacios y equipamientos.

1. Los espacios y equipamientos mínimos necesarios para el desarrollo de las enseñanzas del curso de especialización de Formación Profesional en Digitalización del mantenimiento industrial, son los establecidos en el anexo III de este decreto.

2. Las condiciones de los espacios y equipamientos son las establecidas en el artículo 10 del Real Decreto 480/2020, de 7 de abril, que, en todo caso, deberán cumplir la normativa sobre igualdad de oportunidades, diseño para todos y accesibilidad universal, prevención de riesgos laborales y seguridad y salud en el puesto de trabajo.

## Artículo 10. Requisitos de los centros que impartan los cursos de especialización.

Los centros docentes que oferten este curso de especialización deberán cumplir, además de lo establecido en este decreto, el requisito de impartir alguno de los títulos que dan acceso al mismo y que figuran en el artículo 3.

## Disposición adicional única. Autonomía pedagógica de los centros.

Los centros autorizados para impartir el curso de especialización en Digitalización del mantenimiento industrial concretarán y desarrollarán las medidas organizativas y curriculares que resulten más adecuadas a las características de su alumnado y de su entorno productivo, de manera flexible y en uso de su autonomía pedagógica, en el marco

legal del proyecto educativo, en los términos establecidos por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo, y en el Capítulo II del Título III de la Ley 7/2010, de 20 de julio, de Educación de Castilla-La Mancha, e incluirán los elementos necesarios para garantizar que las personas que cursen el curso de especialización indicado desarrollen las competencias incluidas en el currículo en “diseño para todos”.

Disposición final primera. Implantación del currículo.

El currículo se implantará en todos los centros docentes de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, autorizados para impartirlo, a partir del curso escolar 2022/2023.

Disposición final segunda. Desarrollo.

Se autoriza a la persona titular de la Consejería competente en materia educativa, para dictar las disposiciones que sean precisas para la aplicación de lo dispuesto en este decreto.

Disposición final tercera. Entrada en vigor.

Este decreto entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha.

Dado en Toledo, el 12 de julio de 2022

El Presidente  
EMILIANO GARCÍA-PAGE SÁNCHEZ

La Consejera de Educación, Cultura y Deportes  
ROSA ANA RODRÍGUEZ PÉREZ

## Anexo I

## Duración de los módulos profesionales y la asignación horaria semanal

Módulos profesionales	Horas totales	Distribución horaria semanal (Tres trimestres: 32 semanas)	Distribución horaria semanal (Dos trimestres: 20 semanas)
5012. Metrología e instrumentación inteligente.	100	3	5
5032. Estrategias del mantenimiento industrial.	164	5	8
5033. Seguridad en el mantenimiento industrial.	120	4	6
5034. Monitorización de maquinaria, sistemas y equipos.	80	3	4
5035. Sistemas avanzados de ayuda al mantenimiento.	136	4	7
	600	19	30

## Anexo II

## Módulos Profesionales

Módulo profesional: Metrología e instrumentación inteligente.

Código: 5012.

Créditos ECTS: 6.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Determina los requisitos de captación de datos y su medida en cada etapa del proceso aplicando criterios de optimización y eficiencia.

Criterios de evaluación:

- a) Se han especificado los puntos para la sensorización con criterios de optimización de las operaciones a realizar.
- b) Se han seleccionado las tecnologías de captación de datos.
- c) Se han seleccionado las tecnologías de medición de datos.
- d) Se han determinado las especificaciones metrológicas de cada elemento de campo.
- e) Se han determinado las condiciones de compensación frente a parámetros secundarios que son de aplicación a cada elemento de campo.
- f) Se han determinado la cadencia de medición y el tiempo de respuesta necesario para elementos de campo a emplear.

2. Especifica los requisitos de conectividad de los elementos de campo inteligentes analizando las tecnologías de comunicaciones implantadas.

Criterios de evaluación:

- a) Se han analizado las necesidades de sensorización en función del grado de automatización e integración óptimo, así como de su relación coste/beneficio.
- b) Se ha especificado el tipo de conectividad adecuado para los elementos de campo inteligentes.
- c) Se ha configurado tanto el elemento de campo, como el sistema de control para una comunicación óptima.
- d) Se ha verificado que la comunicación del elemento de campo con el sistema de control del proceso se produce según los requisitos establecidos.

3. Integra elementos de campo con el sistema de control determinando su funcionamiento autónomo o su aportación al sistema.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha determinado la información a intercambiar entre el sistema de control y elemento de campo.
- b) Se ha seleccionado el elemento de campo según las tecnologías de comunicaciones existentes.
- c) Se ha instalado el elemento de campo y se han configurado los diversos parámetros de comunicaciones y funcionamiento autónomo en su caso.
- d) Se ha verificado el correcto funcionamiento del elemento de campo según los requisitos establecidos.

4. Determina la aplicación de los sistemas de visión artificial, láser y luz estructurada integrándolos en el proceso de mantenimiento.

Criterios de evaluación:

- a) Se han identificado los puntos del sistema en los que serían de aplicación los sistemas de visión artificial.

- b) Se han valorado los sistemas/aplicaciones de visión artificial, láser y luz estructurada existentes en el mercado.
- c) Se ha propuesto una solución óptima y eficiente para dar respuesta a las necesidades del sistema en cuanto a la aplicación de sistemas de visión artificial, láser y luz estructurada.
- d) Se han instalado y configurado los sistemas de visión artificial, láser y luz estructurada seleccionados.
- e) Se ha verificado el correcto funcionamiento de los sistemas implantados.
- f) Se ha valorado la mejora en los parámetros de funcionamiento del sistema que suponen los sistemas de visión artificial, láser y luz estructurada aplicados.

Duración: 100 horas.

Contenidos:

#### 1. Determinación de los requisitos de captación y medida:

##### 1.1 Conceptos de metrología aplicados a captadores y medidores:

- a. Sistema nacional de calidad y seguridad.
- b. Incertidumbre del instrumento. Incertidumbre de la medida.
- c. Calibración y verificación de los equipos de medida. Trazabilidad, tolerancias, intervalos de aceptación.
- d. Adecuación de los equipos de medida a las necesidades derivadas de las especificaciones dimensionales, geométricas, superficiales y de otras magnitudes.
- e. Factores económicos asociados a los equipos de captación y medición. Selección óptima y eficiente de los equipos.
- f. Funciones integradas de calibración y diagnosis.
- g. Mantenimiento de equipos.

##### 2. Especificación de los requisitos de conectividad de los elementos de campo inteligentes:

###### 2.1 Tecnologías de captación y medición existentes en el mercado.

###### 2.2 Funciones de autodiagnóstico y autocalibración de los sensores.

###### 2.3 Conectividad de los sensores:

- a. Redes específicas para sensorización.
- b. Redes de automatización de mayor nivel.
- c. Conectividad inalámbrica.
- d. Sensores con conexión directa a la nube.
- e. Conceptos de ciberseguridad aplicados a redes de sensores.

##### 3. Integración de los elementos de campo con el sistema y/o determinación de su funcionamiento autónomo:

###### 3.1 Información a intercambiar entre el sistema y el sensor/medidor:

- a. Datos de calibración.
- b. Datos de compensación.
- c. Direccionamiento.
- d. Información propia del sensor.
- e. Datos de la medición.
- f. Información para la programación remota del sensor / medidor.
- g. Información a compartir con otros sensores en un sistema distribuido.
- h. Velocidad de la comunicación.

###### 3.2 Capacidades de funcionamiento autónomo y control del proceso de los sensores inteligentes:

- a. Capacidad de procesado.

##### 4. Determinación de la utilidad de los sistemas de visión artificial, láser y luz estructurada:

- 4.1 Soluciones de visión artificial disponibles en el mercado. Características y utilidad.
- 4.2 Soluciones basadas en láser disponibles en el mercado. Características y utilidad.
- 4.3 Soluciones basadas en luz estructurada disponibles en el mercado. Características y utilidad.
- 4.4 Integración de las diferentes soluciones en el proceso.

Módulo profesional: Estrategias del mantenimiento industrial.

Código: 5032.

Créditos ECTS: 10.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Caracteriza los tipos, niveles y procedimientos del mantenimiento industrial referenciándolos a la normativa vigente y relacionándolos con los perfiles y cualificaciones del personal de mantenimiento.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha identificado el objeto, campo de aplicación y términos fundamentales del mantenimiento industrial.
- b) Se han descrito los tipos de fallos, eventos, averías y estados de un elemento o máquina.
- c) Se han especificado las actividades de mantenimiento según el entorno industrial de referencia.
- d) Se han caracterizado los principios aplicables a la gestión de los repuestos y consumibles.
- e) Se ha determinado la utilidad de los indicadores de mantenimiento.
- f) Se han caracterizado los distintos perfiles y cualificaciones que corresponden al personal de mantenimiento.
- g) Se han relacionado las diferentes tareas de mantenimiento con los perfiles del personal y sus cualificaciones.

2. Evalúa los atributos e indicadores de mantenibilidad de dispositivos industriales, relacionándolos con los niveles de mantenimiento y estableciendo indicadores de rendimiento.

Criterios de evaluación:

- a) Se han analizado los atributos de mantenibilidad, clasificándolos según su dimensión global o variable y atendiendo al nivel de intervención.
- b) Se han caracterizado los indicadores primarios u operacionales (fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad).
- c) Se han caracterizado los indicadores secundarios, con aportación de información de otros departamentos en su caso.
- d) Se han establecido los indicadores clave de rendimiento KPI (key performance indicator) aplicados al mantenimiento.
- e) Se ha medido el rendimiento de las intervenciones, en función de los objetivos de la empresa.
- f) Se han aplicado los índices de disponibilidad, de coste, de proporción de tiempos de mantenimiento, de gestión de almacenes y compras, de gestión de órdenes de trabajo, de seguridad y medio ambiente y de formación.
- g) Se han calculado y evaluado los indicadores de mantenibilidad.

3. Implanta metodologías y estrategias para la gestión del mantenimiento industrial analizando sus características específicas y aplicando tecnologías digitales.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha valorado la metodología AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos), para la definición y evaluación de las actividades de mantenimiento.
- b) Se ha valorado la metodología "lean" de mejora continua.
- c) Se ha analizado la metodología 5s aplicada a las actividades de mantenimiento.
- d) Se han establecido las herramientas estadísticas de la metodología seis sigma.
- e) Se han establecido las características del TPM (Mantenimiento Productivo Total).

- f) Se han diseñado experimentos con las metodologías y estrategias analizadas.
- g) Se han implantado una organización TPM (Mantenimiento Productivo Total).

4. Diseña el plan de mantenimiento de la organización determinando los tipos y niveles de mantenimiento a aplicar según las necesidades de la producción y la optimización de los recursos.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha realizado el inventario técnico de la maquinaria y equipos que componen la instalación y son susceptibles de recibir mantenimiento.
- b) Se ha analizado la información disponible de todas las máquinas y equipos de la instalación desde el punto de vista de sus necesidades de mantenimiento.
- c) Se ha determinado para cada máquina y equipo una relación de actividades de mantenimiento clasificadas por tipos, niveles y periodicidades, en su caso, a implementar en el plan de mantenimiento de la organización.
- d) Se han analizado, dimensionado y asignado los recursos materiales (herramientas, fungibles y repuestos entre otros) para cada actividad determinada.
- e) Se ha determinado para cada máquina y equipo, la relación de recursos materiales (fungibles y repuestos entre otros), que deben estar disponibles permanentemente en el almacén para las intervenciones de mantenimiento más urgentes y/o frecuentes.
- f) Se han analizado, dimensionado y asignado los recursos humanos, propios y externos, para cada actividad determinada.
- g) Se han elaborado los materiales y acciones formativos necesarios para instruir al diverso personal de mantenimiento.
- h) Se ha elaborado e implantado el plan general de mantenimiento de la organización.

5. Planifica y realiza el seguimiento de las actividades de mantenimiento recuperativo y/o reformas sobre la instalación anticipando los recursos humanos y materiales.

Criterios de evaluación:

- a) Se han analizado los registros de mantenimiento correctivo e intervenciones sobre máquinas y equipos.
- b) Se han propuesto acciones de mantenimiento recuperativo y/o reformas sobre las máquinas y equipos en base a los registros analizados y a las aportaciones de otros departamentos.
- c) Se ha estimado la necesidad de tiempo de parada de las instalaciones y coordinado con el resto de departamentos de la organización.
- d) Se han determinado las necesidades de materiales asociadas a las actividades a realizar.
- e) Se han ejecutado los pedidos de materiales (repuestos, herramientas, fungibles y otros), con la suficiente antelación.
- f) Se han determinado las necesidades de personal y/o contratación de servicios externos necesarios.
- g) Se ha ejecutado el control y seguimiento de las actividades.
- h) Se han informado todas las actividades realizadas con detalle y se han analizado en su conjunto.

Duración: 164 horas.

Contenidos:

1. Tipos, niveles y procedimientos del mantenimiento industrial:

1.1 Normativa en vigor en el campo del mantenimiento (entre otras y atendiendo a sus posibles modificaciones y sustituciones):

- a. UNE-EN 13269 Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento.
- b. UNE-EN 13306 Mantenimiento. Terminología del mantenimiento.
- c. UNE-EN 13460 Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento.
- d. UNE-EN 15341 Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento.
- e. UNE-EN 15628 Mantenimiento. Cualificación del personal de mantenimiento.

f. UNE 151001 Mantenimiento. Indicadores de mantenibilidad de dispositivos industriales. Definición y evaluación.

1.2 Literatura técnica en el campo del mantenimiento.

1.3 Tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo, predictivo, recuperativo y otros, con sus subtipos. Variantes según estrategias y sectores.

1.4 Mantenimiento productivo total (TPM).

1.5 Gestión del almacén de mantenimiento. Codificación de repuestos y consumibles. Optimización del inventario de mantenimiento. Parámetros a definir para cada repuesto codificado: punto de pedido, cantidad de pedido, tiempo de entrega. Repuestos críticos.

1.6 Los cinco niveles de mantenimiento y sus actividades asociadas. Casuística.

1.7 Indicadores de mantenimiento. Definiciones según normativa.

1.8 Perfiles y cualificaciones del personal de mantenimiento: técnico especializado de mantenimiento, supervisor de mantenimiento, gerente de mantenimiento y otros.

1.9 Intervención del personal de otros departamentos en tareas relacionadas con el mantenimiento (tareas de mantenimiento autónomo).

1.10 Tareas típicas de mantenimiento. Priorización. Definición de responsabilidades. Asociación típica de repuestos y consumibles a tareas típicas.

2. Atributos e indicadores de mantenibilidad de dispositivos industriales:

2.1 Atributos de mantenibilidad.

2.2 Atributos globales o que afectan a cualquier nivel de mantenimiento (simplicidad, identificación, modularidad, tribología, ergonomía, estandarización y otros).

2.3 Atributos variables o que dependen del nivel de mantenimiento (accesibilidad, montaje/desmontaje, necesidad de personal, necesidades de organización, coordinación, grado de complejidad de las tareas, entorno, herramientas, equipos, documentación y otros).

2.4 Mejoras enfocadas como pilar del TPM: involucración del mantenedor en el diseño de sistemas.

3. Metodologías y estrategias para la gestión del mantenimiento industrial:

3.1 Metodologías:

a. Metodología AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos).

b. Metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar).

c. Ciclo de DEMING (PHVA, Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), principios básicos de Kaizen o mejora continua.

d. Metodología 5s's (Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización, Mantener la disciplina).

e. Otras metodologías.

3.2 Cálculos estadísticos aplicados al mantenimiento.

3.3 Diseño de experimentos.

3.4 Implantación de una organización TPM.

4. Plan de mantenimiento según necesidades de producción y optimización de recursos:

4.1 Manuales de operación y de mantenimiento de las máquinas y equipos de la instalación, proporcionados por fabricantes.

4.2 Documentación: formatos para el registro de datos y de las operaciones de mantenimiento: órdenes de trabajo, libro de vida de la máquina/equipo, registros de rutas de inspección, registros de reparaciones, registros de modificaciones sobre máquinas/equipos, registros de inspecciones técnicas periódicas y otros.

4.3 Procedimientos de gestión del plan general de mantenimiento: operaciones básicas de revisión, reparación, planificación de los trabajos, programación, definición del flujo ligado a las órdenes de trabajo (OTs), asignación de prioridades, ejecución de los trabajos, cierre de las OTs, realización de informes, análisis de informes y realimentación de las conclusiones a los procedimientos.

4.4 Archivo técnico de la organización ligado al mantenimiento:

- a. Herramientas y medios: inventario de herramientas, relación de instrumentos con control metrológico, plan de control metrológico.
- b. Procedimientos de gestión y calidad de mantenimiento: organización, funciones y responsabilidades, planificación, documentación, compras y contratos, controles, inspección y ensayos, plan de control metrológico, planificación de las auditorías/inspecciones externas, planificación de las acciones de formación.
- c. Procedimientos de trabajo de mantenimiento: procedimientos organizativos y técnicos, rutas de inspección, rutas de lubricación, otras gamas de mantenimiento.
- d. Archivo de gamas realizadas, informes de reparación, órdenes de trabajo terminadas e informadas.
- e. Informes de intervención sobre las instalaciones: grandes reparaciones y nuevas instalaciones realizadas.
- f. Información económica: presupuesto de mantenimiento, control de costes, pedidos, facturación.
- g. Informes periódicos de mantenimiento: indicadores, evolución, emisión de los informes.
- h. Seguridad y salud: plan de seguridad.
- i. Control medioambiental y economía circular.

#### 5. Seguimiento de las actividades de mantenimiento recuperativo:

##### 5.1 Diagramas de GANTT.

##### 5.2 Técnicas de revisión y evaluación de programas (PERT).

##### 5.3 Determinación de las holguras, actividades críticas y rutas críticas.

##### 5.4 Optimización de la planificación de actividades.

##### 5.5 Herramientas adicionales de gestión de proyectos.

##### 5.6 Gestión de recursos materiales, económicos y humanos.

##### 5.7 Contratación de servicios.

Módulo profesional: Seguridad en el mantenimiento industrial.

Código: 5033.

Créditos ECTS: 7.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Determina la estrategia de seguridad en las actividades de mantenimiento industrial digitalizado aplicando las normativas de uso en el sector.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha identificado el objeto, campo de aplicación y términos fundamentales de la seguridad industrial.
- b) Se han descrito los tipos de riesgos asociados a elementos, máquinas o sistemas.
- c) Se han caracterizado los indicadores específicos de mantenimiento ligados a la seguridad.
- d) Se ha identificado la normativa de seguridad aplicable a la organización.
- e) Se ha caracterizado e integrado la normativa de seguridad aplicable en los procedimientos de mantenimiento.
- f) Se han analizado los mecanismos existentes para paliar los riesgos.
- g) Se han definido los puntos a tener en cuenta en un expediente de nueva maquinaria o modificación de las mismas.
- h) Se ha definido la estrategia a seguir en la reducción de riesgos en la organización.

2. Optimiza la seguridad en las operaciones de mantenimiento de la organización en entornos digitalizados integrando los métodos de evitación de accidentes y riesgos.

Criterios de evaluación:

- a) Se han caracterizado los métodos de evitación de accidentes según un enfoque analítico.
- b) Se han caracterizado los métodos de evitación de accidentes según un enfoque de ingeniería.
- c) Se han comparado los métodos y se han establecido sus ventajas e inconvenientes.

- d) Se ha determinado los métodos disponibles de evitación de accidentes más adecuados para la organización.
- e) Se han integrado los métodos seleccionados en la cultura de seguridad de la organización.

3. Optimiza la seguridad en las actividades y procedimientos de mantenimiento en entornos digitalizados identificando riesgos inherentes a cada tipo de industria.

Criterios de evaluación:

- a) Se han descrito los tipos de riesgo asociados a industrias concretas.
- b) Se ha analizado el histórico de eventos de riesgo de la organización ligados al tipo de industria.
- c) Se ha elaborado un catálogo de patrones de riesgo, en las actividades de mantenimiento de la organización o en organizaciones de similar naturaleza.
- d) Se han identificado los procedimientos y los pasos de las actividades de mantenimiento que presentan mayor propensión al riesgo debido a factores inherentes a cada tipo de industria.
- e) Se han seleccionado los métodos de evitación de accidentes de aplicación.
- f) Se han propuesto mejoras en las actividades de mantenimiento para mitigar los niveles de riesgo ligados a la industria concreta.
- g) Se han implantado las mejoras propuestas en las actividades de mantenimiento.
- h) Se ha evaluado la mejora en base al seguimiento de las métricas de los indicadores de mantenimiento ligados a la seguridad.

4. Relaciona las inspecciones, revisiones y demás tipo de actividades asegurando el cumplimiento normativo de las operaciones de mantenimiento.

Criterios de evaluación:

- a) Se han identificado los sectores de actividad normalizados a los que pertenece la organización.
- b) Se han caracterizado las actividades de la organización desde un punto de vista técnico.
- c) Se han identificado y analizado la normativa y las reglamentaciones de seguridad que aplican a los sectores de actividad a los que pertenece la organización.
- d) Se han seleccionado aquellas inspecciones, revisiones y otras actividades que sean de aplicación a la organización, según la normativa y la reglamentación de seguridad.
- e) Se han identificado a los agentes y organizaciones autorizadas para realizar cada una de estas actividades.
- f) Se han determinado las periodicidades y condiciones técnicas y operativas para realizar cada una de estas actividades.
- g) Se han integrado todas aquellas inspecciones, revisiones y otras actividades de seguridad que sean de obligado cumplimiento desde el punto de vista de la seguridad.

5. Configura sistemas y redes de soporte al mantenimiento minimizando los posibles escenarios de riesgo en ciberseguridad.

Criterios de evaluación:

- a) Se han caracterizado diferentes tipos de amenazas para los sistemas y redes de soporte al mantenimiento.
- b) Se han identificado y evaluado la seguridad de credenciales y los medios de control de acceso.
- c) Se ha elaborado y ordenado una lista de riesgos asociados a los sistemas y redes de soporte al mantenimiento.
- d) Se han configurado y parametrizado los sistemas y redes de soporte al mantenimiento de acuerdo a los requisitos de protección establecidos.
- e) Se han identificado los requisitos de seguridad para la actualización y el parcheado de los sistemas y redes de soporte al mantenimiento.
- f) Se han identificado los requisitos de seguridad para la gestión de antivirus y cortafuegos de los sistemas y redes de soporte al mantenimiento.
- g) Se han identificado los requisitos de seguridad para las copias de seguridad de las configuraciones e información de los sistemas y redes de soporte al mantenimiento.

Duración: 120 horas.

## Contenidos:

### 1. Estrategia de seguridad en las actividades de mantenimiento:

- 1.1 La legislación técnica en la Unión Europea: la directiva de máquinas y otras directivas relacionadas. Directivas de seguridad eléctrica y de compatibilidad electromagnética.
- 1.2 Ámbito de aplicación de la directiva de máquinas: descripción de máquina y fabricante.
- 1.3 Evaluación de la conformidad para el mercado CE.
- 1.4 La evaluación de riesgos. Conceptos básicos. Normativa armonizada relacionada con las directivas de seguridad de máquinas.
- 1.5 Análisis y evaluación de riesgos. Normativa. UNE EN 12100 y otras y las que eventualmente las sustituyan.
- 1.6 Estrategia de reducción del riesgo y diseño seguro de los sistemas de mando. Normativa. UNE EN ISO 13849 y otras, y las que eventualmente las sustituyan.
- 1.7 Partes de un expediente técnico.
- 1.8 La documentación administrativa para el mercado CE.

### 2. Optimización de la seguridad en las operaciones de mantenimiento:

#### 2.1 Métodos de evitación de accidentes según un enfoque analítico:

- a. Análisis del error humano (HEA, Human Error Analysis).
- b. Análisis de la causa raíz del accidente (RCA, Accident Root Cause Analysis).
- c. Análisis del árbol de fallas (FTA, Fault Tree Analysis).
- d. Análisis de modos y efectos de fallas (FMEA, Failure Modes and Effects Analysis).
- e. Análisis funcional de operabilidad (Hazard and Operability Analysis).

#### 2.2 Métodos de evitación de accidentes según un enfoque de ingeniería:

- a. Controles de ingeniería.
- b. Procedimientos de seguridad para trabajos de mantenimiento:
  - Autorización de las órdenes de trabajo.
  - Instrucciones específicas de seguridad para actividades de mantenimiento.
  - Preparación segura de las actividades de mantenimiento.
  - Seguimiento y observación de la ejecución de las actividades.
  - Asignación adecuada y documentada de herramientas y métodos de protección.
  - Etiquetado de las máquinas y áreas de trabajo en actividades de mantenimiento.
  - Aseguramiento de la terminación correcta de las actividades de mantenimiento y autorización para la puesta en marcha.
- c. Equipos de protección individual.

### 3. Optimización de la seguridad en los procedimientos de mantenimiento:

- 3.1 Normativa y bases de datos asociadas a riesgos específicos de las siguientes industrias, entre otras: química, nuclear-radiaciones ionizantes, petroquímica, eléctrica, alimentaria, farmacéutica, tecnologías robóticas.
- 3.2 Clasificación de los materiales y desechos peligrosos según los tipos de instalaciones y sectores industriales: inflamables, corrosivos, reactivos, tóxicos, biológicos y otros.
- 3.3 Categorización de los riesgos generales según los tipos de instalaciones y sectores industriales: estructurales, eléctricos, mecánicos, temperatura, ruido, radiación, presencia de gases, y otros.
- 3.4 Riesgos concretos asociados a las actividades industriales: piezas en movimiento, trabajo intenso en las proximidades de fuentes de calor, ruido de maquinaria, polvo por operaciones de aserrado o similares, ruptura de recipientes a presión, exposición a productos químicos de distinta naturaleza, sustancias explosivas, agotamiento de oxígeno en tanques y espacios cerrados, derrumbes, entre otros.

### 4. Cumplimiento normativo de las actividades de mantenimiento:

- 4.1 Inspecciones que se derivan de los siguientes reglamentos y normativas (o aquellas que las sustituyan o modifiquen), entre otros que pudieran ser de aplicación a la organización:
- 4.2 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- 4.3 Normativa que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- 4.4 Reglamento de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- 4.5 Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- 4.6 Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.
- 4.7 Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos.
- 4.8 Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas.
- 4.9 Reglamento de instalaciones petrolíferas.
- 4.10 Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
- 4.11 Reglamento de equipos a presión (REP).
- 4.12 Reglamento de instalaciones contra incendios en establecimientos industriales.
- 4.13 Reglamento de aparatos de elevación y manutención.
- 4.14 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en equipos de trabajo.

5. La ciberseguridad en la configuración de sistemas y redes de soporte al mantenimiento:

- 5.1 Tipos de sistemas y redes de soporte al mantenimiento.
- 5.2 Amenazas y tipos de amenaza.
- 5.3 Evaluación del riesgo.
- 5.4 Riesgos externos.
- 5.5 Tipos de credenciales y sistemas de control de acceso.
- 5.6 Configuración de usuarios y/o direcciones IP habilitadas para controlar los sistemas.
- 5.7 Envíos de registros (Logs), a sistemas externos.
- 5.8 Gestión de la actualización de los sistemas.
- 5.9 Gestión de antivirus.
- 5.10 Copias de seguridad de una configuración deseada y su custodia.

Módulo profesional: Monitorización de maquinaria, sistemas y equipos.

Código: 5034.

Créditos ECTS: 5.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Determina la tecnología de almacenamiento de la información, teniendo en cuenta los requisitos de seguridad y accesibilidad.

Criterios de evaluación:

- a) Se han especificado los procesos productivos y/o máquinas, sistemas y equipos adecuados con criterios de optimización y eficiencia que transmiten información.
- b) Se han determinado las tecnologías de almacenamiento adecuadas en función de los requisitos adecuados.
- c) Se han seleccionado las herramientas de monitorización y supervisión adecuadas en función de cada requisito.
- d) Se han determinado las especificaciones de la conectividad y accesibilidad de cada elemento de campo de forma segura.

2. Garantiza transmisiones seguras aplicando soluciones de comunicaciones avanzadas que permitan la encriptación, firma y autenticación de la información OPC UA, (tecnología de comunicación industrial multiplataforma, abierta, orientada a servicios).

Criterios de evaluación:

- a) Se han especificado las comunicaciones avanzadas que permiten encriptación, firma y autenticación de la información.
- b) Se ha definido cada elemento y ámbito donde aplicar las soluciones de comunicaciones industriales.
- c) Se han aplicado las soluciones de comunicaciones industriales avanzadas, en función de cada requisito.
- d) Se ha realizado la correcta configuración de la comunicación OPC UA para la transmisión de datos.

3. Integra las comunicaciones avanzadas y los sistemas de almacenamiento de datos en entornos inteligentes y a lo largo de la cadena de valor, aplicando los formatos adecuados.

Criterios de evaluación:

- a) Se han integrado las comunicaciones industriales avanzadas de forma eficiente y segura.
- b) Se han integrado sistemas de almacenamiento de datos en entornos industriales inteligentes de forma eficiente y segura.
- c) Se han almacenado, procesado y transferido los datos del entorno industrial inteligente de forma segura.
- d) Se han conectado las máquinas, equipos y sistemas industriales con los sistemas IT.
- e) Se ha realizado una transferencia segura hacia los sistemas IT superiores.

4. Optimiza la monitorización y el estado de funcionamiento de la maquinaria existente en la instalación analizando y proponiendo soluciones de actualización tecnológica de equipos (retrofitting).

Criterios de evaluación:

- a) Se ha elaborado un catálogo de la maquinaria existente en la instalación que sea crítica para el mantenimiento y/o la producción.
- b) Se han definido las necesidades y los objetivos de actualización tecnológica de los equipos de la instalación en función de su historial de mantenimiento y de su índice de productividad.
- c) Se han seleccionado y priorizado los equipos de la instalación que presentan un mayor potencial de mejora en cuanto a actualización tecnológica.
- d) Se han analizado las posibilidades técnicas de actualización tecnológica de los equipos seleccionados.
- e) Se han propuesto las acciones concretas de actualización tecnológica sobre los equipos seleccionados, de forma priorizada.
- f) Se han realizado actividades de actualización tecnológica sobre equipos sencillos y se han solicitado ofertas a empresas del sector para los equipos de mayor entidad.
- g) Se han integrado los equipos reformados en los sistemas digitales de producción y mantenimiento de la organización.

5. Aplica técnicas de Smart Data (Datos Inteligentes: recaba y analiza grandes volúmenes de datos) al análisis de los datos almacenados optimizando los procesos de mantenimiento.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha caracterizado el concepto de Smart Data como el encargado de transformar los grandes volúmenes de datos en información disponible y accionable en tiempo real.
- b) Se han analizado y comparado las aplicaciones industriales existentes en el mercado de análisis de datos.
- c) Se han evaluado las ventajas para el mantenimiento y operación de los procesos industriales.
- d) Se ha analizado a través del Smart Data el conjunto de acciones a realizar para alargar la vida útil de la máquina, sistema y/o equipos.
- e) Se han optimizado y depurado las técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo.
- f) Se ha diseñado un plan de mantenimiento en base a los datos inteligentes obtenidos.
- g) Se ha supervisado el plan de mantenimiento, evitando posibles incidencias o errores.

Duración: 80 horas.

## Contenidos:

### 1. Tecnologías avanzadas de almacenamiento de la información:

- 1.1 Tipos de almacenamiento de datos: niebla y nube.
- 1.2 Streaming y datos en tiempo real.
- 1.3 Escalabilidad de los servicios.
- 1.4 Bases de datos analíticas vs. almacenes de datos.
- 1.5 Datos abiertos y obtención de datos externos.
- 1.6 Consultas y definición de datos en diferentes lenguajes.
- 1.7 Selección correcta de tipo de conectividad y protocolo de comunicación.
- 1.8 Encriptación de datos.

### 2. Transmisiones seguras con encriptación, firma y autenticación de la información (OPC UA)

- 2.1 Opciones disponibles en el mercado para las comunicaciones industriales avanzadas.
- 2.2 Comunicación OPC UA que permiten comunicación de equipos y sistemas industriales para la recolección y control de los datos.
- 2.3 Tipos de acceso a la información.
- 2.4 Acceso unificado.
- 2.5 Seguridad basada en certificados digitales (encriptada).
- 2.6 Cliente / Servidor OPC UA.

### 3. Integración de las comunicaciones y los sistemas de almacenamiento de datos:

- 3.1 Captura, agregación y análisis de datos operativos del proceso y de la máquina.
- 3.2 Obtención de información para la mejora de los procesos en entornos industriales.
- 3.3 Armonización entre las diferentes fuentes de datos.
- 3.2 Análisis y optimización de los entornos industriales inteligentes.
- 3.5 Integración de la producción con sistemas IT.
- 3.6 Reducción de riesgos para operarios e instalaciones.
- 3.7 Utilización de diferentes protocolos de comunicación.

### 4. Optimización de la monitorización y el estado de funcionamiento de la maquinaria:

- 4.1 Objetivos de las operaciones de actualización tecnológica de equipos: incremento de la productividad, reducción de los períodos de inactividad, reducción de los riesgos, simplificación de la programación de la operación y mantenimiento, aumento del período de amortización de la maquinaria, dotar de posibilidad de integración en red.
- 4.2 Tipos de maquinaria y equipamientos susceptibles de recibir actualización tecnológica: tornos, centros de torneado, prensas, plegadoras, esmeriladoras, mandrinadoras, recortadoras, fresadoras, centros de mecanizado de madera, centros de taladrado, máquinas de corte láser, centros de soldadura, máquinas de alimentación, máquinas de extrusión, líneas de envasado y embotellado, líneas de producción, hornos industriales, máquinas de reciclado, y otros.
- 4.3 Tipología de las actualizaciones tecnológicas: mecánica, hidráulica, neumática, eléctrica, electrónica, sensorización, integración digital, dotación de mando remoto, de programación, y otros.
- 4.4 Organizaciones que realizan actividades de actualización tecnológica disponibles en el mercado y servicios que prestan.

### 5. Técnicas de Smart Data al análisis de datos almacenados:

- 5.1 Información de la calidad y uso de datos.
- 5.2 Almacenamiento y procesamiento selectivo de la información en tiempo real.
- 5.3 Optimización de mantenimiento preventivo y predictivo a través de Smart Data.
- 5.4 Identificación y variación de variables.
- 5.5 Análisis y predicción de las características de rendimiento de procesos productivos y/o máquinas reales.
- 5.6 Reducción de las tareas de mantenimiento.

Módulo profesional: Sistemas avanzados de ayuda al mantenimiento.

Código: 5035.

Créditos ECTS: 8.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Instala aplicaciones de Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO), atendiendo a las necesidades de la organización.

Criterios de evaluación:

- a) Se han analizado las necesidades de la organización y su potencial de mejora con respecto a la implantación de una solución GMAO.
- b) Se han comparado sistemas GMAO en cuanto a prestaciones y costes y a su adecuación a las necesidades de la organización.
- c) Se ha seleccionado e instalado la solución óptima de GMAO.
- d) Se ha volcado al sistema GMAO toda la información relevante en cuanto a equipos, repuestos, personal y otros.
- e) Se han seleccionado las metodologías de mantenimiento necesarias, disponibles en la aplicación.
- f) Se han definido los niveles de acceso al sistema GMAO, los usuarios, los privilegios, las responsabilidades en cada actividad definida y la metodología para la creación, emisión y realimentación de órdenes de trabajo.
- g) Se han definido las gamas de mantenimiento a realizar, con su descripción de actividades, periodicidades, herramientas, fungibles, repuestos y demás.
- h) Se ha realimentado a la aplicación toda la información relevante en cuanto a órdenes de trabajo y actividades terminadas.
- i) Se ha extraído de la aplicación la información relevante de seguimiento del mantenimiento para la realización de informes.
- j) Se ha conectado el sistema GMAO con niveles superiores de supervisión de la organización, como los sistemas de planificación de recursos (ERP).

2. Optimiza los procesos y las operaciones de mantenimiento aplicando técnicas de realidad aumentada y/o realidad virtual.

Criterios de evaluación:

- a) Se han identificado y caracterizado los equipos a los que aplicar técnicas de realidad aumentada y/o virtual por su complejidad o criticidad.
- b) Se han seleccionado las aplicaciones de realidad aumentada y/o virtual de entre las disponibles en el mercado.
- c) Se han implementado las aplicaciones de realidad aumentada y/o virtual en la organización.
- d) Se han establecido los puntos de los equipos sobre los que implementar las técnicas de realidad aumentada y/o virtual.
- e) Se han alimentado a las aplicaciones la información relevante para el mantenimiento de cada punto de cada equipo que se considere (planos, repuestos, órdenes de trabajo, históricos, características técnicas, entre otros).
- f) Se han conectado las aplicaciones de realidad aumentada y/o virtual con los sistemas SCADA y/o GMAO de la organización para ofrecer información de los equipos y procesos en tiempo real.
- g) Se han definido e implementado las acciones a realizar desde la aplicación de realidad aumentada y/o virtual en el sistema SCADA, tanto simuladas como actuaciones reales.
- h) Se han elaborado materiales formativos para el nuevo personal y/o para nuevos procesos de mantenimiento.
- i) Se han integrado los materiales formativos elaborados en las aplicaciones de realidad aumentada y/o virtual.

3. Optimiza el estado de funcionamiento de los equipos aplicando técnicas de mantenimiento predictivo de medición y análisis de vibraciones en máquinas.

## Criterios de evaluación:

- a) Se han analizado los fundamentos físicos que dan soporte a las técnicas de análisis de vibraciones.
- b) Se han caracterizado los sensores que se aplican al análisis de vibraciones en función de sus características y costes.
- c) Se han caracterizado los distintos tipos de fallos que se pueden producir en máquinas sometidas a vibraciones.
- d) Se han catalogado y analizado las diferentes causas que pueden producir vibraciones inusuales en máquinas en funcionamiento.
- e) Se han identificado las causas que producen vibraciones inusuales en máquinas concretas en base a los registros históricos y al análisis de las causas.
- f) Se han corregido las causas que provocan un nivel inusual de vibraciones: desalineamientos, desequilibrios, resonancias a determinadas frecuencias de giro, partes deterioradas o desgastadas, y otros.
- g) Se han integrado los sistemas automáticos de supervisión continua de vibraciones en los sistemas de control y supervisión de la organización (SCADA).
- h) Se han establecido los avisos y las acciones automáticas a tomar por el sistema de control y supervisión en base a niveles preestablecidos de vibraciones.
- i) Se han programado en el sistema GMAO las gamas de análisis de vibraciones con sus periodicidades y puntos de toma de medición.

4. Optimiza el estado de funcionamiento de los equipos aplicando técnicas de mantenimiento predictivo de análisis de aceites y partículas.

## Criterios de evaluación:

- a) Se han analizado los fundamentos que dan soporte a las técnicas de análisis de aceites y partículas.
- b) Se ha realizado un inventario de aplicaciones de las técnicas de análisis de aceites y partículas a los equipos de la organización.
- c) Se han catalogado y analizado las diferentes causas que pueden producir los resultados anómalos en los análisis de aceites y partículas.
- d) Se han establecido los niveles de aviso y de actuación frente a los resultados de los análisis de aceites y partículas.
- e) Se han programado en el sistema GMAO las gamas de análisis de aceites y partículas con sus periodicidades y puntos de toma de medición.

5. Optimiza el estado de funcionamiento de los equipos aplicando técnicas de mantenimiento predictivo de termografía por infrarrojos y de ultrasonidos.

## Criterios de evaluación:

- a) Se han analizado los fundamentos que dan soporte a las técnicas de termografía por infrarrojos y de ultrasonidos.
- b) Se ha realizado un inventario de aplicaciones de las técnicas de termografía por infrarrojos y de ultrasonidos a los equipos de la organización.
- c) Se han catalogado y analizado las diferentes causas que pueden producir lecturas anómalas en las mediciones realizadas en base a termografía por infrarrojos y ultrasonidos.
- d) Se han establecido los niveles de aviso y de actuación frente a los resultados de las mediciones realizadas en base a termografía por infrarrojos y ultrasonidos.
- e) Se ha programado en el GMAO las gamas de predictivo basadas en termografía por infrarrojos y ultrasonidos.

Duración: 136 horas.

Contenidos:

1. Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO):

1.1 Aplicaciones de Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO), o equivalentemente Sistemas de Gestión del Mantenimiento Computerizado (CMMS), disponibles en el mercado.

1.2 Modelo de mantenimiento (mix).

1.3 Diagrama de planta y árbol jerárquico de archivos.

1.4 Usuarios y privilegios.

1.5 KPI's y cuadros de mando.

2. Técnicas de realidad aumentada y/o realidad virtual en los procesos y las operaciones de mantenimiento:

2.1 Fundamentos de la virtualización de sistemas.

2.2 Tecnologías de virtualización existentes en el mercado.

2.3 Aplicaciones y servicios de realidad aumentada y/o realidad virtual disponibles. Prestaciones. Asociación de información de equipos y sus partes. Planos. Esquemas. Características técnicas, procedimientos de mantenimiento, despieces, existencia de repuestos, y otros.

2.4 Capacidad de integración de las aplicaciones con los sistemas digitales de la organización: SCADA y GMAO.

2.5 Usos de la realidad aumentada y/o virtual con respecto a la formación: procedimientos de mantenimiento y de seguridad.

3. Optimización del estado de funcionamiento de los equipos con técnicas de mantenimiento predictivo de medición y análisis de las vibraciones en máquinas:

3.1 Fundamentos del análisis de vibraciones en máquinas. Naturaleza de la vibración. Análisis armónico.

3.2 Principios de funcionamiento de los sensores, transductores, etapas que los componen, tipos de señal de salida, sistemas de montaje, características avanzadas de procesamiento de señal y comunicaciones.

3.3 Análisis en frecuencia de las vibraciones y su asociación a las diferentes causas de niveles anómalos de vibración.

3.4 Causas usuales de niveles anómalos de vibración: desequilibrio de máquina rotativa, desalineamiento de ejes de transmisión, problemas de resonancia, deterioro y/o desgaste de partes en fricción, y otros.

3.5 Métodos para corrección de niveles elevados de vibraciones: alineamiento de ejes, equilibrado de elementos en rotación, sustitución de elementos defectuosos o con desgastes elevados, y otros.

4. Optimización del estado de funcionamiento de los equipos con técnicas de mantenimiento predictivo de análisis de aceites y partículas:

4.1 Fundamentos del análisis de aceites y partículas. Propiedades de los lubricantes. Propiedades de los aceites dieléctricos. Degradación de los aceites y resultados analíticos asociados.

4.2 Análisis de aceites y partículas y mantenimiento basado en la condición.

4.3 Aplicaciones de los análisis de aceites y partículas: motores, reductores, transformadores y otros.

4.4 Métodos de toma de muestras, contaminantes típicos en los lubricantes y en los aceites dieléctricos.

4.5 Límites típicos de aviso y de intervención asociados a diferentes tipos de maquinaria (registros históricos de la instalación e informaciones publicadas por los servicios y organismos oficiales).

5. Optimización del estado de funcionamiento de los equipos con técnicas de mantenimiento predictivo de termografía por infrarrojos y de ultrasonidos:

5.1 Fundamentos de las técnicas de termografía por infrarrojos y de ultrasonidos. Propiedades de los materiales con respecto a cada una de las técnicas. Posibles causas de lecturas anómalas.

5.2 Termografía por infrarrojos, técnicas de ultrasonidos y mantenimiento basado en la condición.

5.3 Aplicaciones de la termografía por infrarrojos: detección de puntos caliente en instalaciones eléctricas, conexiones defectuosas, sobreintensidades, medición de temperatura en partes sometidas a carga mecánica y otros.

5.4 Aplicaciones de las técnicas de ultrasonidos: medición de espesores en materiales, detección de fisuras, y otros.

5.5 Métodos de realización de las mediciones con termografía por infrarrojos y con ultrasonidos.

5.6 Límites típicos de aviso y de intervención asociados a diferentes tipos de elementos e instalaciones. Histórico de mediciones de la instalación. Documentación publicada por organismos y servicios oficiales.

---

## Anexo III

## Espacios y equipamientos mínimos

Espacios:

Espacio formativo	Superficie m <sup>2</sup>	
	30 alumnos	20 alumnos
Aula polivalente.	60	40
Aula de informática industrial.	120	80
Laboratorio de sistemas automáticos.	180	120
Taller de sistemas automáticos.	200	130

Equipamientos:

Espacio formativo	Equipamientos mínimos
Aula polivalente.	Sistema de proyección. Ordenadores en red y con acceso a internet. Dispositivos de almacenamiento en red. Escáner. Sistemas de reprografía. Equipos audiovisuales.
Aula de informática industrial.	Sistema de proyección. Ordenadores en red y con acceso a internet. Escáner. Plotter. Programas de gestión de proyectos. Sistemas de reprografía. Equipos audiovisuales. Software de diseño y simulación de sistemas de automatización y robótica industrial. Software de desarrollo de SCADA. Software de Gestión del Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO). Sistemas de planificación de recursos de la empresa (ERP – Enterprise Resource Planning).
Laboratorio de sistemas automáticos.	Sistema de proyección. Ordenadores en red y con acceso a internet. Sistemas de reprografía. Software de aplicación. Generador de funciones. Componentes neumáticos, hidráulicos, electro-hidráulicos y electro-neumáticos: válvulas, actuadores, indicadores y otros. Elementos de mando y maniobra. Bombas, motores y cilindros hidráulicos. Acumuladores hidráulicos. Elementos de protección. Contadores de energía activa y reactiva monofásicos y trifásicos. Luxómetro. Transformadores. Polímetros. Fuentes de alimentación. Frecuencímetros. Entrenadores de neumática, hidráulica, electro-neumática y electro-hidráulica. Entrenadores de electrónica de potencia.

Espacio formativo	Equipamientos mínimos
	<p> Autómatas programables.  Osciloscopios.  Inyector de señales.  Herramientas y máquinas portátiles de mecanizado para electricidad.  Bancos de ensayos, control, regulación y acoplamiento de máquinas eléctricas estáticas y rotativas.  Pinzas amperimétricas.  Tacómetros.  Diversos tipos de motores.  Fuentes de alimentación.  Transformadores monofásicos.  Arrancadores progresivos y variadores de velocidad.  Entrenadores para electrotecnia.  Equipos para construcción de cuadros eléctricos.  Paneles para las instalaciones de circuitos de electricidad-electrónica.  Elementos y entrenadores de comunicaciones industriales.  Equipamientos y elementos de medición y control.  Equipamiento para la realización de ensayos. </p>
Taller de sistemas automáticos.	<p> Sistema de proyección.  Ordenadores en red y con acceso a internet.  Sistemas de reprografía.  Equipos y herramientas de mecanizado manual.  Equipamientos y elementos de medición y control.  Equipamiento para la realización de mediciones y verificación de elementos.  Mecanismos.  Equipos y accesorios para distintos tipos de soldadura.  Paneles modulares para el montaje de sistemas.  Elementos para montaje y simulación de sistemas hidráulicos, neumáticos, electro-hidráulicos y electro-neumáticos.  Herramientas portátiles para mecanizado.  Simuladores de estaciones: distribución, verificación, procesamiento, robots y otros.  Autómatas programables.  Línea de fabricación inteligente.  Equipos de verificación y medida.  Software de aplicación.  Equipos para análisis de vibraciones.  Equipos para toma de muestras para análisis de aceites y de partículas.  Equipos de inspección por termografía de infrarrojos.  Equipos de inspección por ultrasonidos. </p>