

Respuestas a las recomendaciones y peticiones de modificación formuladas en el informe de evaluación de la solicitud de verificación del título de Graduado o Graduada en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica por la Universidad de Málaga y la Universidad de Sevilla

Modificación: *En la universidad de Málaga y la Universidad de Sevilla se ofertan títulos de Graduado o Graduada en Ingeniería Electrónica Industrial. Se debe incluir un anexo en la memoria en el que se detallen las diferencias en el perfil de los distintos egresados y las divergencias en las competencias, de forma que se especifique que la actual propuesta de título de Graduado o Graduada en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica no coincide en más de un 60% de sus créditos con los títulos de Graduado o Graduada en Ingeniería Electrónica Industrial de ambas universidades.*

Si bien es cierto que los grados en Ingeniería Electrónica Industrial (GIEI) y en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica (GIERM) cuentan con ciertas similitudes, estos títulos parten de una diferente concepción que hace que las competencias que adquiere el alumnado así como los contenidos de los diferentes módulos y materias se diferencien en la medida suficiente como para justificar la coexistencia de ambos títulos. Como indica la denominación del título GIEI, este grado tiene una fuerte vocación industrial estando enfocado a las aplicaciones de la electrónica y la automática al ámbito industrial y de fabricación. Por otro lado, el ámbito del GIERM es más amplio y engloba otro tipo de aplicaciones como son las orientadas al producto, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, etc. Se puede poner un ejemplo concreto (y por tanto quizás demasiado simplificador) en el caso de los automóviles. Es bien sabido que en la industria de automoción (fabricación) abundan los dispositivos robóticos, electrónicos y de automatización. Sin embargo, el papel de estos campos van más allá de la fabricación industrial del vehículo: el producto acabado incluye dispositivos electrónicos y de control (ABS, ESP, regulador de velocidad) que no se pueden considerar del ámbito “industrial” sino de otro ámbito más amplio (y, por tanto, con características y problemáticas distintas) que sería uno de los campos de aplicación del título que se propone. Por supuesto, en el GIERM también se considera el ámbito industrial pero éste tiene menos presencia que en el GIEI.

Por otro lado, el título que se propone se engloba dentro de un conjunto de títulos que se han diseñado para formar a profesionales dentro de perfiles demandados dentro del campus de excelencia Andalucía Tech. Son títulos que siguen la tónica de mezclar disciplinas diferentes para originar expertos versátiles y capaces de abordar sistemas más complejos, obedeciendo al signo de los tiempos. La necesidad del perfil del título propuesto se ha puesto de manifiesto con fuerza con la aparición del término ‘Mecatrónica’ del inglés ‘Mechatronics’ (más de 7,000,000 de entradas en google). Este término es relativamente poco conocido en España y, aunque pudiera englobar todo el perfil de la titulación, se ha querido hacer explícita la formación en Robótica, que no se limita a robots en entornos industriales sino que trata todo tipo de robots, y la ingeniería electrónica, que además de la formación para el profesional interdisciplinar que requiere la mecatrónica, amplía la formación para suplir la falta del ingeniero en electrónica, titulación de segundo ciclo presente en las universidades de Málaga y Sevilla que desaparece con el nuevo diseño de la educación universitaria.

Estas diferencias en la concepción de los títulos se reflejan en los contenidos y competencias de las distintas materias. Es cierto que tienen una parte común y así la formación básica es la común a las distintas ramas de la ingeniería y la formación básica en ciencias de la ingeniería tiene muchos puntos en común, pero sobre todo en los dos últimos cursos las diferencias son patentes como se resume a continuación.

Otra importante diferencia entre los planes de estudio es el grado de especialización. En el GIEI de la US el alumno solo cursa 18 créditos optativos (30 en la UMA) mientras que el GIERM cuenta con 48 créditos optativos (30 de ellos estructurados en 4 menciones) lo que permite al alumno alcanzar un mayor grado de especialización en los distintos ámbitos de la titulación. La parte común también cuenta con suficiente diferencia dado el distinto enfoque de las dos titulaciones.

A continuación se exponen las diferencias detalladas por módulos del GIERM.

Diferencias respecto al GIEI de la Universidad de Sevilla

- **Formación Básica en Ingeniería:** Obviamente no existen diferencias en este módulo.
- **Ciencias Básicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Control:**

Las diferencias entre estos módulos proceden de la distinta concepción de ambas titulaciones. Así, la titulación de Ingeniero en Electrónica Industrial tiende a cubrir la formación básica común a la rama industrial, incluyendo contenidos de ingeniería de materiales, cálculo de estructuras y procesos de fabricación que no son necesarios en la titulación de Ingeniero en Electrónica, Robótica y Control. Por otra parte, las asignaturas de electrónica y automática de esta formación común se centran, en el GIEI en los aspectos industriales y en las aplicaciones a problemas de la industria, mientras que en la segunda se orientan hacia el mundo de la robótica y la mecatrónica, tanto en el entorno industrial como fuera del mismo (vehículos, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, etc., siempre en relación con el mundo de la robótica y la mecatrónica). Cuantificando las diferencias: El GIERM cursa 3 créditos menos de las materias comprendidas en la Formación Común a las Rama Industrial (FCRI)-I que el GIEI. El GIERM no cursa materias de Ciencia de los Materiales y no considera de manera específica el conocimiento de las tecnologías medioambientales y sostenibilidad, ni la aplicación específica al entorno de la ingeniería industrial de los problemas considerados en la FCRI-II del GIEI, En cuanto al módulo FCRI-III, nuevamente nos encontramos con un enfoque puramente industrial en el GIEI y un enfoque más amplio en el GIERM, que considera en mayor detalle aspectos más básicos relacionados con dispositivos, en el caso de la electrónica, y su modelado, y en el modelo de sistemas, en el caso de la automatización. Respecto a la FCRI-IV, el GIERM no considera los aspectos relacionados con las construcciones industriales. En la FCRI-V las diferencias vienen fundamentalmente de los procesos de fabricación, que no forman parte del módulo correspondiente en el GIERM. Nótese que la asignatura de Proyectos I, junto con la de Proyectos II se corresponde, si bien con muchos menos contenidos, con la de Proyectos Integrados del GIERM, mostrando de nuevo la diferente orientación de ambas titulaciones. Resumiendo, en estos módulos podemos considerar que hay 30 créditos comunes (9 en Formación Común de Rama Industrial I, 0 en la Formación Común de Rama Industrial II, 6 en la Formación Común de Rama Industrial III, 9 en la Formación Común de Rama Industrial IV y 6 en la Formación Común de Rama Industrial V). Por tanto la diferencia sería de 21 créditos en este módulo.

- **Módulo de Tecnologías Específicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Mecatrónica**

Las principales diferencias correspondientes a este módulo vienen nuevamente de la diferente concepción de ambos grados. En el caso del GIERM se da una gran importancia a los fundamentos de robótica y a sus aplicaciones, que tienen un tratamiento mínimo en el GIEI. También hay diferencias que proceden del diferente ámbito de aplicación de ambos grados. Así, en el GIERM se considera de manera específica una asignatura de Arquitectura de Redes y se dedica una atención especial al procesamiento de la información que resulta necesario para las aplicaciones de electrónica, robótica y mecatrónica. También, a diferencia del GIEI, se dedica un apartado especial en el GIERM a la organización y gestión de la producción, profundizando en los aspectos que se presentaron de una manera básica en el módulo de formación básica en la ingeniería. Cuantificando estas diferencias podemos decir que hay 36 créditos comunes en estos módulos: 10.5 en el módulo ETEI-I, 10.5 en el módulo ETEI-II, 6 en el módulo ETEI-III, 3 en el OEI-I y 6 en el OEI-II. Por tanto la diferencia correspondiente a este módulo del GIERM es de 33 ECTS.

- No hay correspondencia en el GIERM para el módulo de formación complementaria del GIEI.
- **Módulos de mención¹:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 30 ECTS.
- **Módulo de Prácticas en empresa, movilidad y optativas transversales:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 18 ECTS.

Como resumen, la diferencia estimada, medida en créditos es de 102 ECTS que corresponde al 42.5% (coincidencia del 57.5%) de los 240 ECTS que debe cursar el alumno. Todo ello sin contar en las diferencias los 12 créditos del trabajo fin de grado, que podrían considerarse como no coincidentes al tratarse de trabajos con contenidos distintos correspondientes a titulaciones con enfoques distintos.

Diferencias respecto al GIEI de la Universidad de Málaga

- **Formación Básica en Ingeniería:** Obviamente no existen diferencias en este módulo.
- **Ciencias Básicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Control:**

Una vez más, las diferencias entre estos módulos proceden de la distinta concepción de ambas titulaciones. Así, la titulación de Ingeniero en Electrónica Industrial tiende a cubrir la formación básica común a la rama industrial, incluyendo contenidos de ciencia de materiales, cálculo de estructuras e ingeniería de la fabricación que no son necesarios en la titulación de Ingeniero en Electrónica, Robótica y Control. Por otra parte, las asignaturas de electrónica y automática de esta formación común se centran en el GIEI en los aspectos industriales y en las aplicaciones a problemas de la industria, mientras que en la segunda se orientan hacia el mundo de la robótica y la mecatrónica, tanto en el entorno industrial como fuera del mismo (vehículos, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, sistemas electro-mecánicos, etc., siempre en relación con el mundo de la robótica y la mecatrónica). Cuantificando las diferencias: El GIERM cursa 12 créditos menos de las materias comprendidas en la Formación Común a las Rama Industrial (FCRI)-I que el GIEI (el GIERM no cursa materias de Ciencia de los Materiales ni Ingeniería de la Fabricación). El GIERM no considera de manera específica el conocimiento de las tecnologías medioambientales y sostenibilidad, ni la aplicación específica al entorno de la ingeniería industrial de los problemas considerados en la

¹Se incluyen en la comparación también los módulos optativos por razones obvias. Si solamente se considera la parte obligatoria, titulaciones indiscutibles distintas tales como por ejemplo el Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales y el Grado en Ingeniería Aeroespacial serían prácticamente idénticas.

FCRI-II del GIEI, En cuanto al módulo FCRI-III, nuevamente nos encontramos con un enfoque puramente industrial en el GIEI y un enfoque más amplio en el GIERM, que considera en mayor detalle aspectos más básicos relacionados con dispositivos y su modelado, en el caso de la electrónica, y en el modelado de sistemas, en el caso de la automatización. Respecto a la FCRI-IV, el GIERM no considera los aspectos relacionados con las instalaciones industriales. En la FCRI-V las diferencias vienen fundamentalmente del carácter industrial del GIEI. Nótese que la asignatura de Oficina Técnica del GIEI está orientada a “proyectos industriales” mientras que la asignatura Proyectos Integrados del GIERM tiene un carácter mucho más genérico, mostrando de nuevo la diferente orientación de ambas titulaciones. La asignatura de Ingeniería Gráfica en Electrónica en el GIEI no tiene homóloga en el GIERM. Resumiendo, en estos módulos podemos considerar que hay 32 créditos comunes (0 en Formación Común de Rama Industrial I, 6 en la Formación Común de Rama Industrial II, 13 en la Formación Común de Rama Industrial III, 10 en la Formación Común de Rama Industrial IV y 3 en la Formación Común de Rama Industrial V). Por tanto la diferencia sería de 19 créditos en este módulo.

- **Módulo de Tecnologías Específicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Mecatrónica**

Las principales diferencias correspondientes a este módulo vienen nuevamente de la diferente concepción de ambos grados. En el caso del GIERM se da una gran importancia a los fundamentos de robótica y a sus aplicaciones, que tienen un tratamiento mínimo en el GIEI. También hay diferencias que proceden del diferente ámbito de aplicación de ambos grados. Así, en el GIERM se considera de manera específica una asignatura de Arquitectura de Redes y se dedica una atención especial al procesamiento de la información que resulta necesario para las aplicaciones de electrónica, robótica y mecatrónica. También, a diferencia del GIEI, se dedica un apartado especial en el GIERM a la organización y gestión de la producción, profundizando en los aspectos que se presentaron de una manera básica en el módulo de formación básica en la ingeniería. Además en el GIERM no se estudian circuitos integrados. Obsérvese el carácter industrial del FEIEI-III ya que ese adjetivo aparece en 3 de sus 4 asignaturas. Cuantificando estas diferencias podemos decir que hay 36 créditos comunes en estos módulos: 15 en el módulo FEIEI-I, 7 en el módulo FEIEI-II, 10 en el módulo FEIEI -III, 4 en el FEIEI -IV. Por tanto la diferencia correspondiente a este módulo del GIERM es de 33 ECTS.

- **Módulos de mención:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 30 ECTS.
- **Módulo de Prácticas en empresa, movilidad y optativas transversales:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 18 ECTS.

Como resumen, la diferencia estimada, medida en créditos es de 100 ECTS que corresponde al 41.7% (coincidencia del 58.3%) de los 240 ECTS que debe cursar el alumno. Todo ello sin contar en las diferencias los 12 créditos del trabajo fin de grado, que podrían considerarse como no coincidentes al tratarse de trabajos con contenidos distintos correspondientes a titulaciones con enfoques distintos.

Competencias

En cuanto a las competencias, se han clarificado las denominaciones de algunas de ellas para dejar mejor constancia de las diferencias que reflejan los contenidos ya que en la memoria original no estaban suficientemente precisadas.

Cambios en la denominación de competencias:

- ES04 Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas dinámicos.
- ES05 Conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados tanto para aplicaciones dentro de la industria como fuera de ella.
- ES06: Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización tanto en entornos industriales como fuera de ellos (vehículos, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, etc.)
- MR03 Conocimiento aplicado de informática en tiempo real y comunicaciones en automatización.
- MI04 Capacidad para diseñar circuitos y sistemas de control
- MV04 Conocimiento aplicado de informática en tiempo real en vehículos.

Criterio I. Descripción del Título

Modificaciones:

1. *Se debe eliminar la referencia al inglés como una de las lenguas en las que se imparte el título, ya que para considerar que el título se imparta en varias lenguas, al menos una asignatura obligatoria que cursen todos los estudiantes del título debe impartirse en inglés. En el desarrollo de las enseñanzas no aparece ninguna referencia a asignaturas en otra lengua, o en su caso indicar que materia o asignatura será impartida en inglés.*

Se ha modificado la ficha de la materia Trabajo Fin de Grado incluyendo en el apartado Actividades Formativas el siguiente párrafo:

El estudiante elaborará y defenderá públicamente un proyecto, en el ámbito de la ingeniería industrial, de naturaleza profesional o académica, en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas. El proyecto podrá incluir trabajos teóricos o experimentales, y quedará plasmado en una memoria de proyecto.

Tanto la memoria como la defensa pública **deberán realizarse en inglés**. En cualquier caso, deberá incluirse el título y un resumen breve en inglés y en español.

Esta observación también se ha llevado a cabo en la aplicación informática, en el apartado de observaciones del módulo correspondiente.

2. *Se deben establecer e indicar en su apartado correspondiente de la aplicación para las Universidades de Málaga y de Sevilla, los créditos mínimos y máximos en los que se pueden matricular por curso los alumnos que quieren cursar los estudios a tiempo parcial.*

Se han establecido e indicado estos datos en el apartado correspondiente de la aplicación.

Criterio II. Justificación

Modificación:

1. Se debe indicar la fecha en que fue aprobada la memoria presentada por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Málaga, en la memoria aparece XXX de marzo de 2011.

Se ha corregido este error en la Memoria.

Recomendación:

1. Se recomienda ampliar los referentes nacionales aportados consultando otros programas de grados relacionados con el título propuesto e identificar su relación con el título propuesto.

Existen pocos precedentes a nivel nacional. Es de destacar el Grado en Ingeniería Mecatrónica de la Universitat de Vic (<http://www.uvic.cat/es/estudi/61>) de un perfil muy similar al que se solicita. En esta página web se dice:

El Grado en Ingeniería Mecatrónica trabaja de manera interdisciplinaria técnicas y conocimientos de mecánica, electrónica, control e informática para concebir nuevas maneras de producir, desarrollar nuevos productos y de diseñar nuevas máquinas. Forma profesionales con capacidad de integrar conocimientos de estas disciplinas para ofrecer soluciones que vayan más allá de las que se pueden obtener con cada una por separado.

El Grado es el primero que se imparte en el marco universitario español. Tiene el aval empresarial de más de 70 entidades: empresas, consejos empresariales, asociaciones de empresarios, patronales, cámaras de comercio, centros tecnológicos y ayuntamientos.

Se han incluido estas especificaciones en el apartado de referentes externos de la Memoria

Criterio III. Competencias**Modificaciones:**

1. Se deben redactar en términos de capacidades, conocimientos o habilidades que debe adquirir el estudiante aquellas competencias generales y específicas que no están definidas.

Se ha revisado la redacción de las competencias para atender a los cambios solicitados.

Criterio IV. Acceso y Admisión de estudiantes**Modificación:**

1. Se debe completar la tabla de reconocimiento de créditos que será de aplicación, en cada una de las universidades en las que se imparte el título (Málaga y Sevilla), a los estudiantes del título y adaptar la normativa aportada por las universidades a lo establecido en el RD 861/2010.

Se han cumplimentado estos datos en la aplicación informática y se ha adecuado la normativa a lo dispuesto en el RD 861/2010.

Criterio V. Planificación de las Enseñanzas**Modificaciones:**

1. *Se deben adaptar a cada uno de los módulos o materias las actividades formativas y los sistemas de evaluación propuestos en el título y cumplimentar adecuadamente, en la aplicación, los apartados correspondientes de cada uno de los módulos y materias del plan de estudios.*

Las actividades formativas consideradas se han adaptado a los módulos integrantes del plan de estudios, indicando el número de horas establecidas para cada uno de ellos, y el porcentaje de presencialidad. Asimismo, se han cumplimentado en la aplicación informática los apartados correspondientes a los sistemas de evaluación propuestos.

2. *Se debe actualizar el reconocimiento de actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias o de cooperación será de al menos 6 créditos sobre el total de dicho plan de estudios, según lo establecido en el RD 861/2010.*

Se ha incluido la siguiente información en la memoria de solicitud:

Reconocimiento académico por actividades extrauniversitarias: de acuerdo con lo establecido en el artículo 12.8 del Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, en su redacción dada por el Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, los estudiantes podrán obtener reconocimiento académico en créditos por la participación en actividades universitarias culturales, deportivas, de representación estudiantil, solidarias y de cooperación en una cuantía de , al menos, seis créditos sobre el total del plan de estudios. Estos reconocimientos se llevarán a cabo conforme a la normativa de las universidades participantes..

3. *Se debe especificar la actividad formativa con la que se va a adquirir en las diferentes materias o asignaturas la competencia CG10-Capacidad de trabajar en un entorno bilingüe inglés-castellano.*

El estudiante elaborará y defenderá públicamente un proyecto, en el ámbito de la ingeniería industrial, de naturaleza profesional o académica, en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas. El proyecto podrá incluir trabajos teóricos o experimentales, y quedará plasmado en una memoria de proyecto.

Tanto la memoria como la defensa pública **deberán realizarse en inglés**. En cualquier caso, deberá incluirse el título y un resumen breve en inglés y en español.

Recomendación:

1. *Se recomienda ampliar la descripción de los contenidos de las materias de forma que pueda valorarse su adecuación a la adquisición de competencias.*

Debido al escaso plazo de que se ha dispuesto para contestar a las propuestas formuladas por la Agencia Evaluadora, esta recomendación será atendida en un momento posterior.

Criterio VII. Recursos materiales y servicios

Recomendaciones:

1. *Se recomienda incluir la información de las instalaciones aportadas por las Universidades de Málaga y Sevilla como aulas, laboratorio, seminarios, equipamientos, etc. disponibles para el uso y desarrollo del título de forma que pueda valorarse su adecuación.*

Se han cumplimentado estos datos en la Memoria y en la aplicación informática.

Criterio VIII. Resultados previstos

Modificaciones:

1. *Se debe justificar la estimación realizada de los indicadores y aportar los datos de las titulaciones que ha servido de referencia para realizar estas estimaciones.*

Se han cumplimentado estos datos en la aplicación informática.

2. *Se debe incluir una estimación justificada de la tasa de rendimiento, tal y como se señala en la Guía de apoyo para la verificación.*

Se han cumplimentado estos datos en la aplicación informática.

Aspectos formales que deben ser cumplimentados:

Modificaciones:

1. *Se deben incluir en el apartado correspondiente de la aplicación, las competencias básicas para los estudios de grado que establece el RD 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el RD 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.*

Se han cumplimentado estos datos en la aplicación informática.

2. *Se debe corregir el apartado de competencias de la aplicación, en el que solamente debe aparecer el listado de competencias que deben ser adquiridas por todos los estudiantes a lo largo de sus estudios y que son exigibles para otorgar el título. Aquellas competencias que son adquiridas en módulos, materias o asignaturas optativas únicamente deben aparecer en la planificación de las enseñanzas.*

Efectivamente, al incluir las competencias del título se añadieron incorrectamente las competencias específicas de mención, que solo deben aparecer en las materias en que se adquieren, porque los estudiantes las adquirirán dependiendo de la mención elegida.

No obstante lo anterior, en la aplicación informática hemos tenido que definir todas las competencias a nivel de título para después poder distribuirlas por módulos, incluidas las previstas para cada una de las menciones del título.

3. *Se debe corregir el enlace proporcionado en la aplicación para la descarga de las normas de permanencia, de forma que se facilite el acceso a ellas.*

Se ha procedido a la subsanación de este error.

4. *Se debe corregir el pdf. adjunto en la planificación de la enseñanzas, aparece el asignatura Resistencia de Materiales con distinto número de créditos asignados 6 y 4,5 ECTS.*

Se ha procedido a la subsanación de este error.

5. *Se debe corregir el pdf. adjunto en la planificación de la enseñanzas, donde se indica que se ofertan tres menciones cuando se ofertan cuatro.*

Se ha procedido a la subsanación de este error.

6. *Aunque se ha podido evaluar el Sistema de garantía de calidad con información recibida de la universidad, se debe corregir la dirección web facilitada para la evaluación del SGC del título, la actual que aparece en la aplicación no contiene el Sistema de garantía.*

Se ha procedido a la subsanación de este error.

2.- JUSTIFICACIÓN

2.1.- JUSTIFICACIÓN DEL TÍTULO: INTERÉS ACADÉMICO, CIENTÍFICO Y/O PROFESIONAL

El interés de la titulación propuesta queda de manifiesto por las características de las disciplinas que forman el núcleo de este título: la Electrónica, la Robótica y el Control de Sistemas y la Mecatrónica. Estas disciplinas, junto con las telecomunicaciones y la informática con las que tienen una íntima relación, han protagonizado la revolución tecnológica que ha experimentado la sociedad desde hace varias décadas y en la cual se halla inmersa. Esta revolución no solo ha tenido un gran impacto a nivel industrial y productivo si no que también ha cambiado la forma de percibir la realidad en aspectos tan cotidianos como son los electrodomésticos, los automóviles y aviones y hasta los juguetes de los niños.

En el sector productivo, estas materias han ayudado a impulsar la actividad económica en general, con la aparición de dispositivos electrónicos eficientes en los distintos sectores de actividad: industria, sistemas de energía, comunicaciones, sector aeroespacial etc., así como mediante la satisfacción de las mayores necesidades de automatización y control en los cada vez más complejos procesos asociados a los distintos campos de actividad.

Es fundamental destacar que aunque cualquiera de las disciplinas anteriormente citadas por sí solas ya son de sumo interés profesional, éstas están íntimamente relacionadas. La Robótica, Mecatrónica o cualquier sistema de control utiliza la electrónica como una tecnología básica, y del mismo modo, en los cada vez más complejos sistemas electrónicos, las necesidades de control también aumentan. Son por tanto disciplinas que se complementan. Es por tanto esencial, y es el objetivo de este título, que existan titulados que tengan una perspectiva global de estas disciplinas que les permita conocer de una forma integral, y por tanto diseñar y resolver problemas asociados a los sistemas electrónicos, robóticos, de control y mecatrónicos.

La ingeniería electrónica es una disciplina de la ingeniería que usa el conocimiento científico la electricidad y los semiconductores para desarrollar componentes, dispositivos, sistemas o equipos. El término de ingeniería electrónica es muy amplio y abarca numerosas áreas tales como la electrónica de potencia, instrumentación electrónica, telecomunicaciones, diseño de circuitos, tecnología de semiconductores, etc.

En una sociedad industrializada la automatización de los medios de producción es un factor importantísimo. Dicha automatización (entendida en un sentido amplio) pasa por el diseño de sistemas de control y sistemas para la transmisión de la información. Los sistemas de control son necesarios para la transformación de productos y energía que son los procesos básicos de cualquier industria. Para conseguir los objetivos de fabricación los sistemas de control se aplican a herramientas como autómatas, robots, líneas de producción, etc. Además, las técnicas de la Robótica y el Control se aplican a otros ámbitos distintos de la producción industrial. De hecho resulta fácil hallar ejemplos de aplicaciones de dichas técnicas en sectores como el doméstico (domótica), agrícola (invernaderos automatizados), transporte (sistemas de ayuda a la conducción, sistemas integrados de gestión logística, guiado automático), energía (producción eficiente y reducción de emisiones), aeroespacial, etc.

Considerando las cada vez mayores necesidades de automatización, la Robótica está adquiriendo un papel cada vez más importante. De forma general, la Robótica es el conjunto de conocimientos teóricos y prácticos que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas articuladas, dotados de un determinado grado de autonomía y destinados a la producción industrial o a la sustitución del hombre en muy diversas tareas. El campo de aplicación de la Robótica es muy extenso, empezando por la Automatización Industrial, posiblemente el más importante desde el punto

de vista profesional, o la construcción, entretenimiento, exploración, etc., siendo en general aplicable a cualquier actividad donde se realicen tareas mecánicas.

Además de estos aspectos, el campo de la generación, distribución y consumo de la energía se ha convertido en un área estratégica a nivel nacional e internacional. La creciente demanda de energía, el alto coste de los combustibles básicos, la alta complejidad de las redes de energía fuertemente interconectadas entre sí y la creciente exigencia de satisfacción de índices de calidad en la energía suministrada hacen que surjan una amplia gama de problemas que la ingeniería electrónica y la ingeniería de control pueden abordar. Particularmente interesante es el papel que juegan las fuentes de energías renovables y alternativas en el sistema energético, papel fuertemente incentivado por las administraciones. Por ello resulta de interés la formación de profesionales que puedan analizar este tipo de problemas de control, proponer y diseñar soluciones a éstos y además puedan acometer la implementación electrónica de los mismos.

La ingeniería Mecatrónica es una disciplina basada en la combinación de forma sinérgica de diversos campos de la ingeniería como la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, la ingeniería de sistemas y la automática. El objetivo de esta ingeniería es el desarrollo de equipos y productos orientados a la fabricación de una forma integral y óptima. Es por lo tanto una disciplina avanzada que integra diversos campos de conocimiento para el desarrollo de máquinas y dispositivos con un alto grado de inteligencia. La formación de ingenieros en mecatrónica permitirá disponer de profesionales que den soluciones innovadoras e integrales a problemas complejos de la automatización de sistemas de producción.

Interés Académico

El interés académico de este título puede estar avalado por el éxito de los títulos más relacionados con aquí presentado que se han impartido en España en los últimos años. En primer lugar por los títulos de segundo ciclo de Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial y los de Ingeniero en Electrónica, que se ha venido impartiendo en un importante número de universidades españolas. También pueden servir como referencia las distintas especialidades asociadas a la Electrónica y la Automática en los distintos títulos de Ingeniería Industrial, así como los de Ingeniería Técnica, que ponen de manifiesto el importante número de alumnos interesados en desarrollar su carrera profesional en las áreas más vinculadas al título aquí presentado. Sin embargo estos títulos tienen un carácter más generalista que el título que aquí se presenta que tiene un fuerte carácter de especialización en electrónica, automatización, robótica, mecatrónica e ingeniería de control.

También existen numerosas referencias a títulos de otros países cuyos contenidos son similares a los aquí propuestos. En primer lugar conviene indicar que en el sistema anglosajón la ingeniería electrónica se considera una parte fundamental de la ingeniería eléctrica. En el aspecto académico, los numerosos grados y masters en ingeniería eléctrica de las universidades inglesas y norteamericanas, son, en gran medida, grados y masters en ingeniería electrónica.

A título de ejemplo, entre los grados con similares contenidos en otros países se puede destacar:

- Alemania
 - University of Stuttgart – ISW bachelor y Master (previsto 2011) <http://www.uni-stuttgart.de/studieren/angebot/autip/index.en.html>
 - TU München. Bachelor and Master Institut für Mechatronik Sheffield University. Mechatronics Bachelor and Master <http://www.shef.ac.uk/prospectus/courseDetails.do?id=3608352009>
- Francia
 - Polytech Montpellier. Electronique, Robotique, Informatique Industrielle.

<http://www.polytech-reseau.org/electronique-robotique-informatique-industrielle-spe21.html>

- Université des Sciences et Technologies de Lille - Maîtrise des Sciences et Techniques Physique et Applications Mesures et Contrôle.
<http://ustl.univlille1.fr/suaio/Formations/cycle2/mstmesuetcont.htm>
- Université Paul Sabatier (Toulouse) - License Sciences, Technologies, Santé. Mention Electronique, Electrotechnique Automatique. <http://www.ups-tlse.fr>
- Italia
 - Università di Bologna - Ingegneria dell'automazione / Ingegneria Elettronica. <http://www.unibo.it>
 - Politecnico di Milano - Ingegneria dell'automazione / Ingegneria Elettronica. <http://www.unibo.it>
- Estados Unidos
 - University of Illinois, Urbana College of Engineering, Robotics & Automation Laboratory
 - University of Washington, Seattle Robotics, Controls, and Mechatronics

Interés Científico

El interés científico de estas disciplinas se pone de manifiesto con la existencia de un gran número de investigadores trabajando en estas líneas, tanto en el ámbito nacional como internacional. En este sentido se pueden destacar las siguientes prestigiosas instituciones internacionales, dedicadas a la investigación científica en las áreas relacionadas con este título:

- Institute of Electrical and Electronic Engineers – IEEE de Estados Unidos: Dividido en varias sociedades, siendo las más vinculadas a este título las siguientes:
 - Industrial Electronics Society
 - Robotics and Automation Society
 - Control System Society
- Institution of Engineering and Technology – IET (anteriormente Institution of Electrical Engineers - IEE) del Reino Unido
- International Federation on Automatic Control – IFAC, de ámbito internacional y dedicada al control en su sentido más amplio.

Estas organizaciones organizan las más prestigiosas conferencias y reuniones técnicas dentro del campo de la Electrónica, Robótica, Control y Mecatrónica. También publican un importante número de revistas internacionales, situadas en los puestos relevantes en los índices ISI-JCR.

El interés científico y estratégico también se pone de manifiesto en las líneas de actuación de los diversos planes nacionales y europeos. Responden de esta manera a las necesidades sociales y muestran el interés científico de la investigación en Electrónica, Robótica, Control y Mecatrónica:

El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011 establece las Líneas Instrumentales de Actuación y Programas Nacionales,

Comisión Mixta para el desarrollo y seguimiento de titulaciones conjuntas Universidad de Sevilla-Universidad de Málaga

Las actividades de investigación y desarrollo contempladas en la Línea Instrumental de Proyectos de I+D+I, especialmente en el Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental y Programa Nacional de Proyectos de Investigación Aplicada, contempla, como “Diseño y Producción Industrial” y “Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones”, directamente relacionadas con la titulación que aquí se presenta.

El plan nacional también contempla entre sus cinco Acciones Estratégicas tres que tienen vinculación con el título aquí presentado: “Acción Estratégica de Energía y Cambio Climático”, “Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información”, “Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos Industriales”, especialmente las dos últimas

La Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información tiene entre sus líneas:

- Línea 1: Ámbitos temáticos que producen nuevos productos y sistemas de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información
 - Sublíneas: (...*electrónica y dispositivos: componentes y dispositivos, circuitos y subsistemas, técnicas transversales*”).

Por otro lado, la Acción Estratégica de Nanociencia y Nanotecnología, Nuevos Materiales y Nuevos Procesos incluye las líneas:

- Línea 2: Nanotecnologías para la información y las comunicaciones.
Sublíneas: (... Nanoelectrónica basada en semiconductores. Spintrónica. Materiales magnéticos para sistemas de almacenamiento masivo. Sistemas y dispositivos micro y nano electromecánicos (MEMS y NEMS) de aplicación en actuadores y sensores. Nanofotónica y materiales ópticos capaces de interactuar con circuitos electrónicos. Teoría, modelización y simulación de dispositivos de interés en nanoelectrónica, spintrónica, nanomagnetismo, etcétera.)
- Línea 6: Desarrollo y validación de nuevos modelos y estrategias industriales.
Sublíneas: (...Desarrollo de componentes con capacidad de autoajuste, autodiagnóstico y concepción modular. Herramientas para la integración, automatización y control avanzado de procesos. Sistemas de adquisición y emisión de datos, sensores y actuadores. Desarrollo de herramientas para el análisis y simulación de prototipos físicos y virtuales de productos, servicios y procesos. Nuevos procesos. Inspección y control. Sistemas de percepción. Visión artificial, tratamiento de imágenes y reconocimiento de formas. Robótica. Robots: autónomos; de servicio personal, social y profesional; rehabilitación, asistencial y ayuda médica; con alto grado de movilidad; de exteriores; para aplicaciones en defensa y seguridad; asistencia a la robótica industrial; sistemas multirobots; telerrobótica; comportamiento cognitivo y aprendizaje. Sistemas de ingeniería en entornos colaborativos y distribuidos. Logística y gestión de cadenas globales de suministro. ...)
- Línea 7: Explotación de tecnologías convergentes.
Sublíneas: (...Sistemas mecatrónicos inteligentes. Desarrollo de equipamiento para la producción (fabricación y montaje) de productos miniaturizados con interconexiones a escala nano y micro. Desarrollo de nuevos procesos de fabricación avanzados y/o procesos híbridos, adaptados a nuevas necesidades del producto y/o materiales más sostenibles, de mejores prestaciones etcétera. Cognition based control. ...).

Además de los planes nacionales cabe señalar las distintas iniciativas Europeas. En el Seventh Framework Programme (FP7), Programa ICT - INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES cabe destacar el “Challenge II: Cognitive Systems, Interaction, Robotics, Objective ICT-2009.2.1: Cognitive Systems and Robotics”, cuyo objetivo es compatible con la línea seguida en este título, así como el “Challenge 3: Components, systems, engineering”, que establece la

Investigación en este campo como uno de los retos para fomentar la cooperación internacional en sistemas de fabricación inteligentes (IMS). Las tecnologías desarrolladas en virtud de este desafío se espera que sean claves para satisfacer las necesidades económicas y sociales. También se muestran líneas de interés en el programa NMP - NOSCIENCES, NANOTECHNOLOGIES, MATERIALS AND NEW PRODUCTION TECHNOLOGIES particularmente en el área “New production and Integration”

Interés Profesional

En cuanto al interés profesional, cabe indicar la excelente expectativa de empleo de los egresados en las titulaciones más próximas anteriormente citadas: Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial y los de Ingeniero en Electrónica, así las distintas especialidades asociadas a la Electrónica y la Automática en los títulos de Ingeniería Industrial. Esto hace presuponer una demanda por parte de las empresas y administraciones públicas de los egresados de este título que parece asegurar el éxito en las salidas profesionales. Además es importante hacer notar la gran capacidad de reorientación que tendrán los graduados debido al carácter transversal de los contenidos del título.

El ingeniero formado en Electrónica, Robótica y Mecatrónica, puede por un lado, aplicar sus conocimientos al diseño de sistemas que introduzcan mejoras en procesos industriales, desarrollo de nuevos productos, mantenimiento de instalaciones industriales, etc, También son de especial relevancia en este título las aplicaciones de la electrónica y control a sistemas de energía y de la Mecatrónica a los sistemas de transporte, sin dejar de lado otros posibles ámbitos como son la industria aeroespacial, donde la Robótica va cobrando cada vez más importancia, la medicina, la agricultura, los procesos de distribución de mercancías. Por ello, un ingeniero en Electrónica, Robótica y Mecatrónica gozará de un alto nivel de formación en electrónica aplicada al campo del control y la automatización, la robótica, la automatización avanzada, los sistemas de fabricación integrados, la automatización y control de sistemas de energías renovables y en aspectos avanzados como la mecatrónica. Esta orientación es netamente distinta a la formación orientada al control de procesos que se imparte en otras ingenierías y permite explotar un nicho laboral diferenciado y prometedor.

Estos titulados pueden desarrollar sus actividades, en empresas privadas, en centros de investigación y desarrollo de organismos públicos y privados, así como en la Administración en el campo de la docencia.

Es importante destacar que el contexto actual está llevando al país a un replanteamiento del modelo productivo a nivel nacional que permita aumentar la contribución del sector industrial al PIB. Para ello se propone de forma unánime la necesidad de basar este desarrollo en la innovación tecnológica, tanto a nivel de procesos de fabricación como de productos y la mejora de la eficiencia de materias primas y energía, respetando el medio ambiente. En este contexto, la aparición de un grado de Ingeniería con intensificación en Electrónica, Robótica y Mecatrónica resulta muy adecuada para dar respuesta a futuras necesidades que este cambio de modelo tendrá aparejado.

Andalucía, respecto del tejido empresarial, se caracteriza principalmente por un número muy importante de pequeñas y medianas empresas, y un número más reducido de grandes empresas. En este ámbito, parece evidente la importancia que tiene la industria de la electrónica y la automatización de sus procesos productivos, y el interés del desarrollo de una industria propia en este campo.

Es de destacar la importancia de la Robótica en grandes industrias como la de automoción, también con presencia en Andalucía. Otro sector estratégico en el que está cobrando interés la Robótica es la industria aeronáutica. En la industria aeronáutica andaluza existen algunos ejemplos de esta robotización de alto nivel. La planta de Airbus en Puerto Real es un Centro de Excelencia en montajes automatizados de superficies sustentadoras de cola. La Línea de Ensamblaje Final (FAL) del modelo A400M de EADS-CASA en Sevilla cuenta con un conjunto de estaciones de montaje altamente

automatizadas, y sus plantas de El Puerto de Santa María y Tablada emplean en el montaje de sus aerestructuras tecnología robótica de última generación.

EN SU CASO, NORMAS REGULADORAS DEL EJERCICIO PROFESIONAL

No procede

**ANEXO EXPLICATIVO DE LAS DIFERENCIAS EN EL PERFIL DE LOS
EGRESADOS Y LAS DIVERGENCIAS EN LAS COMPETENCIAS DEL TÍTULO
PROPUESTO CON LOS TÍTULOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL
OFERTADOS POR LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA Y LA UNIVERSIDAD DE
SEVILLA**

Si bien es cierto que los grados en Ingeniería Electrónica Industrial (GIEI) y en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica (GIERM) cuentan con ciertas similitudes, estos títulos parten de una diferente concepción que hace que las competencias que adquiere el alumnado así como los contenidos de los diferentes módulos y materias se diferencien en la medida suficiente como para justificar la coexistencia de ambos títulos. Como indica la denominación del título GIEI, este grado tiene una fuerte vocación industrial estando enfocado a las aplicaciones de la electrónica y la automática al ámbito industrial y de fabricación. Por otro lado, el ámbito del GIERM es más amplio y engloba otro tipo de aplicaciones como son las orientadas al producto, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, etc. Se puede poner un ejemplo concreto (y por tanto quizás demasiado simplificador) en el caso de los automóviles. Es bien sabido que en la industria de automoción (fabricación) abundan los dispositivos robóticos, electrónicos y de automatización. Sin embargo, el papel de estos campos van más allá de la fabricación industrial del vehículo: el producto acabado incluye dispositivos electrónicos y de control (ABS, ESP, regulador de velocidad) que no se pueden considerar del ámbito "industrial" sino de otro ámbito más amplio (y, por tanto, con características y problemáticas distintas) que sería uno de los campos de aplicación del título que se propone. Por supuesto, en el GIERM también se considera el ámbito industrial pero éste tiene menos presencia que en el GIEI.

Por otro lado, el título que se propone se engloba dentro de un conjunto de títulos que se han diseñado para formar a profesionales dentro de perfiles demandados dentro del campus de excelencia Andalucía Tech. Son títulos que siguen la tónica de mezclar disciplinas diferentes para originar expertos versátiles y capaces de abordar sistemas más complejos, obedeciendo al signo de los tiempos. La necesidad del perfil del título propuesto se ha puesto de manifiesto con fuerza con la aparición del término 'Mecatrónica' del inglés 'Mechatronics' (más de 7,000,000 de entradas en google). Este término es relativamente poco conocido en España y, aunque pudiera englobar todo el perfil de la titulación, se ha querido hacer explícita la formación en Robótica, que no se limita a robots en entornos industriales sino que trata todo tipo de robots, y la ingeniería electrónica, que además de la formación para el profesional interdisciplinar que requiere la mecatrónica, amplía la formación para suplir la falta del ingeniero en electrónica, titulación de segundo ciclo presente en las universidades de Málaga y Sevilla que desaparece con el nuevo diseño de la educación universitaria.

Estas diferencias en la concepción de los títulos se reflejan en los contenidos y competencias de las distintas materias. Es cierto que tienen una parte común y así la formación básica es la

Comisión Mixta para el desarrollo y seguimiento de titulaciones conjuntas Universidad de Sevilla-Universidad de Málaga

común a las distintas ramas de la ingeniería y la formación básica en ciencias de la ingeniería tiene muchos puntos en común, pero sobre todo en los dos últimos cursos las diferencias son patentes como se resume a continuación.

Otra importante diferencia entre los planes de estudio es el grado de especialización. En el GIEI de la US el alumno solo cursa 18 créditos optativos (30 en la UMA) mientras que el GIERM cuenta con 48 créditos optativos (30 de ellos estructurados en 4 menciones) lo que permite al alumno alcanzar un mayor grado de especialización en los distintos ámbitos de la titulación. La parte común también cuenta con suficiente diferencia dado el distinto enfoque de las dos titulaciones.

A continuación se exponen las diferencias detalladas por módulos del GIERM.

Diferencias respecto al GIEI de la Universidad de Sevilla

- **Formación Básica en Ingeniería:** Obviamente no existen diferencias en este módulo.
- **Ciencias Básicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Control:**

Las diferencias entre estos módulos proceden de la distinta concepción de ambas titulaciones. Así, la titulación de Ingeniero en Electrónica Industrial tiende a cubrir la formación básica común a la rama industrial, incluyendo contenidos de ingeniería de materiales, cálculo de estructuras y procesos de fabricación que no son necesarios en la titulación de Ingeniero en Electrónica, Robótica y Control. Por otra parte, las asignaturas de electrónica y automática de esta formación común se centran, en el GIEI en los aspectos industriales y en las aplicaciones a problemas de la industria, mientras que en la segunda se orientan hacia el mundo de la robótica y la mecatrónica, tanto en el entorno industrial como fuera del mismo (vehículos, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, etc., siempre en relación con el mundo de la robótica y la mecatrónica). Cuantificando las diferencias: El GIERM cursa 3 créditos menos de las materias comprendidas en la Formación Común a las Rama Industrial (FCRI)-I que el GIEI. El GIERM no cursa materias de Ciencia de los Materiales y no considera de manera específica el conocimiento de las tecnologías medioambientales y sostenibilidad, ni la aplicación específica al entorno de la ingeniería industrial de los problemas considerados en la FCRI-II del GIEI. En cuanto al módulo FCRI-III, nuevamente nos encontramos con un enfoque puramente industrial en el GIEI y un enfoque más amplio en el GIERM, que considera en mayor detalle aspectos más básicos relacionados con dispositivos, en el caso de la electrónica, y su modelado, y en el modelo de sistemas, en el caso de la automatización. Respecto a la FCRI-IV, el GIERM no considera los aspectos relacionados con las construcciones industriales. En la FCRI-V las diferencias vienen fundamentalmente de los procesos de fabricación, que no forman parte del módulo correspondiente en el GIERM. Nótese que la asignatura de Proyectos I, junto con la de Proyectos II se corresponde, si bien con muchos menos contenidos, con la de Proyectos Integrados del GIERM, mostrando de nuevo la diferente orientación de ambas titulaciones. Resumiendo, en estos módulos podemos considerar que hay 30 créditos comunes (9 en Formación Común de Rama Industrial I, 0 en la Formación Común de Rama Industrial II, 6 en la Formación Común de Rama Industrial III, 9 en la Formación Común de Rama Industrial IV y 6 en la Formación Común de Rama Industrial V). Por tanto la diferencia sería de 21 créditos en este módulo.

- **Módulo de Tecnologías Específicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Mecatrónica**

Las principales diferencias correspondientes a este módulo vienen nuevamente de la diferente concepción de ambos grados. En el caso del GIERM se da una gran importancia a los fundamentos de robótica y a sus aplicaciones, que tienen un tratamiento mínimo en el GIEI. También hay diferencias que proceden del diferente ámbito de aplicación de ambos grados. Así, en el GIERM se considera de manera específica una asignatura de Arquitectura de Redes y se dedica una atención especial al procesamiento de la información que resulta necesario para las aplicaciones de

electrónica, robótica y mecatrónica. También, a diferencia del GIEI, se dedica un apartado especial en el GIERM a la organización y gestión de la producción, profundizando en los aspectos que se presentaron de una manera básica en el módulo de formación básica en la ingeniería. Cuantificando estas diferencias podemos decir que hay 36 créditos comunes en estos módulos: 10.5 en el módulo ETEI-I, 10.5 en el módulo ETEI-II, 6 en el módulo ETEI-III, 3 en el OEI-I y 6 en el OEI-II. Por tanto la diferencia correspondiente a este módulo del GIERM es de 33 ECTS.

- No hay correspondencia en el GIERM para el módulo de formación complementaria del GIEI.
- **Módulos de mención¹:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 30 ECTS.
- **Módulo de Prácticas en empresa, movilidad y optativas transversales:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 18 ECTS.

Como resumen, la diferencia estimada, medida en créditos es de 102 ECTS que corresponde al 42.5% (coincidencia del 57.5%) de los 240 ECTS que debe cursar el alumno. Todo ello sin contar en las diferencias los 12 créditos del trabajo fin de grado, que podrían considerarse como no coincidentes al tratarse de trabajos con contenidos distintos correspondientes a titulaciones con enfoques distintos.

Diferencias respecto al GIEI de la Universidad de Málaga

- **Formación Básica en Ingeniería:** Obviamente no existen diferencias en este módulo.
- **Ciencias Básicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Control:**

Una vez más, las diferencias entre estos módulos proceden de la distinta concepción de ambas titulaciones. Así, la titulación de Ingeniero en Electrónica Industrial tiende a cubrir la formación básica común a la rama industrial, incluyendo contenidos de ciencia de materiales, cálculo de estructuras e ingeniería de la fabricación que no son necesarios en la titulación de Ingeniero en Electrónica, Robótica y Control. Por otra parte, las asignaturas de electrónica y automática de esta formación común se centran en el GIEI en los aspectos industriales y en las aplicaciones a problemas de la industria, mientras que en la segunda se orientan hacia el mundo de la robótica y la mecatrónica, tanto en el entorno industrial como fuera del mismo (vehículos, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, sistemas electro-mecánicos, etc., siempre en relación con el mundo de la robótica y la mecatrónica). Cuantificando las diferencias: El GIERM cursa 12 créditos menos de las materias comprendidas en la Formación Común a las Rama Industrial (FCRI)-I que el GIEI (el GIERM no cursa materias de Ciencia de los Materiales ni Ingeniería de la Fabricación). El GIERM no considera de manera específica el conocimiento de las tecnologías medioambientales y sostenibilidad, ni la aplicación específica al entorno de la ingeniería industrial de los problemas considerados en la FCRI-II del GIEI. En cuanto al módulo FCRI-III, nuevamente nos encontramos con un enfoque puramente industrial en el GIEI y un enfoque más amplio en el GIERM, que considera en mayor detalle aspectos más básicos relacionados con dispositivos y su modelado, en el caso de la electrónica, y en el modelado de sistemas, en el caso de la automatización. Respecto a la FCRI-IV, el GIERM no considera los aspectos relacionados con las instalaciones industriales. En la FCRI-V las diferencias vienen fundamentalmente del carácter industrial del GIEI. Nótese que la asignatura de Oficina Técnica del GIEI está orientada a “proyectos

¹Se incluyen en la comparación también los módulos optativos por razones obvias. Si solamente se considera la parte obligatoria, titulaciones indiscutibles distintas tales como por ejemplo el Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales y el Grado en Ingeniería Aeroespacial serían prácticamente idénticas.

Comisión Mixta para el desarrollo y seguimiento de titulaciones conjuntas Universidad de Sevilla-Universidad de Málaga

industriales” mientras que la asignatura Proyectos Integrados del GIERM tiene un carácter mucho más genérico, mostrando de nuevo la diferente orientación de ambas titulaciones. La asignatura de Ingeniería Gráfica en Electrónica en el GIEI no tiene homóloga en el GIERM. Resumiendo, en estos módulos podemos considerar que hay 32 créditos comunes (0 en Formación Común de Rama Industrial I, 6 en la Formación Común de Rama Industrial II, 13 en la Formación Común de Rama Industrial III, 10 en la Formación Común de Rama Industrial IV y 3 en la Formación Común de Rama Industrial V). Por tanto la diferencia sería de 19 créditos en este módulo.

- **Módulo de Tecnologías Específicas de la Ingeniería en Electrónica, Robótica y Mecatrónica**

Las principales diferencias correspondientes a este módulo vienen nuevamente de la diferente concepción de ambos grados. En el caso del GIERM se da una gran importancia a los fundamentos de robótica y a sus aplicaciones, que tienen un tratamiento mínimo en el GIEI. También hay diferencias que proceden del diferente ámbito de aplicación de ambos grados. Así, en el GIERM se considera de manera específica una asignatura de Arquitectura de Redes y se dedica una atención especial al procesamiento de la información que resulta necesario para las aplicaciones de electrónica, robótica y mecatrónica. También, a diferencia del GIEI, se dedica un apartado especial en el GIERM a la organización y gestión de la producción, profundizando en los aspectos que se presentaron de una manera básica en el módulo de formación básica en la ingeniería. Además en el GIERM no se estudian circuitos integrados. Obsérvese el carácter industrial del FEIEI-III ya que ese adjetivo aparece en 3 de sus 4 asignaturas. Cuantificando estas diferencias podemos decir que hay 36 créditos comunes en estos módulos: 15 en el módulo FEIEI-I, 7 en el módulo FEIEI-II, 10 en el módulo FEIEI-III, 4 en el FEIEI-IV. Por tanto la diferencia correspondiente a este módulo del GIERM es de 33 ECTS.

- **Módulos de mención:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 30 ECTS.
- **Módulo de Prácticas en empresa, movilidad y optativas transversales:** Prácticamente no existe correspondencia entre este módulo del GIERM en el grado de GIEI. Por tanto la diferencia aquí es de 18 ECTS.

Como resumen, la diferencia estimada, medida en créditos es de 100 ECTS que corresponde al 41.7% (coincidencia del 58.3%) de los 240 ECTS que debe cursar el alumno. Todo ello sin contar en las diferencias los 12 créditos del trabajo fin de grado, que podrían considerarse como no coincidentes al tratarse de trabajos con contenidos distintos correspondientes a titulaciones con enfoques distintos.

Competencias

En cuanto a las competencias, se han clarificado las denominaciones de algunas de ellas para dejar mejor constancia de las diferencias que reflejan los contenidos ya que en la memoria original no estaban suficientemente precisadas.

Cambios en la denominación de competencias:

- ES04 Conocimiento y capacidad para el modelado y simulación de sistemas dinámicos.
- ES05 Conocimientos de principios y aplicaciones de los sistemas robotizados tanto para aplicaciones dentro de la industria como fuera de ella.
- ES06: Capacidad para diseñar sistemas de control y automatización tanto en entornos industriales como fuera de ellos (vehículos, medios de transporte, telecomunicaciones, edificios y vivienda, sistemas multimedia, etc.)
- MR03 Conocimiento aplicado de informática en tiempo real y comunicaciones en automatización.
- MI04 Capacidad para diseñar circuitos y sistemas de control

- **MV04 Conocimiento aplicado de informática en tiempo real en vehículos.**

2.2.- REFERENTES EXTERNOS A LA UNIVERSIDAD PROPONENTE QUE AVALEN LA ADECUACIÓN DE LA PROPUESTA A CRITERIOS NACIONALES O INTERNACIONALES PARA TÍTULOS DE SIMILARES CARACTERÍSTICAS ACADÉMICAS

Durante la elaboración del plan de estudios, se han consultado los siguientes referentes externos:

1. Planes de estudios de Ingeniería en Electrónica Industrial, o Ingeniería en Electrónica y Automática ya aprobados por la ANECA e implantados en distintas universidades españolas.
2. Planes de estudios de otras universidades extranjeras referentes de calidad e interés contrastados.
3. Adicionalmente, se ha utilizado una larga lista de referentes que permiten avalar la propuesta y entre los que cabría enumerar los siguientes:
 - o Libro blanco de las titulaciones de la Rama de Ingeniería industrial de la ANECA
 - o Referentes de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) de marzo de 2009, para el diseño de planes de estudios universitarios.
 - o Acuerdos de la conferencia de directores de E.T.S. de Ingeniería Industrial
 - o Plan de estudios actual del Grado en Ingeniero de las Tecnologías Industriales de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla y de la ETS de Ingeniería Industrial de la Universidad de Málaga.
 - o El proyecto Tuning – Tuning Educational Structures in Europe.
 - o Libro blanco del control automático del Comité Español de Automática (CEA).

Los referentes externos de estudios en Ingeniero Electrónico, de Control y Sistemas son frecuentes en el ámbito Internacional, abordando estudios de niveles de Grado, Máster y Doctorado. En este estudio se harán referencia esencialmente a los programas de grado vigentes, aunque la mayoría suelen disponer también programas de posgrado, que en algún caso constituyen titulaciones de tipo master integrado (Grado + Máster)

Referentes Internacionales.

La mayoría de las Universidades de prestigio Europeas disponen de educación de Grado y Postgrado en este ámbito.

University of Stuttgart – ISW bachelor y Master (previsto:2011)

<http://www.uni-stuttgart.de/studieren/angebot/autip/index.en.html>

Loughborough University. Grado en Ingeniería de Sistemas.

<http://www.lboro.ac.uk/departments/el/undergraduate/systems-engineering.html#tab=xtra1>

Master on Mechatronics

<http://www.lboro.ac.uk/departments/mm/post-graduate/mechatronics.html>

Cornell University. Grado en Ingeniería de Sistemas.

<http://systemseng.cornell.edu/people.html>

FH Aachen Aachen University of Applied Sciences. Dept. Mechanical Engineering and Mechatronics
Mechatronics Diploma y Master. <http://www.fh-aachen.de/8575.html?&L=1>.

FH Bochum. Mechatronics Diploma y Master

**Comisión Mixta para el desarrollo y seguimiento de titulaciones conjuntas
Universidad de Sevilla-Universidad de Málaga**

[Mechatronik-Zentrum NRW](#)

TU Dresden. Mecatronics Bachelor and Master [Studiengang MECHATRONIK](#)

Warsaw Technology University. Mechatronics Bachelor and Master
<http://www.mchtr.pw.edu.pl/eng/index.html>

Brno University of Technology. Mechatronics Bachelor and Master
(http://www.vutbr.cz/index.php?gm=gm_detail_oboru&oid=5317&wapp=portal&parent=2&tail=2&lang=1)..

TU München. Bachelor and Master [Institut für Mechatronik](#)

Sheffield University. Mechatronics Bachelor and Master
<http://www.shef.ac.uk/prospectus/courseDetails.do?id=3608352009>

Evora University (Portugal) [Engenharia Mecatronica](#)

Tallinn University of Technology, Estonia. Mechatronics Bachelor y Master
<http://deephought.ttu.ee/mehaanika/index.php?id=2&ids=25&k=1>

University of Southern Denmark [Mads Clausen Institute, Sonderborg](#)

University of California, Berkeley [Mechatronics Program of the Department of Mechanical Engineering](#)

Foshan University, China [School of Mechatronics](#)

University of Illinois, Urbana [College of Engineering, Robotics & Automation Laboratory](#)

University of Washington, Seattle [Robotics, Controls, and Mechatronics](#)

University of Waterloo (Canada) [UW Engineering Mechatronics Option](#)

Referentes nacionales

Dentro de las titulaciones de posgrado, en España cabe destacar:

- Programa de Doctorado Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Castilla la Mancha, <http://www.uclm.es/mecatronica/>
- Programa de Doctorado Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Málaga, <http://www.isa.uma.es/mecatronica> ambos programas con Mención de Calidad.

Asimismo hay que considerar el

- “Erasmus Mundus Master in Mechatronic and Micro-Mechatronic Systems (EU4M)” formado por tres socios Europeos: Universidad de Oviedo. Campus Politécnico de Gijón (España), ENSMM: École Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques de Besançon, (France), HSKA: Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft, Karlsruhe, Germany (Coordinator). <http://www.eu4m.org/>

Existen pocos precedentes a nivel nacional. Es de destacar el Grado en Ingeniería Mecatrónica de la Universitat de Vic (<http://www.uvic.cat/es/estudi/61>) de un perfil muy similar al que se solicita. En esta página web se dice:

El Grado en Ingeniería Mecatrónica trabaja de manera interdisciplinaria técnicas y conocimientos de mecánica, electrónica, control e informática para concebir nuevas maneras de producir, desarrollar nuevos productos y de diseñar nuevas máquinas. Forma profesionales con capacidad de integrar conocimientos de estas disciplinas para ofrecer soluciones que vayan más allá de las que se pueden

obtener con cada una por separado.

El Grado es el primero que se imparte en el marco universitario español. Tiene el aval empresarial de más de 70 entidades: empresas, consejos empresariales, asociaciones de empresarios, patronales, cámaras de comercio, centros tecnológicos y ayuntamientos.

Existen también programas muy cercanos en contenidos, o con módulos similares, pero con otras denominaciones como los siguientes doctorados y másteres:

- **Universidad Politécnica de Madrid: “Programa de Postgrado en Automática y Robótica”**
<http://www.disam.upm.es/~posgrado/> ,
- **Universidad Carlos III de Madrid: “Máster en Robótica y Automatización”**
http://www.uc3m.es/portal/page/portal/postgrado_mast_doct/masters/robotica_automatizacion
- Universidad de Sevilla: “Máster en Automática, Robótica y Telemática”
<http://www.us.es/doctorado/programas/ingenierias/automatica>,
- Universidad Politécnica de Cataluña, “Máster en Automática y Robótica”,
http://www.upc.edu/estudis-upc/masters-ees/fitxa_master.php?id_estudi=22&id_titulacio=86&lang=esp&cerca=6
- Universidad de Alicante y Universidad de Elche
<http://www.aurova.ua.es/cursos/interdoc/index.html>
- Universidad de Valencia “Programa de Postgrado de Automática, Robótica e Informática Industrial” <http://www.maii.upv.es/?q=/master/index>
- Universidad de Valladolid, “Ingeniería de procesos y sistemas”
<http://www.uva.es/uva/files/tercerciclo/programas/C27.pdf>
- Universidad de Málaga “Master en Ingeniería Mecatrónica”
<http://mastermecatronica.uma.es>

2.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE CONSULTA INTERNOS Y EXTERNOS UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

2.3.1.- Procedimientos de consulta INTERNOS

El presente plan de estudios se ha elaborado en el marco del Campus de Excelencia Internacional ANDALUCÍA TECH. Dentro de este proyecto, y con el objetivo principal de fortalecer la docencia de excelencia dentro de las actividades propias del Campus, se establece el desarrollo de un ambicioso plan de mejora docente y adaptación al EEES.

El citado proyecto incluye la creación de una nueva oferta de titulaciones oficiales conjuntas, según lo establecido en el Acuerdo Marco firmado el 25 de Octubre de 2010 entre las Universidades de Málaga y Sevilla. De acuerdo con este acuerdo, el 26 de Octubre de 2010 se constituyó la Comisión Mixta de seguimiento, compuesta por los Rectores, los Vicerrectores de Ordenación Académica, de Investigación y de Transferencia Tecnológica, y los Directores de Planes de Estudios de ambas Universidades.

En su sesión constitutiva, y de acuerdo con las competencias conferidas en el referido Acuerdo Marco, la Comisión Mixta estableció la creación del presente Grado, propuso el Acuerdo Específico de

Comisión Mixta para el desarrollo y seguimiento de titulaciones conjuntas Universidad de Sevilla-Universidad de Málaga

colaboración que recoja los requisitos establecidos en el Real Decreto 1393/2007, modificado por el Real Decreto 861/2010, y designó a la Comisión de Expertos encargada de la elaboración del plan de estudios y del proyecto de la memoria para la verificación del título.

La Comisión de Expertos está compuesta por los siguientes miembros::

- Vicerrector de Transferencia Tecnológica de la US
- Catedrático del área de conocimiento Ingeniería de Sistemas y Automática de la US
- Catedrático de Ingeniería Electrónica de la US
- Director del Secretariado de Investigación y Transferencia de la UMA
- Catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática de la UMA
- Profesor Titular de Electrónica de la UMA

La Comisión de expertos ha sido la encargada de la elaboración del anteproyecto de la memoria de Grado, celebrando para ello diversas reuniones de trabajo en la que ha ido llegando a consensos parciales que finalmente han conducido a la propuesta final. Han contando con la asesoría de diferentes miembros de las dos Universidades y de expertos externos (véase debajo). Este anteproyecto consiguió un amplio consenso de los dos Universidades implicadas.

A continuación, se inició un procedimiento de difusión y consultas tanto internas (Departamentos, alumnos y PAS de ambas sedes del Campus) como externas (véase debajo). Para ello, la memoria estuvo disponible en la página web de ambas Universidades y se recibieron diferentes alegaciones por parte de Profesores, Áreas docentes o Departamentos, fundamentalmente en aspectos relacionados con la modificación de descriptores de asignaturas, cambio en la denominación de las mismas, así como inclusión de nuevas asignaturas optativas

Pasado el plazo de recepción de alegaciones, la Comisión Mixta se reunió de nuevo el día 21 de Febrero de 2011, analizándose las sugerencias, y aceptándose/rechazándose las mismas según procediese. La comisión elaboró un informe con todas las alegaciones y sus respuestas. Todas las alegaciones fueron contestadas de oficio. La Comisión Mixta se encargó también de realizar las modificaciones oportunas en la memoria de verificación, que quedó de nuevo visible públicamente hasta la aprobación final en las Consejos de Gobiernos de ambas Universidades, los días 25 de Febrero de 2011 (Universidad de Sevilla) y 8 de Marzo de 2011 (Universidad de Málaga).

2.3.2.- Procedimientos de consulta EXTERNOS

Comisión Mixta para el desarrollo y seguimiento de titulaciones conjuntas Universidad de Sevilla-Universidad de Málaga

Uno de los elementos de consulta externos han sido los libros blancos. Durante el proceso de elaboración de los mismos, se incluyó en las comisiones a representantes de colegios profesionales y/o empresas e instituciones afines a la naturaleza del título.

Igualmente, la Universidad de Sevilla encargó un proyecto de análisis estratégico para la convergencia europea que contemplaba entre sus objetivos valorar para cada una de las titulaciones las competencias genéricas que los empleadores y agentes sociales consideraban básicas en la formación de los estudiantes universitarios. En dicho estudio participaron tanto empleadores públicos y privados, como poderes públicos, colegios profesionales y asociaciones de diverso tipo. Las conclusiones de ese estudio han servido de base para orientar las propuestas de título.

Adicionalmente, en el largo proceso de elaboración de esta propuesta, en la ETSI de la US se han realizado diversas consultas externas tanto en el mundo empresarial como en el ámbito académico, contando con el asesoramiento de representantes del mundo empresarial que contratan habitualmente a egresados del perfil que pretende cubrir de forma más específica esta titulación.

Asimismo, conviene destacar la organización en la ETSI de la US de las jornadas:

- “Mesa Redonda: La Ingeniería en el Marco de Bolonia. Nuevos Títulos y su Implantación”, 12 de diciembre de 2008.
- “Jornada: Experiencias en Diseño e Implantación de los Nuevos Grados en Ingeniería”, 11 de diciembre de 2009.

que han permitido intercambiar experiencias con otras universidades españolas.

Cabe destacar la organización en la ETSII de la UMA de una mesa redonda sobre el Espacio Europeo de Educación Superior el 28 de mayo del 2010, en la que participaron el Director de la Technische Universität Dresden y miembros del equipo de dirección de la Brno University of Technology y la Wroclaw University of Technology (http://www.etsii.uma.es/descargas/mesa_redonda_EEES.pdf).

Se han utilizado los documentos de trabajo correspondientes a la *Red de Excelencia* del VI Framework Programme (FP6) IST-EUMECHA-PRO (2005 –2007) “European Mechatronics and Intelligent Manufacturing” <http://www.eumecha.org/about.htm>.

Los Documentos de trabajo correspondientes a la Red de Excelencia del VI Framework Programme (FP6) IST-EURON-II (2006-2008) “European Robotics Research Network” <http://www.euron.org/> y de EURON-3 (desde Marzo de 2008)

Los Documentos de trabajo de la red MANUFUTURE-EU <http://www.manufuture.org/>
Manufuture: Andrea Gentile DG RTD Directorate Industrial Technologies, European Commission Seventh Framework Programme Vertical Actions: Mechatronics and Intelligent Manufacturing (Belgium/Greece).
<http://www.manufuture.org/documents/Manufuture%20SRA%20web%20version.pdf>

Informes del International Council of System Engineering, INCOSE (Reino Unido)

Informes de la Comisión Europea: “MECHATRONICS: Key Technology for the factory of the future in Europe” EUROPEAN COMMISSION DG Research Christos TOKAMANIS. G2 «New GenerationProducts».

Informes y objetivos de la “*International Network of Mechatronics Universities*” <http://www.mechatronics-net.de/> Esta red persigue intercambiar experiencias de educación e investigación en Mecatrónica, de la que participan más de 100 instituciones de todo el mundo. La intención de la red es promover el intercambio de estudiantes, de conocimientos, las colaboraciones en investigación, y el desarrollo del “Annual Workshop on Research and Education in Mechatronics” <http://www.mechatronics-net.de/?part=main&site=InternationalAnnual>

Los trabajos e informes del DLR – Institute of Robotics and Mechatronics, Prof. Gerd Hirzinger, Gerhard Grunwald, Wesling – Germany www.robotic.dlr.de

**Comisión Mixta para el desarrollo y seguimiento de titulaciones conjuntas
Universidad de Sevilla-Universidad de Málaga**

También se ha utilizado el Informe Leonardo Da Vinci WP 130 State of the art Report "Education and training in mechatronics in Europe and access for deaf people" Country reports from Austria, Czech Republic, Italy, Spain, Lithuania and United Kingdom. Centrado en la accesibilidad de estos programas a personas con discapacidades auditivas.

Los informes del grupo de Trabajo en Mecatrónica de la "Institution of Mechanical Engineers", (IMechE) United Kingdom: <http://www.imeche.org/industries/mic/about/mechatronics-working-group/>

Los informes, publicaciones y Journals de las sociedades de "Robotics and Automation, (RAS)" y de "Industrial Electronics (IES) del "IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers <http://www.ieee.org> y del IFAC: International Federation of Automatic Control <http://www.ifac-control.org/>