

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL Y DEPORTES

15853 *Real Decreto 588/2026, de 15 de julio, por el que se establece el Curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos y se fijan los aspectos básicos del currículo.*

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, dispone en su artículo 39.3 que los cursos de especialización tendrán una oferta modular, de duración variable, que integre los contenidos teórico-prácticos adecuados a los diversos campos profesionales. En su artículo 39.6, establece 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 otro lado, el artículo 42.2 dispone que los cursos de especialización complementarán o profundizarán en las competencias de quienes ya dispongan de un título de formación profesional o cumplan las condiciones de acceso que para cada uno se determine.

A efectos de la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE-11), los cursos de especialización se considerarán un programa secuencial de los títulos de referencia que dan acceso a los mismos.

Por su parte, la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, en sus artículos 6.3 y 6.4 establece, en relación con la formación profesional, que el Gobierno fijará los objetivos, competencias, contenidos, resultados de aprendizaje y criterios de evaluación del currículo básico. Las enseñanzas mínimas requerirán el 50 por ciento de los horarios para las comunidades autónomas que tengan lengua cooficial y el 60 por ciento para aquellas que no la tengan. En desarrollo de estos preceptos, y para explicar la ausencia de contenidos expresos del currículo, se hace referencia al Real Decreto 69/2025, de 4 de febrero, por el que se desarrollan los elementos integrantes y los instrumentos de gestión del Sistema Nacional de Formación Profesional, y se modifica el Real Decreto 375/1999, de 5 de marzo, por el que se crea el Instituto Nacional de las Cualificaciones, que ordenó los instrumentos de gestión del Sistema Nacional de Formación Profesional, entre otros aspectos, que en su artículo 15.1 reguló los elementos básicos del currículo de la forma siguiente: «Son elementos básicos del currículo el o los resultados del aprendizaje, los criterios de evaluación y los contenidos, que se considerarán implícitamente incluidos en la expresión de los resultados de aprendizaje y de los criterios de evaluación».

Además, esta misma ley, en su artículo 6.5, establece que las administraciones educativas podrán, si así lo consideran, exceptuar los cursos de especialización de las enseñanzas de formación profesional de los porcentajes requeridos en enseñanzas mínimas, pudiendo establecer su oferta con una duración a partir del número de horas previsto en el currículo básico de cada uno de ellos.

Asimismo, el artículo 41.7 establece que podrán acceder a un curso de especialización de formación profesional quienes estén en posesión de un título de Técnico o de Técnico Superior asociados al mismo o cumplan los requisitos que para cada curso de especialización se determinen.

La Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional, dispone en sus artículos 5.1 y 5.3.a) y b), que el Sistema de Formación Profesional está compuesto por el conjunto articulado de actuaciones dirigidas a identificar las competencias profesionales del mercado laboral, asegurar las ofertas de formación idóneas, posibilitar la adquisición de la correspondiente formación

o, en su caso, el reconocimiento de las competencias profesionales, y poner a disposición de las personas un servicio de orientación y acompañamiento profesional que permita el diseño de itinerarios formativos individuales y colectivos. Como indica el artículo 5.2. de esta ley, el desarrollo personal y profesional de la persona, la mejora continuada de su cualificación a lo largo de toda la vida y la garantía de la satisfacción de las necesidades formativas del sistema productivo y del empleo, son función del Sistema de Formación Profesional. Esta función se cumplirá conforme a un modelo de formación profesional, de reconocimiento y acreditación de competencias y de orientación profesional basado en itinerarios formativos facilitadores de la progresión en la formación y estructurado en una doble escala en cinco grados ascendentes (A, B, C, D y E) descriptivos de las ofertas formativas organizadas en unidades diseñadas, según el Catálogo Nacional de Estándares de Competencias Profesionales y en tres niveles de competencia profesional (1, 2 y 3), de acuerdo con lo dispuesto en el Catálogo Nacional de Estándares de Competencias Profesionales, según los criterios establecidos de conocimientos, iniciativa, autonomía y complejidad de las tareas, en cada una de las ofertas de formación profesional.

Por otra parte, esta ley contempla, dentro de sus objetivos (artículo 6.11) el fomento de la igualdad efectiva de oportunidades entre las personas en el acceso y desarrollo de su proceso de formación profesional para todo tipo de opciones profesionales, y la eliminación de la segregación formativa existente entre mujeres y hombres. Del mismo modo, se incluyen dentro de sus objetivos (artículo 6.12) la promoción de la igualdad de oportunidades de las personas con discapacidad y, en general, de personas y colectivos con dificultades de inserción socio laboral en el acceso y en el proceso de formación profesional habilitante y facilitadora de la inserción en el mercado laboral.

Esta ley establece en su artículo 28 la tipología de las ofertas de formación profesional, enmarcando a los cursos de especialización en el Grado E del Sistema de Formación Profesional. Además, en el artículo 51.1, dispone que los cursos de especialización tienen como objeto complementar y profundizar en las competencias de quienes ya disponen de un título de formación profesional o cumplan las condiciones de acceso que para cada uno de los cursos se determinen. En su artículo 52.1 establece una duración básica de entre 300 y 900 horas, y en su caso podrán desarrollarse con carácter dual.

Por otra parte, en el artículo 54.2 se determina que quienes superen un curso de especialización de formación profesional de grado superior obtendrán el título de máster de Formación Profesional.

El Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, por el que se desarrolla la ordenación del Sistema de Formación Profesional, regula en su artículo 116 los aspectos básicos del currículo de los cursos de especialización de formación profesional e indica el contenido que deberán tener las disposiciones estatales que lo establezcan, siendo este la identificación, el perfil profesional, el diseño curricular básico, el entorno profesional, los parámetros básicos de contexto formativo, la correspondencia de los módulos profesionales con los estándares de competencia y la información sobre los requisitos necesarios según la legislación vigente para el ejercicio profesional.

En cada curso de especialización se deben especificar los títulos de formación profesional que dan acceso al mismo.

Las administraciones educativas podrán incorporar especificaciones puntuales según lo establecido en el artículo 7.5 del citado real decreto, relativo a los grados D y E, atendiendo a la realidad socioeconómica del territorio y a las necesidades de su tejido empresarial.

Asimismo, en su artículo 28 indica que los grados C, D y E podrán tener oferta modular, a partir de un módulo profesional, para su adaptación a las necesidades y circunstancias personales y laborales, así como al ritmo personal de aprendizaje.

Además, según lo dispuesto en el artículo 119.b) del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, se podrá incorporar en el currículo básico, cuando se considere necesario, un periodo de formación en empresa u organismo equiparado.

El artículo 130.6 establece el reconocimiento entre el Sistema de Formación Profesional y sistema universitario, cuando se alegue, además de la titulación de Técnico Superior de Formación Profesional, la titulación de un Máster de Formación Profesional con relación directa con aquel.

Así, este real decreto, conforme a lo previsto en el Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, establece y regula, en los aspectos y elementos básicos antes indicados, el Curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos.

En relación con el contenido de carácter básico de este real decreto, se ha recurrido a una norma reglamentaria para establecer bases estatales conforme a la jurisprudencia del Tribunal Constitucional, que admite que «excepcionalmente», las bases puedan establecerse mediante normas reglamentarias en determinados supuestos cuando, como ocurre en este caso, «resulta complemento indispensable para asegurar el mínimo común denominador establecido en las normas legales básicas» (así, entre otras, en las Sentencias del Tribunal Constitucional 25/1983, de 7 de abril, 32/1983, de 28 de abril, 48/1988, de 22 de marzo, y 49/1988, de 22 de marzo).

Asimismo, cabe mencionar que este real decreto se ajusta a los principios de buena regulación contenidos en el artículo 129 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, que exigen que estas actúen de acuerdo con los principios de necesidad, eficacia, proporcionalidad, seguridad jurídica, transparencia y eficiencia. Los principios de necesidad y eficacia quedan garantizados, en tanto que persigue el interés general al facilitar la adecuación de la oferta formativa a las demandas de los sectores productivos, ampliar la oferta de formación profesional, avanzar en la integración de la formación profesional en el conjunto del sistema educativo y reforzar la cooperación entre las administraciones competentes, así como con los agentes sociales y las empresas privadas. En cumplimiento del principio de proporcionalidad esta norma no conlleva restricción de derechos, sino que, por el contrario, introduce toda una serie de previsiones con el fin de implantar estas enseñanzas. Cumple con el principio de seguridad jurídica resultando coherente con el ordenamiento jurídico. Del mismo modo, ajustándose al principio de transparencia, durante el procedimiento de elaboración de la norma se ha permitido la participación activa de las potenciales personas destinatarias a través de los trámites de consulta pública previa y de audiencia e información pública, y quedan identificados tanto en la parte expositiva de la norma como en la Memoria los objetivos que persigue el real decreto. Asimismo, cabría añadir que, tanto el real decreto como la Memoria, ofrecen una explicación clara del contenido de la norma.

En aplicación del principio de eficiencia, esta norma no impone cargas administrativas a la ciudadanía, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos públicos.

Este real decreto se enmarca en la operación «Desarrollo del Sistema Nacional de Formación Profesional, dentro de la Prioridad 3 (Educación y Formación)», incluido en la línea de actuación 6 (Impulso y Calidad de la Formación Profesional) del Programa FSE+ de Educación, Formación, Empleo y Economía Social EFESO 2021-2027.

En la tramitación de este real decreto se han cumplido los trámites establecidos en la Ley 50/1997, de 27 de noviembre, del Gobierno, y en la Ley 39/2015, de 1 de octubre. En el proceso de elaboración de este real decreto han sido consultadas las comunidades autónomas, ha emitido dictamen el Consejo Escolar del Estado y han informado el Consejo General de la Formación Profesional y el Ministerio de Política Territorial y Memoria Democrática.

Este real decreto se dicta al amparo de las competencias que atribuye al Estado el artículo 149.1.30.^a de la Constitución Española, para la regulación de las condiciones de obtención, expedición y homologación de los títulos académicos y profesionales y normas básicas para el desarrollo del artículo 27 de la Constitución Española, a fin de garantizar el cumplimiento de las obligaciones de los poderes públicos en esta materia.

En su virtud, a propuesta de la Ministra de Educación, Formación Profesional y Deportes, y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 14 de julio de 2026,

DISPONGO:

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1. *Objeto.*

Este real decreto tiene por objeto el establecimiento del Curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos, así como de los aspectos básicos de su currículo. Dicho curso de especialización tiene carácter oficial y validez en todo el territorio nacional.

CAPÍTULO II

Identificación del curso de especialización, perfil profesional y entorno profesional del curso de especialización en el sector o sectores

Artículo 2. *Identificación.*

El curso de especialización en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos queda identificado para todo el territorio nacional por los siguientes elementos:

- a) Denominación: Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos.
- b) Nivel: Formación Profesional de Grado Superior.
- c) Duración: 750 horas.
- d) Familia Profesional: Electricidad y Electrónica.
- e) Equivalencia en créditos ECTS: 45.
- f) Referente en la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación: P-5.5.4.
- g) Referencia del Marco Español de Cualificaciones para el aprendizaje permanente: 5C.

Artículo 3. *Perfil profesional del curso de especialización.*

El perfil profesional del curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos queda determinado por su competencia general y sus competencias profesionales y para la empleabilidad.

Artículo 4. *Competencia general.*

La competencia general de este curso de especialización consiste en gestionar y supervisar el desarrollo de equipos y sistemas electrónicos para la producción, instalación y configuración de los mismos, conforme a las especificaciones establecidas y la documentación técnica, asegurando el cumplimiento de los criterios de calidad, la normativa eléctrica aplicable y la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales y de protección medioambiental.

Artículo 5. *Competencias profesionales y para la empleabilidad.*

Las competencias profesionales y para la empleabilidad de este curso de especialización son las que se relacionan a continuación:

- a) Elaborar bocetos del esquema de integración del microchip electrónico, definiendo la posición relativa de los componentes y su interconexión, y generando la

documentación técnica del proceso mediante aplicaciones informáticas y programas de diseño específicos.

b) Gestionar la fabricación de circuitos electrónicos mediante *software* de simulación o montaje real provisional, verificando su funcionamiento, prestaciones y posibles errores.

c) Gestionar y realizar el aprovisionamiento, trazabilidad y almacenaje de componentes y otros materiales de las placas de circuito electrónico mediante el uso de un *software* de planificación de recursos empresariales (en adelante, ERP).

d) Planificar procesos del ensamblado de componentes en serie de lotes de grandes cantidades de placas de circuito impreso (en adelante, PCBA), cumplimentando la documentación de todo el proceso.

e) Desarrollar programas *software/firmware* para un dispositivo electrónico mediante un entorno de desarrollo integrado (en adelante, IDE) que asegure el funcionamiento del sistema.

f) Planificar y verificar procesos funcionales de los dispositivos electrónicos programables (en adelante, FPGA) y PCBA, garantizando el cumplimiento de las especificaciones definidas en el proyecto para su posterior producción.

g) Gestionar y elaborar un proceso de montaje de sistemas electrónicos de potencia, definiendo las características y los componentes, así como las relaciones entre ellos y su funcionalidad a partir de la documentación.

h) Planificar los procesos de mantenimiento preventivo o correctivo de los equipos de potencia, supervisando el diseño del prototipo.

i) Aplicar la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales y medioambiental durante el proceso de producción y de gestión de los residuos generados.

j) Adaptarse a las nuevas situaciones laborales originadas por cambios tecnológicos y organizativos en su actividad laboral.

k) Cumplir las tareas propias de su nivel con autonomía y responsabilidad, efectuándolas de forma individual o como miembro de un equipo de trabajo.

l) Comunicarse eficazmente, respetando la autonomía y competencia de las personas que intervienen en su ámbito de trabajo.

m) Cumplir las normas de calidad, de accesibilidad universal y diseño para todas las personas que afectan a su actividad profesional.

n) Actuar con espíritu emprendedor e iniciativa personal en la elección o aplicación de los procedimientos de su actividad profesional.

ñ) Ejercer sus derechos y cumplir con las obligaciones derivadas de su actividad profesional, de acuerdo con lo establecido en la legislación vigente, participando activamente en la vida económica, social y cultural.

Artículo 6. Relación de estándares de competencias profesionales del Catálogo Nacional de Estándares de Competencias Profesionales incluidos en el curso de especialización.

Los estándares de competencias profesionales de este curso de especialización son los que se relacionan a continuación:

- a) ECP2711_3: Prototipar circuitos o sistemas electrónicos.
- b) ECP2712_3: Producir placas de circuitos o equipos electrónicos.
- c) ECP2713_3: Desarrollar *software/firmware* para dispositivos electrónicos programables.
- d) ECP2714_3: Desarrollar circuitos o equipos electrónicos de potencia.

Artículo 7. Entorno profesional.

1. Las personas que hayan obtenido el título de Máster de Formación Profesional o certificación académica de asistencia con aprovechamiento que acredita la superación

de este curso de especialización pueden ejercer su actividad en todos los sectores económicos que desarrollen actividades de construcción en el subsector de Electricidad y Electrónica.

Este profesional ejerce su actividad profesional en el sector de equipos electrónicos integrados en los departamentos de producción e instalación de equipos y sistemas electrónicos y en el departamento de I+D+i, en entidades de naturaleza privada y por cuenta ajena con independencia de su forma jurídica, dependiendo en su caso, funcional y jerárquicamente de un superior. Puede tener personal a su cargo, por temporadas o de forma estable.

Desarrollan su actividad dependiendo en su caso, funcional o jerárquicamente de un superior. Pueden tener personal a su cargo en ocasiones, por temporadas o de forma estable. En el desarrollo de la actividad profesional se aplican los principios de accesibilidad universal o diseño para todas las personas de acuerdo con la normativa aplicable.

2. Las ocupaciones y puestos de trabajo más relevantes son los siguientes:

- a) Técnicos electrónicos y técnicas electrónicas en diseño y fabricación de sistemas y componentes electrónicos.
- b) Ensambladores y ensambladoras de equipos electrónicos.
- c) Técnicos y técnicas en reparación de circuitos electrónicos.
- d) Técnicos y técnicas en electrónica en Investigación, Desarrollo e innovación (I+D+i).
- e) Técnicos y técnicas de producción electrónica.
- f) Técnicos y técnicas de montaje y pruebas de equipos electrónicos de potencia.

CAPÍTULO III

Enseñanzas del curso de especialización y parámetros básicos de contexto formativo

Artículo 8. Módulos profesionales.

1. Los módulos profesionales de este curso de especialización quedan desarrollados en el anexo I, cumpliendo lo previsto en el artículo 12 del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, por el que se desarrolla la ordenación general del Sistema de Formación Profesional. Dichos módulos son los que a continuación se relacionan:

- a) 5177. Prototipado de circuitos o sistemas electrónicos.
- b) 5178. Producción de placas de microchips electrónicos.
- c) 5179. Desarrollo de *software/firmware* para dispositivos electrónicos programables.
- d) 5180. Desarrollo de circuitos o equipos electrónicos de potencia.

Este curso de especialización incorpora un periodo de formación en empresa según se indica en el artículo 159.2 y 159.4 del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio. Para ello, los estudiantes habrán tenido que superar la formación en prevención de riesgos laborales, sin perjuicio de la plena aplicación, cuando proceda, de lo dispuesto en el artículo 19 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

2. Las administraciones competentes podrán implantar de manera íntegra el curso de especialización objeto de este real decreto de acuerdo con los elementos básicos del currículo y duración. En caso de optar por complementar el currículo básico en el marco de sus competencias se regirán por lo dispuesto en los artículos 6.3, 6.4 y 6.5 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Artículo 9. *Espacios y equipamientos mínimos.*

1. Los espacios necesarios para el desarrollo de las enseñanzas de este curso de especialización son los establecidos en el anexo II.

2. Los espacios dispondrán de la superficie necesaria y suficiente para desarrollar las actividades de enseñanza que se deriven de los resultados de aprendizaje de cada uno de los módulos profesionales que se imparten en cada uno de los espacios. Además, deberán cumplir las siguientes condiciones:

a) La superficie se establecerá en función del número de personas que ocupen el espacio formativo y deberá permitir el desarrollo de las actividades de enseñanza aprendizaje con la ergonomía y la movilidad requeridas dentro del mismo.

b) Deberán cubrir la necesidad espacial de mobiliario, equipamiento e instrumentos auxiliares de trabajo.

c) Deberán respetar los espacios o superficies de seguridad que exijan las máquinas y equipos en funcionamiento.

d) Respetarán la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales y cuantas otras normas sean de aplicación.

3. Los espacios formativos establecidos podrán ser ocupados por diferentes grupos que cursen el mismo u otros cursos de especialización, o etapas educativas.

4. Los diversos espacios formativos identificados no deben diferenciarse necesariamente mediante cerramientos.

5. Los equipamientos que se incluyen en cada espacio han de ser los necesarios y suficientes para garantizar al alumnado la adquisición de los resultados de aprendizaje y la calidad de la enseñanza. Además, deberán cumplir las siguientes condiciones:

a) El equipamiento (equipos, máquinas, entre otros) dispondrá de la instalación necesaria para su correcto funcionamiento, cumplirá con la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo, y de prevención de riesgos laborales y con cuantas otras sean de aplicación.

b) La cantidad y características del equipamiento deberán estar en función del número de personas matriculadas y permitir la adquisición de los resultados de aprendizaje, teniendo en cuenta los criterios de evaluación y los contenidos que se incluyen en cada uno de los módulos profesionales que se impartan en los referidos espacios.

6. Las administraciones competentes velarán por que los espacios y el equipamiento sean los adecuados en cantidad y características para el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje que se derivan de los resultados de aprendizaje de los módulos correspondientes y garantizar así la calidad de estas enseñanzas.

Artículo 10. *Profesorado.*

1. La docencia de los módulos profesionales que constituyen las enseñanzas de este curso de especialización corresponde al profesorado de las especialidades establecidas en el anexo III pertenecientes a los cuerpos indicados en dicho anexo, sin perjuicio de lo establecido en la disposición transitoria sexta del Reglamento de ingreso, accesos y adquisición de nuevas especialidades en los cuerpos de funcionarios 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.

2. Las condiciones de acceso a los cuerpos a que se refiere el apartado anterior serán las recogidas en el citado reglamento.

3. Para la impartición de módulos profesionales en centros de titularidad privada o de titularidad pública de otras administraciones distintas de las educativas, las titulaciones requeridas y los requisitos necesarios para el profesorado serán los mismos que los exigidos para el acceso a las especialidades de los cuerpos docentes a que se

refiere el apartado anterior, según la atribución docente que se establece para cada módulo en el anexo III. En todo caso, se exigirá que las enseñanzas conducentes a las titulaciones citadas engloben los resultados de aprendizaje de los módulos profesionales y, si dichos elementos citados 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.

4. En caso de contar con otros perfiles colaboradores, estos deberán cumplir los requisitos indicados en el capítulo IV del título V del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio.

CAPÍTULO IV

Acceso, exenciones, vinculación a otros estudios, titulación y accesibilidad

Artículo 11. *Requisitos de acceso al curso de especialización.*

Para acceder al curso de especialización en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos es necesario estar en posesión de alguno de los siguientes títulos o cumplir los requisitos que puedan disponer las administraciones competentes en aplicación a lo previsto en el artículo 121.2 del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio:

a) Técnico Superior en Sistemas Electrotécnicos y Automatizados, establecido en 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.

b) Técnico Superior en Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos, establecido en el Real Decreto 883/2011, de 24 de junio, por el que se establece el título de Técnico Superior en Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos y se fijan sus enseñanzas mínimas.

c) Técnico Superior en Mecatrónica Industrial, establecido en 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.

d) Técnico Superior en Mantenimiento Electrónico, establecido en 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.

e) Técnico Superior en Automatización y Robótica Industrial, establecido en 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.

f) Técnico Superior en Electromedicina Clínica, establecido en el Real Decreto 838/2015, de 21 de septiembre, por el que se establece el título de Técnico Superior en Electromedicina Clínica y se fijan los aspectos básicos del currículo.

Artículo 12. *Exención del periodo de formación en empresa u organismo equiparado.*

Podrán quedar exentos del periodo de formación en empresa quienes acrediten una experiencia laboral que se corresponda con la formación cursada. Será la administración competente, a instancia del centro de formación, quien decida la exención en los términos previstos en el artículo 131 del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio.

Artículo 13. *Correspondencia de los módulos profesionales con los estándares de competencias profesionales para su acreditación o convalidación.*

1. La correspondencia de los estándares de competencias profesionales, acreditados conforme establece el artículo 128 del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, con los módulos profesionales que forman las enseñanzas del curso de especialización en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos, para su convalidación o exención, queda determinada en el anexo IV A). A estos efectos, si en la misma celda

aparecieran dos o más estándares de competencias profesionales acreditados deberá entenderse que para la convalidación será necesario poseer todos ellos de manera simultánea.

2. La correspondencia de los módulos profesionales que forman las enseñanzas del curso de especialización en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos, con los estándares de competencias profesionales, para su acreditación, queda determinada en el anexo IV B). A estos efectos, si en la misma celda aparecieran dos o más módulos profesionales superados, deberá entenderse que para la acreditación será necesario poseer todos ellos de manera simultánea.

3. A los efectos previstos en el apartado 1, serán igualmente de aplicación los estándares de competencias profesionales acreditados mediante el procedimiento de acreditación de competencias adquiridas a través de la experiencia laboral u otras vías no formales e informales regulados en el título VI del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio.

4. Habida cuenta de las actualizaciones en las denominaciones de los estándares de competencias profesionales o de los módulos profesionales, en caso de discrepancia, prevalecerá la codificación frente a la denominación.

Artículo 14. Vinculación a otros estudios.

A efectos de facilitar el régimen de convalidaciones, en este real decreto se han asignado 45 créditos ECTS entre todos los módulos profesionales de este curso de especialización, de acuerdo con la distribución contenida en el anexo I.

Artículo 15. Titulación.

1. Las personas que accedan al Curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior según lo requerido en el artículo 121.1 y 121.2.a) y b) del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, y que superen la totalidad de los módulos profesionales que lo componen, obtendrán el título de Máster de Formación Profesional en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos.

2. Las personas que accedan al Curso de especialización de Formación Profesional de Grado Superior según lo requerido en el artículo 121.2.c) del Real Decreto 659/2023, de 18 de julio, y que superen la totalidad de los módulos profesionales que lo componen, obtendrán una certificación académica de asistencia con aprovechamiento en sustitución del título de Máster de Formación Profesional, que solo podrá otorgarse a quienes cuenten con un título de Técnico Superior de Formación Profesional.

Artículo 16. Accesibilidad universal en las enseñanzas de este curso de especialización.

1. Las administraciones competentes incluirán en el currículo de este curso de especialización los elementos necesarios para garantizar que las personas que lo cursen desarrollen las competencias incluidas en el currículo en «diseño para todas las personas».

2. Asimismo, dichas administraciones adoptarán las medidas necesarias para que este alumnado pueda acceder y cursar dicho curso de especialización en las condiciones establecidas en el artículo 16 y en la disposición final segunda del Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2013, de 29 de noviembre, y en el artículo 21 del Real Decreto 193/2023, de 21 de marzo, por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización de los bienes y servicios a disposición del público.

Disposición adicional primera. Regulación del ejercicio de la profesión.

El curso de especialización establecido en este real decreto no constituye una regulación del ejercicio de profesión regulada alguna.

Disposición adicional segunda. *Formación presencial, semipresencial y virtual.*

La oferta formativa de este curso de especialización podrá ofertarse en modalidad presencial, semipresencial y virtual, siempre que se garantice que el alumnado pueda conseguir los resultados de aprendizaje de este, de acuerdo con lo dispuesto en este real decreto conforme a los principios de diseño para todas las personas y accesibilidad universal. Para ello, las administraciones competentes adoptarán las medidas necesarias y dictarán las instrucciones precisas en los términos establecidos en la Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional y en el Real Decreto 659/2023, de 18 de julio.

Disposición final primera. *Título competencial.*

Este real decreto se dicta al amparo de las competencias que atribuye al Estado el artículo 149.1.30.^a de la Constitución Española, para la regulación de las condiciones de obtención, expedición y homologación de los títulos académicos y profesionales y normas básicas para el desarrollo del artículo 27 de la Constitución Española, a fin de garantizar el cumplimiento de las obligaciones de los poderes públicos en esta materia.

Disposición final segunda. *Entrada en vigor.*

Este real decreto entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado el 15 de julio de 2026.

FELIPE R.

La Ministra de Educación, Formación Profesional y Deportes,
MILAGROS TOLÓN JAIME

ANEXO I

Módulos Profesionales

Código	Módulo profesional	Horas	ECTS
5177	Prototipado de circuitos o sistemas electrónicos.	120	14
5178	Producción de placas de microchips electrónicos.	75	9
5179	Desarrollo de <i>software/firmware</i> para dispositivos electrónicos programables.	90	11
5180	Desarrollo de circuitos o equipos electrónicos de potencia.	90	11

Módulo Profesional: Prototipado de circuitos o sistemas electrónicos**Equivalencia en créditos ECTS: 14.****Duración: 120 horas.****Código: 5177.****Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación:**

1. Define las necesidades del producto electrónico a desarrollar, a partir de las indicaciones dadas por la clientela y de la documentación disponible sobre requisitos o especificaciones, adecuando el proceso y etapas de su fabricación.

Criterios de evaluación:

a) Se ha recopilado la información para la elaboración de un documento de especificaciones, partiendo del análisis de la documentación disponible.

b) Se han recogido los aspectos relativos a prestaciones, tipo de entradas y salidas, aspectos mecánicos y plan de validación entre otros, siguiendo las indicaciones de la clientela.

c) Se ha elaborado un documento de requisitos del producto electrónico, incorporando los detalles clave (prestaciones eléctricas o mecánicas, conectividad, tolerancias admisibles, entre otros) a tener en cuenta en el proceso de prototipado.

d) Se han utilizado los modelos o formatos de documentación propios de cada empresa, indicando requisitos o especificaciones del producto electrónico a desarrollar.

e) Se ha revisado el documento de requisitos y especificaciones del producto electrónico para optimizar tiempos y costes.

2. Elabora un boceto del esquema de integración del sistema, incluyendo sus elementos y generando la documentación necesaria.

Criterios de evaluación:

a) Se han seleccionado los componentes electrónicos que se ajustan a las características descritas (tolerancia de valores, riesgo de obsolescencia, condiciones de almacenamiento, entre otras).

b) Se han localizado los componentes electrónicos y el resto de los elementos del sistema a prototipar, seleccionando aquellos que minimicen posibles problemas de suministro.

c) Se ha dibujado una estructura del circuito o sistema electrónico en una aplicación de diseño asistido por ordenador (CAD electrónico), integrando los elementos seleccionados a partir del documento de especificaciones.

d) Se ha modelado en 3D la envolvente del sistema electrónico, utilizando las herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD electrónico) conforme al documento de especificaciones.

e) Se han elaborado planes de integración y verificación, seleccionando las prestaciones y características críticas indicadas en el documento de requisitos.

f) Se han descrito las pruebas a realizar que garanticen que el producto fabricado cumple con las indicaciones dadas.

g) Se ha creado la documentación para gestionar las etapas posteriores del proceso de prototipado, incluyendo la información relativa a costos, dimensiones y plazos de tiempo de desarrollo en los modelos o formatos de documentación propios de cada empresa.

3. Dibuja un esquema electrónico detallado del circuito –esquemático–, utilizando un programa de diseño asistido por ordenador –CAD– específico para circuitos electrónicos, según los criterios que garanticen la identificación de sus partes, la claridad visual y el uso de los ficheros generados en el posterior diseño de la placa de circuito impreso.

Criterios de evaluación:

a) Se ha determinado una estructura de archivos a utilizar en la configuración de un programa de diseño asistido por ordenador –CAD–, facilitando la gestión de información.

b) Se han establecido características del entorno, aplicándolas al programa de diseño asistido por ordenador –CAD–.

c) Se han creado las jerarquías necesarias en el programa de diseño asistido por ordenador –CAD–, gestionando la información del proyecto asociado.

d) Se han editado componentes de librerías o creados otros a medida, si se requiere, integrándolos en bloques prediseñados para la gestión de los repositorios.

e) Se ha incluido información relativa a proveedores, huellas de los componentes –*footprints*–, modelos de simulación y hojas de características –*datasheets*– para la gestión de los repositorios, usándolos en el diseño del circuito.

f) Se han creado librerías, incluyendo los componentes utilizados en el diseño del proyecto.

g) Se ha dibujado un esquemático, colocando los componentes disponibles en las librerías, realizando las conexiones entre ellos y añadiendo la identificación de los componentes por nombres o valores.

h) Se han detectado y subsanado fallos eléctricos, utilizando herramientas específicas.

i) Se han identificado componentes electrónicos pasivos y activos del circuito, describiendo su función y comportamiento dentro del conjunto.

4. Valida un circuito electrónico mediante *software* de simulación o un montaje real provisional, verificando su funcionamiento, prestaciones y detectando posibles errores.

Criterios de evaluación:

a) Se ha representado un circuito electrónico con un *software* específico o con el montaje en placas de prototipado o placas de inserción rápida (*protoboards*), aplicando señales de prueba en sus entradas y midiendo en las salidas y en los puntos de test.

b) Se han definido las modificaciones a realizar en un circuito con objeto de corregir errores o mejorar las prestaciones de funcionamiento, comparando las medidas obtenidas sobre el circuito, simulado o real, con las especificaciones dadas.

c) Se han incorporado los cambios realizados en el esquema, actualizando la documentación con las modificaciones realizadas.

d) Se ha generado la información para la fase de diseño de la placa del circuito impreso (PCB), compilando en el *software* el esquemático del PCB y estableciendo las reglas de diseño relativas a impedancias, anchura y distancia entre pistas, entre otras.

e) Se ha actualizado la documentación relativa a especificaciones y proceso de fabricación del prototipo, adaptando las previsiones (costes, tiempos máximos de acopio de componentes por influencia de los plazos de su ciclo de vida, entre otras) y ajustando el test de verificación del circuito al diseño final.

f) Se ha comprobado el funcionamiento de circuitos digitales básicos, incluyendo puertas lógicas y circuitos combinacionales o secuenciales, verificando su respuesta conforme a las especificaciones previstas.

5. Traza las pistas en una placa de circuito impreso –PCB–, indicando la disposición de los componentes y configurando reglas relativas a aspectos eléctricos, electrónicos, mecánicos, de suministro de componentes en un programa de diseño asistido por ordenador –CAD– específico para circuitos electrónicos.

Criterios de evaluación:

a) Se han establecido reglas de aplicación automática en el programa de diseño de circuitos impresos (anchura y separación de pistas, tipos de vías y de ángulos a utilizar, respuesta ante cortocircuitos o ausencia de las conexiones esperadas, aislamiento de las zonas de potencia, entre otras), considerando las limitaciones impuestas por fábrica de las tarjetas de circuito impreso.

b) Se han configurado los aspectos mecánicos del diseño en la aplicación, especificando las dimensiones y forma de la placa, su número de capas y tipo de dieléctrico.

c) Se ha asegurado un espacio para la sujeción de la placa a una caja o envolvente, ubicando los componentes ajustables de manera que sean accesibles y atendiendo a la altura de los elementos auxiliares dispuestos en posición vertical.

d) Se han distribuido los componentes electrónicos y elementos auxiliares de manera homogénea, estableciendo áreas funcionales, según tipos de circuitos, consumos de potencia o manipulación de señales de baja potencia o radiofrecuencia, para facilitar el acceso a conectores y elementos ajustables.

e) Se ha trazado una interconexión de los componentes y elementos auxiliares distribuidos en la placa, con pistas lo más cortas posibles, aplicando estrategias de optimización del proceso.

f) Se ha comprobado el diseño PCB final, integrando el resultado obtenido en el entorno 3D del *software* de diseño asistido por ordenador.

g) Se ha verificado la ausencia de fallos en las conexiones, utilizando herramientas proporcionadas por el entorno 3D.

h) Se ha creado la documentación desde la aplicación de diseño (archivos tipo Gerber, listado de materiales actualizado-BOM, distribución de las distintas capas en caso de PCB multicapas u otras), para fabricar la placa de circuito impreso.

6. Gestiona la fabricación de una serie corta del prototipo, aportando la información necesaria y realizando los ajustes de puesta a punto y test de verificación del producto.

Criterios de evaluación:

a) Se han seleccionado los medios disponibles para la fabricación de una serie corta de PCBA con medios propios (ataque químico, fresado, impresión 3D, entre otros).

b) Se ha gestionado el aprovisionamiento, la trazabilidad y almacenamiento de los componentes electrónicos y elementos auxiliares, preparándolos para montaje de la serie corta, junto con las PCBA.

c) Se han soldado sobre las placas de una serie corta los componentes electrónicos de agujero pasante, de montaje superficial y otros auxiliares, siguiendo un esquema de su distribución con los medios disponibles (estación de soldadura, horno de refusión, horno de fase de vapor, entre otros) y utilizando un dispositivo extractor de humos.

d) Se ha aplicado un test de verificación –*hardware* y *software*–, definido en la fase de diseño de las placas montadas, realizando las pruebas de homologación y comparando los resultados obtenidos con los esperados.

e) Se ha cumplimentado la documentación para iniciar la fase de producción, añadiendo conclusiones que validen el producto que se ha generado a partir del proceso de fabricación y puesta a punto del prototipo.

f) Se ha realizado la gestión de residuos generados en el proceso de fabricación y montaje de las placas, separando los líquidos empleados –en caso de haber utilizado ataque químico– y el resto de los materiales de desecho, depositándolos en contenedores adecuados previamente señalizados.

g) Se han utilizado equipos de protección individual (gafas o guantes, mascarillas, entre otros) exigibles para la fabricación de la placa del circuito impreso.

Módulo profesional: Producción de placas de microchips electrónicos.

Equivalencia en créditos ECTS: 9.

Duración: 75 horas.

Código: 5178.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Aplica técnicas de aprovisionamiento, trazabilidad y almacenaje de componentes y otros materiales de las placas de circuito electrónico, mediante el uso de un *software* ERP, a partir de las especificaciones de las órdenes de fabricación (OF) y las características técnicas de los materiales a emplear o sustituir.

Criterios de evaluación:

a) Se han recepcionado los componentes y otros materiales de las placas de circuito electrónico, comparando el albarán de entrada con la nota de pedido.

b) Se ha revisado el estado de los componentes recibidos, comprobando que se adjuntan cumplimentados los certificados de conformidad (COC) de los mismos en la mercancía que se precise.

c) Se ha tramitado, para su devolución o reemplazo, la mercancía no conforme, por errores o materiales defectuosos, siguiendo los procedimientos de calidad de la empresa.

d) Se han registrado los materiales en un sistema ERP, etiquetando cada elemento para garantizar la trazabilidad del estocaje.

e) Se han almacenado los materiales recepcionados según los espacios disponibles en estanterías, salas secas o almacén vertical automatizado –según espacios disponibles–, teniendo en cuenta la sensibilidad de los componentes a la temperatura o la humedad y a la compatibilidad de almacenaje entre ellos.

f) Se han tramitado solicitudes de un departamento de producción, en cuanto a materias primas y componentes, extrayendo el material almacenado y situándolo en carros, bandejas, cajas y carros de transporte.

g) Se ha registrado la actividad del departamento de producción, utilizando un sistema ERP de la empresa.

2. Planifica procesos del ensamblado de componentes en serie de lotes de grandes cantidades de PCBA, mediante el uso de un *software* ERP, según las especificaciones de las órdenes de fabricación (OF).

Criterios de evaluación:

a) Se ha verificado la materia prima preparada por el almacén con la orden de fabricación –listado de material o BOM (*Bill Of Materials*), planos y especificaciones–, para el ensamblaje de una placa o panel de circuito impreso (PCB).

b) Se han cargado los componentes en los alimentadores –*feeders*– de la máquina, ajustando sus parámetros de configuración: presión, movimiento, velocidad, posición u otros.

c) Se ha ejecutado el programa para la producción en serie de placas o paneles de circuitos impresos (PCB).

d) Se ha iniciado la producción estable de los componentes de montaje superficial (SMD), previa aplicación de pasta de soldadura en las huellas, interactuando con los mensajes del sistema de la máquina y suministrando componentes que eviten pausas o discontinuidad en el proceso.

e) Se han inspeccionado visualmente las PCBA con los componentes de montaje superficial (SMD) mediante microscopio, lupa u otros dispositivos ópticos, verificando que el resultado se ajusta a las especificaciones de la orden de fabricación (OF).

f) Se han insertado y soldado los componentes electrónicos de agujero pasante (THT), utilizando herramientas manuales o maquinaria automatizada.

g) Se ha realizado el montaje de los componentes especiales –normalmente no electrónicos (radiadores, tornillos, tapas, entre otros)– en la placa de circuito electrónico, mediante herramientas de técnica manual.

h) Se han protegido las PCBA de agentes externos, aplicando una capa de barniz –tropicalización– sobre una parte o la totalidad del circuito, con espray o con máquinas barnizadoras.

i) Se han encapsulado las PCBA con herramientas manuales o maquinaria automatizada, utilizando resinas (epoxi, poliuretano) y siliconas especiales.

j) Se ha aplicado la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo, relacionada con la electricidad estática en el ensamblado de componentes en serie de placas de microchips electrónicos.

3. Aplica técnicas manuales y automáticas de verificación de placas PCBA ensambladas y de empaquetado, teniendo en cuenta las especificaciones de las órdenes de fabricación y las medidas contra descargas electrostáticas.

Criterios de evaluación:

a) Se han identificado las características físicas, eléctricas y ambientales del entorno o puesto de trabajo en el que se revisan las placas, verificando que se cumplen los criterios de suministro eléctrico, conectividad, protección ante electricidad estática (alfombrilla antiestática, conexión equipotencial de las superficies conductoras, entre otras) seguridad y salud en el trabajo, disponibilidad de herramientas e instrumentación de medida y prueba.

b) Se han seguido las fases del proceso de instalación del programa de dispositivos lógicos integrados en la placa, comprobando su conectividad.

c) Se han realizado los test de pruebas y ensayos manuales y automáticos establecidos por la oficina técnica, tales como: test en cama de pinchos –*Bed of Nails Electrical test*– o test de puntas móviles –*Flying Probe Electrical Test*– sobre cada placa, utilizando verificadores funcionales o verificadores con accionamiento manual, conforme a las especificaciones indicadas en la orden de fabricación (OF).

d) Se han analizado los resultados de los test de pruebas y ensayos manuales y automáticos, asegurando que cumplen con las especificaciones de test definidas en la orden de fabricación.

e) Se han documentado las operaciones realizadas en los test de pruebas y ensayos en los registros de intervención del ERP.

f) Se han reparado o rechazado las PCBA defectuosas, según valoración de daños y protocolo del cliente, utilizando herramientas manuales (soldador o desoldador de estaño, pinzas, alicates y soporte, entre otras) y aplicando la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo ante las descargas electrostáticas (uso de muñequera o tobillera antiestática, alfombrilla antiestática, conexión equipotencial de las superficies conductoras o instalación de elementos conductores de descargas electrostáticas para la persona).

g) Se ha informado de los defectos o errores detectados en los test de pruebas y ensayos a la oficina técnica para modificar la orden de fabricación o corregir los parámetros de las máquinas automáticas.

h) Se han embalado las PCBA en bolsas antiestáticas, garantizando su identificación, etiquetado y protección en el transporte o almacenamiento.

4. Cumplimenta documentación de procesos de gestión, supervisión y ejecución de la producción de placas de circuito electrónico, cumpliendo con los estándares de los sistemas de calidad de una empresa.

Criterios de evaluación:

a) Se han registrado las operaciones o eventos de producción –tiempos, operarios, incidencias, orden de fabricación u otros recursos– en un *software* ERP de la empresa, utilizando una aplicación de captura de datos en planta.

b) Se ha actualizado el inventario de componentes electrónicos y otros elementos, usando programas o aplicaciones de gestión empresarial (ERP), lectores de código barras, asistentes digitales personales (PDA) o introduciendo los datos manualmente.

c) Se han cumplimentado los modelos de documentación digital generados en los procesos productivos (fichas técnicas de intervención, procedimientos para ajustes y procedimientos de montaje, entre otros), organizándolos y clasificándolos según los protocolos de la empresa.

d) Se ha actualizado la documentación relacionada con el tratamiento de materiales con sustancias peligrosas y su gestión medioambiental, garantizando su accesibilidad al personal interno según las normativas establecidas por los organismos públicos.

5. Aplica la normativa medioambiental vigente en materia de gestión de los residuos generados en el proceso de producción para el montaje de las PCBA.

Criterios de evaluación:

a) Se han clasificado los residuos generados (agentes químicos empleados, PCBA sobrantes, entre otros) en zonas de almacenaje identificadas y específicamente habilitadas, utilizando equipos de protección individual.

b) Se han retirado los equipos, piezas, repuestos, accesorios o materiales fungibles sustituidos, ajustándose a la normativa vigente en materia medioambiental, en particular, la de residuos.

c) Se ha supervisado la trazabilidad de los residuos generados para su posterior tratamiento en la empresa efectuando la recogida separada de los mismos, para su correcta gestión.

d) Se han retirado los equipos, piezas, repuestos, accesorios o materiales fungibles sustituidos, ajustándose a la normativa vigente en materia medioambiental y de gestión de residuos.

e) Se han registrado las actividades realizadas y las incidencias producidas en la documentación de la empresa, utilizando aplicaciones o *software* de gestión empresarial.

Módulo Profesional: Desarrollo de *software/firmware* para dispositivos electrónicos programables.

Equivalencia en créditos ECTS: 11.

Duración: 90 horas.

Código: 5179.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Define las características y arquitecturas *hardware* basadas en microprocesador, microcontrolador o FPGA que mejor se ajusten a unas especificaciones dadas.

Criterios de evaluación:

a) Se han determinado los criterios de selección de la CPU tales como la funcionalidad, el rendimiento, el consumo, la conectividad y el coste del *hardware* exigible para el equipo que implementa la aplicación.

b) Se han seleccionado los sistemas embebidos, microcontroladores o FPGA, teniendo en cuenta criterios de funcionalidad, rendimiento, consumo, conectividad y coste establecidos para la aplicación.

c) Se ha elaborado un documento con los recursos necesarios para el *hardware* seleccionado, incluyendo el tamaño de memoria (FLASH, RAM y EEPROM), puertos de entrada/salida (E/S), interfaces de comunicación, entre otros, para el desarrollo de la aplicación concreta.

d) Se ha descrito el uso de un IDE para la creación de un *software* que permita el desarrollo de la aplicación.

e) Se ha creado un *software* para el desarrollo de la aplicación (IDE) que permita la elaboración del código, la depuración de errores, la programación y la configuración del dispositivo y la realización de las pruebas funcionales.

2. Representa, mediante diagramas de flujo y esquemas de bloques funcionales, el proceso o algoritmo que ejecuta la aplicación, indicando la gestión de los eventos producidos y el uso de recursos del dispositivo programable.

Criterios de evaluación:

a) Se ha representado la estructura del programa, mediante un diagrama de flujo con simbología normalizada, modelando el comportamiento del sistema programable y definiendo la respuesta del sistema –salidas– ante los eventos que se producen –entradas–.

b) Se ha establecido la planificación de la ejecución de tareas y sus prioridades, atendiendo al rendimiento especificado y a los recursos disponibles en el dispositivo programable.

c) Se ha gestionado la atención a los eventos e interrupciones que se producen, teniendo en cuenta el tiempo de respuesta especificado y los recursos disponibles en el dispositivo programable.

d) Se ha elaborado un documento con el grado de utilización de los recursos compartidos del sistema, atendiendo al uso de memorias o discos, puertos de entrada/salida (E/S), temporizadores (*timers*) e interfaces de comunicaciones.

e) Se ha elaborado un documento con el protocolo de pruebas, incluyendo la instrumentación a utilizar, el procedimiento, las mediciones y los valores umbral que deberá superar el equipo, conforme a las especificaciones dadas.

3. Desarrolla programas *software/firmware* mediante un IDE, permitiendo elaborar un código en lenguaje de alto nivel, compilación, depuración de errores y programación/configuración de los dispositivos.

Criterios de evaluación:

a) Se han definido los tipos de datos a utilizar en el editor del código IDE, asignando distintos nombres a las constantes y variables que hay que utilizar (texto, numéricas, *arrays*, estructuras o tipos avanzados de datos, entre otras).

b) Se ha codificado el programa basado en el diagrama de flujo predefinido, utilizando el lenguaje de programación elegido y usando las estructuras de iteración (bucles) y de selección o a través de objetos, clases, atributos y métodos.

c) Se ha implementado un sistema de control de versiones que permita la recuperación de versiones anteriores seleccionadas por fecha, incluyendo en cada versión los comentarios que describan la funcionalidad de cada una de las partes.

d) Se ha elaborado un breve diagrama de bloques o de flujo, interpretando su documentación y reduciendo el tiempo en el desarrollo de *software/firmware* para un dispositivo electrónico.

e) Se han utilizado componentes o librerías incorporándolas al código fuente.

f) Se ha compilado el código fuente obtenido, depurando los errores con la ayuda de la herramienta IDE.

g) Se ha configurado el dispositivo programable, ejecutando el código desarrollado.

4. Desarrolla programas para el dispositivo programable que le permitan interactuar con dispositivos locales y con equipos remotos.

Criterios de evaluación:

a) Se han configurado periféricos internos del dispositivo programable, realizando llamadas a las librerías proporcionadas por el IDE o de terceros para interactuar con dispositivos o equipos externos.

b) Se han conectado dispositivos de interfaz de usuarios externos de entrada (pulsadores y teclados) y de salida (ledes, *displays* y –LCD–) a los puertos de entrada/salida digital, programándose a través de llamadas a las librerías proporcionadas por el IDE o de terceros.

c) Se han acoplado sensores analógicos externos unidos a puertos conversores A/D, programándose para la obtención del valor digital de las magnitudes físicas que se pretenden medir.

d) Se han conectado sensores digitales externos acoplados a buses digitales de tipo SPI, i2C, UART o 1-wire, entre otros, programándose para la obtención del valor digital de las magnitudes físicas que se quieren medir.

e) Se han unido unos actuadores externos a puertos de salida digitales de tipo SPI, i2C, PWM o UART, entre otros, programándose para el control de servomotores, motores paso a paso, motores de corriente continua (DC), relés, electroválvulas, entre otros.

f) Se han establecido comunicaciones por cable con otros dispositivos o equipos a través de protocolos RS232, RS485, USB y *Ethernet*, usando las librerías disponibles en el IDE o de terceros y programándose los comandos para establecer la conexión entre ambos equipos.

g) Se han efectuado comunicaciones inalámbricas con otros dispositivos o equipos a través de protocolos Bluetooth, WIFI, entre otros, haciendo uso de las librerías disponibles para establecer la conexión entre ambos.

5. Planifica procesos funcionales de los dispositivos programables, garantizando el cumplimiento de las especificaciones definidas en el proyecto para su posterior producción.

Criterios de evaluación:

a) Se han ejecutado las pruebas para la verificación funcional, utilizando la instrumentación requerida, según el protocolo de pruebas y los criterios de calidad definidos en la organización.

b) Se ha creado un documento que registre todos los parámetros y medidas obtenidas en las pruebas de verificación funcional.

c) Se ha verificado el rendimiento del equipo desarrollado, a través de la medición de parámetros (latencia, capacidad de procesamiento de datos, ocupación de espacio de almacenamiento, ancho de banda en comunicaciones, consumo, temperatura de funcionamiento).

d) Se han realizado pruebas de estabilidad térmica y de ausencia de bloqueos en la ejecución del programa, evitando la paralización de la actividad del dispositivo.

e) Se ha monitorizado el consumo del equipo, estableciendo políticas que permitan deshabilitar los circuitos no activos sin descuidar la operatividad del sistema.

f) Se ha creado un fichero histórico que registre los detalles de la ejecución del programa, estableciendo una trazabilidad en la búsqueda de errores en el sistema y permitiendo conocer las causas que alteran el funcionamiento o reiniciar el sistema.

g) Se ha programado un temporizador de vigilancia antibloqueo (*watchdog timer*) que provoque el reinicio (*reset*) del sistema en caso de bloqueo.

h) Se ha implementado un sistema de comunicaciones en el dispositivo programable que se ejecuta en segundo plano, permitiendo la actualización del código *firmware* (OTA), la monitorización de los parámetros del sistema y el mantenimiento del dispositivo desde equipos conectados de forma remota.

Módulo Profesional: Desarrollo de circuitos o equipos electrónicos de potencia.

Equivalencia en créditos ECTS: 11.

Duración: 90 horas.

Código: 5180.

Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación.

1. Define las características y los componentes de un circuito o equipo electrónico de potencia, así como las relaciones entre ellos y sus valores normalizados a partir de la documentación gráfica y funcional proporcionada por la clientela o el departamento de diseño, identificando la funcionalidad de los bloques y de los componentes.

Criterios de evaluación:

a) Se han determinado visualmente las condiciones de diseño de entrada y salida sobre la documentación técnica o mediante simulación sobre esquema eléctrico en *software* ECAD, definiendo el tipo de convertor de potencia o la combinación de ellos en las condiciones de trabajo exigidas.

b) Se ha desarrollado la implantación de los sistemas de protección y redes *snubber* (compatibilidad electromagnética entre equipos eléctricos y electrónicos –CEM–, sobrentensiones, sobretensiones, cortocircuitos, derivaciones, exceso de temperatura, entre otros), cumpliendo las condiciones de protección al circuito o al equipo de potencia aguas arriba.

c) Se ha identificado el elemento de conmutación principal de los convertidores (diodo, SCR, TRIAC, BJT, GTO, IGBT, entre otros), teniendo en cuenta sus respectivas protecciones en el desarrollo del equipo electrónico de potencia para determinadas aplicaciones (tracción, energía, comunicación, entre otras).

d) Se ha reconocido la idoneidad de los elementos de conmutación para máquinas (generadores, motores, equipos de transmisión, entre otras), en las que priorizan la velocidad de conmutación o la admisión de altas intensidades.

e) Se ha identificado el circuito de control del convertidor de potencia y sus respectivas protecciones, analizando la configuración basada en elementos analógicos, digitales, microprocesadores, entre otros, para determinar la necesidad posterior de programación (*software* o *hardware*).

f) Se han reconocido los módulos de comunicación del equipo de potencia con otros equipos exteriores a través de puertos, tarjetas/circuitos, entre otros, integrándolos en redes y buses de comunicación basados en sistemas físicos, inalámbricos, entre otros.

g) Se ha determinado el sistema de refrigeración de componentes o módulos según sus limitaciones térmicas, partiendo de los datos de fábrica para garantizar el funcionamiento de cada componente y del conjunto del equipo.

h) Se han implementado los parámetros de gestión y control del equipo en modo telecontrol y modo local, utilizando el protocolo de comunicaciones y los elementos físicos correspondientes.

2. Elabora un proceso de montaje de sistemas electrónicos de potencia, evaluando y determinando proveedores, coste, plazo y calidad del mismo.

Criterios de evaluación:

a) Se han elaborado programas de aprovisionamiento de materiales y de montaje de los sistemas electrónicos de potencia (incluyendo el plan de contingencia), teniendo en cuenta compras de materiales, la organización en almacenes, las instalaciones, los equipos de montaje y de verificación.

b) Se ha diseñado un plan de compras de materiales, verificando las existencias en almacenes y la compatibilidad entre los productos y los proveedores homologados.

c) Se ha organizado el almacén de materiales, teniendo en cuenta el tipo de transporte, la manipulación y el almacenamiento de los materiales y equipos en condiciones especiales.

d) Se ha establecido la coordinación y asignación entre las distintas fases del montaje, conforme a unos parámetros de seguimiento y control por fase que garanticen los resultados esperados.

e) Se ha ejecutado la puesta en marcha de un montaje a partir del plan previamente definido, asignando a cada persona sus responsabilidades e indicándoles los parámetros de seguimiento, la formación necesaria en cada fase según el plan de calidad.

f) Se han supervisado las tareas de montaje, aplicando un plan de calidad y seguridad laboral, la normativa vigente aplicable a los sistemas electrónicos de potencia, los protocolos de comprobación y las pruebas correspondientes.

g) Se han implementado las medidas preventivas necesarias en cada fase, de acuerdo con el resultado de la evaluación de los riesgos laborales.

3. Supervisa el diseño del prototipo mediante la verificación de los parámetros de entrada/salida de cada uno de los módulos del sistema electrónico de potencia y de la comunicación con otros sistemas, detectando posibles errores de funcionalidad.

Criterios de evaluación:

a) Se han verificado las certificaciones de calibración de los equipos de medida, teniendo en cuenta los parámetros exigidos por normativa y por la documentación técnica elaborada.

b) Se han seleccionado equipos de medida, conociendo sus prestaciones y características técnicas para realizar las comprobaciones, indicadas en cada caso (desarrollo, producción y mantenimiento).

c) Se ha especificado el conjunto de normas y estándares dados por los organismos competentes que se tienen que aplicar sobre los equipos de potencia conectados a la red en diferentes entornos (locales, de pública concurrencia, entornos con riesgo de explosión, entre otros).

d) Se ha descrito el proceso de pruebas destructivas y no destructivas a realizar en los equipos de potencia, indicando los límites de funcionamiento seguro y las medidas a adoptar para protección del entorno y de las personas usuarias.

e) Se ha elaborado el método de análisis instrumental y los recursos de equipamiento necesarios en el laboratorio, validando los resultados de funcionamiento del equipo bajo prueba.

f) Se han implementado las medidas de seguridad técnica exigidas por la documentación específica para el funcionamiento del circuito o equipo electrónico, comprobando los rangos y niveles de las señales obtenidas en los puntos de test definidos.

g) Se ha realizado la revisión del montaje completo, comprobando que se obtienen los parámetros exigibles por normativa y rechazando el equipo electrónico que no los cumpla.

h) Se han documentado las operaciones de supervisión en el diseño y montaje del prototipo, detallando los resultados y las incidencias surgidas a lo largo del proceso.

4. Describe las partes susceptibles de mantenimiento y los potenciales fallos que puedan surgir, elaborando pruebas de chequeo mediante el uso del instrumental del laboratorio y el equipamiento.

Criterios de evaluación:

a) Se han comprobado tanto las condiciones físicas y eléctricas de ubicación y operación de equipos, como los posibles factores de riesgo, evitando cualquier error antes de la manipulación.

b) Se ha descrito el funcionamiento del equipo, por bloques funcionales, utilizando la simbología específica y señalando en cada uno de ellos los parámetros eléctricos y físicos, que garanticen la puesta en marcha y reconfiguración del equipo.

c) Se ha elaborado la documentación y el protocolo de sustitución de componentes por fin de su vida útil, según la recomendación de fábrica.

d) Se han realizado las operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo de los equipos de potencia con los instrumentos y herramientas adecuados, cumpliendo las normas en materia de seguridad y salud en el trabajo, de funcionamiento de los equipos y de protección medioambiental.

e) Se ha elaborado la documentación que incluya posibles fallos por bloque funcional, señalados por los indicadores de fallo (acústicos, luminosos, de *display*, entre otros), indicando su significado y posibles soluciones.

f) Se han aplicado las normas en materia de seguridad laboral, de equipos y de protección medioambiental, evitando posibles accidentes, malfuncionamientos del equipo o problemas de cobertura de la garantía de fábrica.

5. Elabora pruebas de integración con máquinas a las que van conectados los convertidores, mediante el uso de bancos de prueba y *software* de simulación, permitiendo verificar y validar los parámetros del equipo de potencia en un proceso real.

Criterios de evaluación:

a) Se han realizado pruebas de calentamiento de un equipo en funcionamiento según los protocolos específicos, comprobando el dimensionamiento del sistema de refrigeración y de su contenedor.

b) Se ha verificado el equipo conectado a máquinas, previamente probado, en funcionamiento nominal, sobrecarga, con variaciones de velocidad, frecuencia, entre otras, cumpliendo con la normativa vigente aplicable a equipos eléctricos.

c) Se han aplicado los requerimientos de la clientela mediante protocolos de prueba específicos, comprobando los rangos de tolerancia en funcionamiento.

d) Se han verificado medidas de eficiencia, mediante protocolos de pruebas específicos de los equipos de potencia y de las máquinas u otros equipos, a los que está conectado el equipo de potencia, en diferentes puntos y rangos de operación.

e) Se han realizado las medidas de calidad de red (distorsión armónica, sobretensiones, entre otras), aplicando protocolos de pruebas específicos exigidos por la normativa vigente en materia eléctrica.

f) Se han incluido las medidas de eficiencia y de calidad de red en las prescripciones técnicas y en el manual de funcionamiento del equipo.

g) Se ha comprobado la actuación de las protecciones eléctricas frente a los límites de sobreintensidad, exceso de temperatura, derivaciones eléctricas, tomas de tierra, entre otros, utilizando la instrumentación necesaria para validar el funcionamiento.

h) Se ha verificado el funcionamiento del equipo trabajando en diferentes modos (paralelo, serie, mixto, *master-slave* –maestro-esclavo–, entre otros), validando su actuación.

i) Se ha puesto en servicio el equipo de potencia, comprobando la secuencia de los parámetros funcionales sometidos a test en condiciones de funcionamiento previamente establecidas.

ANEXO II

Espacios y equipamientos mínimos

Espacios

Espacio formativo	Superficie m ²	
	30 alumnos/as	20 alumnos/as
Aula polivalente.	90	60
Taller de montaje de equipos electrónicos.	150	100

Equipamientos mínimos

Espacio formativo	Equipamientos mínimos
Aula polivalente.	– Mobiliario básico de un aula estándar. – Ordenadores instalados en red. – Conexión a Internet. – Medios audiovisuales. – Sistemas de reprografía. – Programas informáticos específicos del curso de especialización.
Taller de montaje de equipos electrónicos.	– Herramientas manuales: alicates, destornilladores, tijeras –entre otros– con aislamiento eléctrico y protecciones ante descargas electrostáticas, ESD. – Placas de prototipado o placas de inserción rápida –<i>protoboards</i>–. – Aplicaciones informáticas: bases de datos de proveedores, aplicación de diseño asistido por ordenador –CAD electrónico– con prestaciones para diseño 3D, diseño de esquemáticos, circuitos impresos, simulación y otros, sistema documental de la empresa, repositorio de circuitos, componentes y librerías de la empresa. – Sustancias para la fabricación de circuitos impresos mediante ataque químico, fresadora para circuitos impresos, impresora 3D para circuitos impresos, sistema de ventilación para el espacio de trabajo, equipos de protección individual –EPI– como gafas, mascarillas, guantes u otros. – Soportes para manipulación de circuitos impresos, microscopios para soldadura SMD, soldador, desoldador de estaño, estación de soldadura (preferiblemente termorregulada y con sistema de aire caliente). – Horno de refusión, horno de fase de vapor, soldadura de ola selectiva, estación de <i>Reflow</i> BGA, sistema extractor de humos. – Instrumentos de medida y ensayo: polímetros, osciloscopios, generadores de señal, generadores de funciones, analizadores lógicos, sonda térmica, verificadores funcionales para testeo de PCBA, PCB. – Lectores de código barras y asistentes digitales personales –PDA–. – Tarjetas de desarrollo de microcontroladores, tarjetas de desarrollo microprocesadas SBC (<i>Single Board Computer</i>), tarjetas para implementación de circuitos digitales (FPGA). – Sensores analógicos y digitales, dispositivos de interfaz con el usuario (teclados, botones, <i>displays</i>, LCD, ledes, entre otros), motores paso a paso, motores DC, relés.

ANEXO III

Especialidades del profesorado con atribución docente en los módulos profesionales del curso de especialización en Desarrollo de equipos y sistemas electrónicos

Módulo profesional	Especialidad del profesorado	Cuerpo
5177. Prototipado de circuitos o sistemas electrónicos.	Equipos electrónicos.	– Catedráticos de Enseñanza Secundaria. – Profesores de Enseñanza Secundaria. – Cuerpo a extinguir de Profesores Técnicos de Formación Profesional.
	Sistemas electrónicos.	– Catedráticos de Enseñanza Secundaria. – Profesores de Enseñanza Secundaria.
5178. Producción de placas de microchips electrónicos.	Equipos electrónicos.	– Catedráticos de Enseñanza Secundaria. – Profesores de Enseñanza Secundaria. – Cuerpo a extinguir de Profesores Técnicos de Formación Profesional.
5179. Desarrollo de <i>software/firmware</i> para dispositivos electrónicos programables.	Sistemas electrónicos.	– Catedráticos de Enseñanza Secundaria. – Profesores de Enseñanza Secundaria.
	Informática.	– Catedráticos de Enseñanza Secundaria. – Profesores de Enseñanza Secundaria.
5180. Desarrollo de circuitos o equipos electrónicos de potencia.	Equipos electrónicos.	– Catedráticos de Enseñanza Secundaria. – Profesores de Enseñanza Secundaria. – Cuerpo a extinguir de Profesores Técnicos de Formación Profesional.

ANEXO IV A)

Correspondencia de los estándares de competencias profesionales acreditados con los módulos profesionales para su convalidación

Estándares de competencias profesionales acreditados	Módulos profesionales convalidables
ECP2711_3: Prototipar circuitos o sistemas electrónicos.	5177. Prototipado de circuitos o sistemas electrónicos.
ECP2712_3: Producir placas de circuitos o equipos electrónicos.	5178. Producción de placas de microchips electrónicos.
ECP2713_3: Desarrollar <i>software/firmware</i> para dispositivos electrónicos programables.	5179. Desarrollo de <i>software/firmware</i> para dispositivos electrónicos programables.
ECP2714_3: Desarrollar circuitos o equipos electrónicos de potencia.	5180. Desarrollo de circuitos o equipos electrónicos de potencia.

ANEXO IV B)

Correspondencia de los módulos profesionales y los estándares de competencias profesionales para su acreditación

Módulos profesionales superados	Estándares de competencias profesionales acreditables
5177. Prototipado de circuitos o sistemas electrónicos.	ECP2711_3: Prototipar circuitos o sistemas electrónicos.
5178. Producción de placas de microchips electrónicos.	ECP2712_3: Producir placas de circuitos o equipos electrónicos.
5179. Desarrollo de <i>software/firmware</i> para dispositivos electrónicos programables.	ECP2713_3: Desarrollar <i>software/firmware</i> para dispositivos electrónicos programables.
5180. Desarrollo de circuitos o equipos electrónicos de potencia.	ECP2714_3: Desarrollar circuitos o equipos electrónicos de potencia.