

# La Enseñanza de Electrónica en los Dos Primeros Cursos de los Grados de Telecomunicación: Comparativa con Universidades Españolas y Extranjeras

Ana De Andrés Rubio  
Dpto. Electrónica UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[ana.denadres@uah.es](mailto:ana.denadres@uah.es)

Marisol Escudero Hernanz  
Dpto. Electrónica UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[marisol.escudero@uah.es](mailto:marisol.escudero@uah.es)

Ernesto Martín Gorostiza  
Dpto. Electrónica UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[ernesto.martin@uah.es](mailto:ernesto.martin@uah.es)

Javier Macías Guarasa  
Dpto. Electrónica UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[javier.maciasguarasa@uah.es](mailto:javier.maciasguarasa@uah.es)

Hilario Gómez  
Dpto. Teoría de la Señal y  
Comunicaciones UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[hilario.gomez@uah.es](mailto:hilario.gomez@uah.es)

Germán Ros Magán  
Dpto. Física y Matemáticas UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[german.ros@uah.es](mailto:german.ros@uah.es)

Jose Manuel Arco Rodriguez  
Dpto. Automática UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[josem.arco@uah.es](mailto:josem.arco@uah.es)

Sergio Lafuente Arroyo  
Dpto. Teoría de la Señal y  
Comunicaciones UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[sergio.lafuente@uah.es](mailto:sergio.lafuente@uah.es)

Roberto S. Costas Santos  
Dpto. Física y Matemáticas UAH  
Universidad de Alcalá  
Alcalá de Henares  
[roberto.costas@uah.es](mailto:roberto.costas@uah.es)

M. Concepción Batanero Ochaita  
Dpto. Automática UAH  
Universidad de Alcalá  
[concha.batanero@uah.es](mailto:concha.batanero@uah.es)

**Abstract**— El trabajo que se presenta recoge el estudio realizado por un amplio grupo de profesores cuya carga docente recae principalmente sobre asignaturas de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alcalá. En él, se realiza un análisis de las asignaturas de electrónica que se imparten en los dos primeros cursos de los Grados de Telecomunicación de la Universidad de Alcalá y se comparan con las asignaturas con contenido de electrónica de otras universidades, tanto españolas como extranjeras. La comparación ha contemplado el contenido de dichas asignaturas, su ubicación en el plan de estudios y los créditos asignados a la materia, con el objetivo de proponer mejoras en el plan de estudios actual de la UAH. Con esto se busca una mayor compatibilidad con los títulos existentes en otras universidades del Espacio Europeo de Educación Superior. El cambio propuesto no implica reducción de contenidos ni de capacidad docente de los departamentos implicados, pero sí implica una reorganización temporal de algunas asignaturas que resulta más coherente. Con la propuesta realizada también se pretende una mayor coordinación de los contenidos de asignaturas pertenecientes a diferentes departamentos, ayudando al estudiante a relacionar conceptos. De esta forma se pretende aumentar la tasa de éxito de los estudiantes y reducir el número de abandonos de las titulaciones.

**Keywords**—Docencia de Electrónica, Grado en Ingeniería, Telecomunicación.

## I. INTRODUCCIÓN

La construcción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), fundamentado en la declaración de Bolonia, firmada en 1999, ha supuesto una reforma importante en los planes de estudio de las titulaciones universitarias que existían en España. El objetivo último de EEES, era facilitar la movilidad de estudiantes, profesores y titulados, entre todos los países miembros [1], y en la propia declaración no se establece como objetivo declarado, la reforma de los contenidos y materias de las titulaciones universitarias que existían hasta el momento. Sin embargo, en España la entrada en vigor de la nueva normativa, ha supuesto un cambio profundo en la estructura de las titulaciones universitarias, en los contenidos y en las metodologías con las que se imparten los nuevos grados. Todo esto debido a la búsqueda por parte de Universidades españolas de una mayor compatibilidad con los títulos existentes en otros países [2].

Desde la publicación del Real Decreto de reforma universitaria [3], han pasado unos cuantos años de implantación de los nuevos grados, y se podría hacer una valoración sobre la calidad de los nuevos planes de estudio de ingeniería de las nuevas titulaciones. En este trabajo en concreto, se analizan la ubicación y los contenidos de las asignaturas de electrónica en las titulaciones de ingeniería impartidas en la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Alcalá (UAH), donde se ha producido un progresivo descenso del alumnado y una tasa de abandono alta en los grados de ingeniería relacionados con telecomunicación. Para ello, debido al carácter común de los dos primeros cursos

de los cuatro grados impartidos en la UAH, todo este análisis se restringe a estos cursos, que son por otra parte los que determinan en gran medida las tasas de éxito de los grados.

En el análisis realizado en este trabajo, se ha contado con la colaboración de un amplio grupo de profesores de diferentes departamentos de la escuela, de forma que la enseñanza de la electrónica se ha enfocado desde diferentes puntos de vista.

La metodología seguida en el trabajo ha permitido identificar y contrastar la información de los grados de diferentes universidades. En primer lugar se han tomado como referencia universidades españolas, puesto que son las que imparten estudios similares en el área, y están sujetas a la misma regulación general. No obstante, se ha ampliado el estudio a algunas universidades extranjeras, escogidas por su prestigio en el ámbito de la tecnología. La metodología utilizada y los resultados obtenidos se describen a continuación.

## II. COMPARATIVA DE CRÉDITOS Y ASIGNATURAS DE ELECTRÓNICA POR UNIVERSIDADES.

Los contenidos de electrónica en los dos primeros cursos de ingeniería de telecomunicación se pueden clasificar en dos grandes grupos: las materias con contenidos de electrónica analógica y las asignaturas con contenidos de electrónica digital. Estas dos grandes áreas se concretan en diferentes asignaturas que pretenden dar una formación básica en electrónica al alumnado para que puedan abordar el estudio de asignaturas que unifican las dos materias en cursos superiores.

En la UAH, se imparten los grados de Ingeniería Telemática, Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación, Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación e Ingeniería en Electrónica de Comunicaciones, grados asociados a Telecomunicación que tienen comunes los dos primeros cursos. Al diversificarse la oferta de grados en las universidades españolas, no todos los grados son iguales ni se nombran igual aunque sean equivalentes, por lo que se ha tomado como referencia el grado en Sistemas de Telecomunicación de la UAH y se ha comparado con los grados equivalentes en otras universidades.

Las Universidades españolas contrastadas son madrileñas (Autónoma de Madrid (UAM), Carlos III de Madrid (UC3M), Politécnica de Madrid (UPM), Rey Juan Carlos (URJ)), y del resto de España (Autónoma de Barcelona (UAB), Politécnica de Cataluña (UPC), Politécnica de Valencia (UPV), Cantabria (UNICAN) y Vigo (UV)). [4-12] Pero también se ha querido contrastar con universidades extranjeras de prestigio, para ver la competencia de nuestros grados en el extranjero. Como universidades extranjeras se han seleccionado Universidades europeas que también se encuentran dentro del EEES y que son referentes en este área, como son la Universidad de Cambridge, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Escuela Politécnica Federal de Zurich (ETH), Universidad de Oporto (FEUP), Imperial College de Londres (ICL), Politécnico de Milán (POLIMI), Technical University of Munich (TUM), Universidad de Nottingham y Metropolia de Finlandia. [13-22]

En el plan de estudios de la universidad de Alcalá, las enseñanzas de electrónica se dividen en varias asignaturas. En

el primer cuatrimestre de primer curso, se encuentra la primera asignatura de electrónica: Electrónica Digital. En esta asignatura se desarrollan conceptos básicos de electrónica digital, abarcando temas como el álgebra de Boole, puertas lógicas básicas, desarrollo de funciones lógicas, sistemas combinacionales y sistemas secuenciales, todos ellos abordados desde un punto de vista de circuitos discretos. La última parte de la asignatura se dedica al diseño de máquinas de estados, utilizando máquinas de Moore y Mealy. Como se verá más adelante estas materias aparecen de forma recurrente en todas las universidades consultadas, aunque con diferentes grados de profundidad.

La siguiente asignatura de electrónica que se imparte, es Electrónica Básica donde se abordan contenidos de electrónica analógica. Se comienza estudiando amplificadores operacionales y configuraciones básicas, y se desarrollan también temas dedicados a dispositivos basados en semiconductor: diodos y transistores. Esta asignatura se ubica en el primer cuatrimestre de segundo curso y se imparte a la vez que Sistemas Electrónicos Digitales (SED). La continuación de Electrónica Básica es la asignatura de Electrónica de Circuitos (EC), donde se estudia la respuesta en frecuencia de las configuraciones amplificadoras vistas en la asignatura anterior, amplificación en etapas, etapas de potencia, realimentación, estabilidad y conversión A-D y D-A. En la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales, se usan conocimientos de electrónica digital y algunos conceptos de electrónica Básica, para estudiar sistemas digitales basados en microprocesadores. Estas cuatro asignaturas completan la formación básica de electrónica para poder abordar asignaturas que aúnan ambos conocimientos en electrónica analógica y digital, como Sistemas Electrónicos Digitales Avanzados que se da en el tercer curso del Grado de Electrónica de Comunicaciones. En total los créditos dedicados a asignaturas de electrónica en los dos primeros cursos de los grados de telecomunicación son 24 ECTS repartidos en 4 asignaturas de 6 créditos cada una.

El procedimiento para realizar una primera comparación con universidades españolas, ha consistido en consultar las guías docentes publicadas de las asignaturas que tuvieran contenido de electrónica en los dos primeros cursos de los grados más parecidos que se encontraron en las universidades consultadas. Se han comparado los contenidos de las asignaturas de la UAH, con las asignaturas de las universidades elegidas. En una primera aproximación, los contenidos son muy similares, aunque distribuidos en diferente cantidad de asignaturas y con diferentes créditos dedicados a cada asignatura. En la fig. 1 se han representado la cantidad de créditos totales que se dedican a asignaturas con contenido de electrónica en los dos primeros cursos de los grados equivalentes de Sistemas de Telecomunicación en las universidades españolas elegidas. La media de créditos dedicados a asignaturas con contenido de electrónica se establece alrededor de 24 créditos. Como puede observarse, la UAH se sitúa justo en la media, y se distinguen claramente tres universidades, UAM, UPV y UAB, que tienen créditos de electrónica por encima. La que más destaca en este aspecto es la UAB con 37,5 créditos. Se verá más adelante, que se debe a la carga alta de asignaturas de electrónica que posee el grado, a partir del segundo curso.

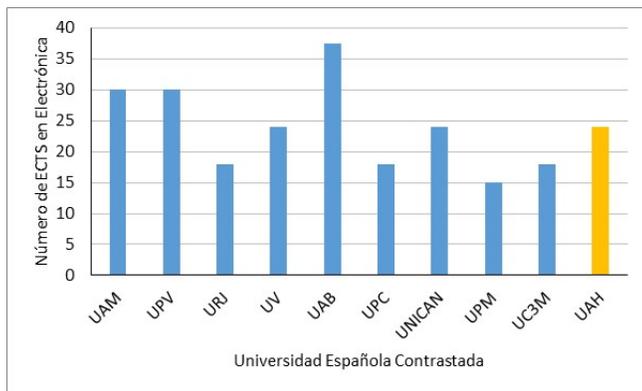


Fig. 1. Comparativa con la UAH de los créditos totales dedicados a la materia de Electrónica en los dos primeros cursos del Grado de Sistemas de Telecomunicación de las universidades españolas contrastadas.

El procedimiento para comparar los créditos de electrónica en las universidades extranjeras ha sido el mismo. En este caso la dificultad ha consistido en que la organización de los estudios en las universidades extranjeras es sustancialmente diferente a las titulaciones españolas. Normalmente los cursos se dividen en semestres, incluso en algunos casos se pueden cursar las mismas asignaturas en semestres distintos ya que se van repitiendo a lo largo del año. En muchas de las universidades, existen cursos preparatorios, como en la universidad de Lausanne, que forman parte del grado y que no tienen una equiparación en las universidades españolas, por lo que analizar los contenidos de electrónica en los dos primeros cursos ha sido un trabajo arduo. Otra dificultad añadida es que las guías docentes de las asignaturas no están tan desarrolladas como las españolas, o por lo menos en las publicaciones disponibles para el público en general.

No obstante, se ha tratado de comparar las asignaturas básicas de electrónica usando los dos primeros cursos del grado en aquellas universidades que estructuran los estudios de forma similar a España, y usando cursos preparatorios y primer semestre en aquellas que la estructura está menos clara. En la fig. 2 se ve una primera comparación de los créditos dedicados en general a asignaturas de electrónica. En esta gráfica no se han incluido el ICL ni la Universidad Metropolia de Finlandia, ya que la información sobre los créditos dedicados a cada asignatura era inexistente.

En la fig. 2, se puede observar que la media de dedicación a asignaturas con contenido de electrónica en los dos primeros cursos de las titulaciones está cerca de los 21 créditos, algo por debajo de la media española. En la gráfica se distingue claramente que mientras en la universidad de Alcalá en comparación con las universidades españolas está en la media, en el caso de compararla con universidades extranjeras, está por encima de la media.

Cabe destacar que, de los créditos analizados en estas universidades, muchos en realidad son asignaturas de prácticas. Esto es una gran diferencia con las universidades españolas, donde los créditos que se analizaron corresponden a

asignaturas con contenido teórico y práctico. Por ejemplo, en la universidad politécnica de Lausanne, en los cursos de grado, se dedica en el primer curso un 40% de la enseñanza a créditos prácticos y un 42% en los dos siguientes cursos

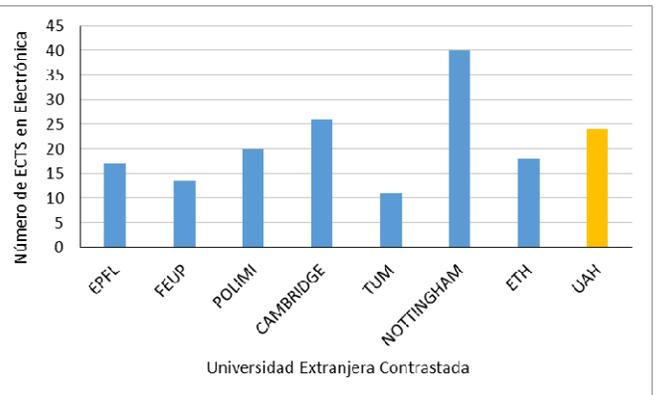


Fig 2. Comparativa con la UAH de los créditos totales dedicados a la materia de electrónica en los dos primeros cursos de los grados extranjeros similares a Sistemas de Telecomunicación de universidades extranjeras.

En cuanto a la distribución de contenidos en cada asignatura, existe una gran discrepancia en general en todas las universidades analizadas. En la universidad de Alcalá, existe una clara diferenciación entre las asignaturas de primero y segundo dedicadas a contenidos de electrónica analógica y electrónica digital. Esta distinción no es tan clara, sobre todo en las universidades extranjeras. Los contenidos del grado en general de todas las asignaturas son contenidos básicos y en muchos casos asignaturas con contenidos de electrónica que en la UAH se dan en los primeros cursos, se desplazan a cursos superiores. La comparación de la cantidad de asignaturas que se dedican en primero y segundo entre las universidades españolas puede verse en la fig. 3.

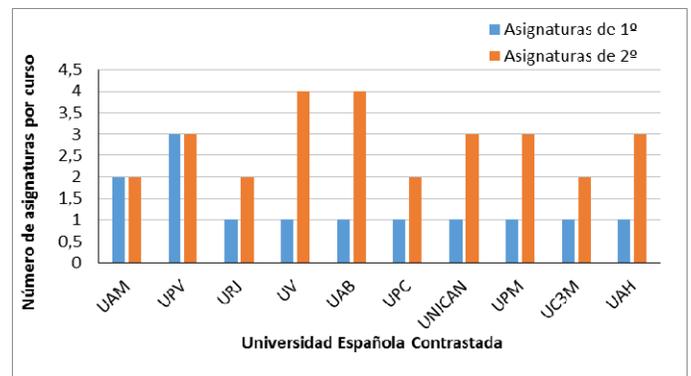


Fig 3. Dstribución de asignaturas con contenido de electrónica por curso en las universidades españolas

Se puede observar claramente que la mayoría de las universidades mantienen una asignatura básica en el primer curso, pero el contenido se distribuye casi todo en el segundo curso.

La misma comparación con las universidades extranjeras, nos indica que la presencia de asignaturas específicamente electrónicas en los dos primeros cursos de los grados analizados es muy pobre, incluso en alguna universidad como la politécnica de Milán, no se imparte ninguna asignatura de electrónica en el primer curso. Los contenidos básicos se imparten en segundo y los contenidos más avanzados se imparten en cursos superiores. En este estudio sí se han incluido el ICL y la Metropolia, ya que la información sobre las asignaturas en los años del grado sí está disponible. Los grados analizados en estas dos universidades y el ETH, corresponden a grados más específicos de electrónica, ya que no existe un grado similar a Sistemas de Telecomunicación. En este caso se puede ver cómo en el ICL, hay un reparto mayor de asignaturas en primero que en segundo. En el ETH, también puede observarse que existe la misma cantidad de asignaturas en primero y segundo año. Sin embargo, en el Metropolia, las asignaturas de electrónica se desplazan a segundo, dejando asignaturas transversales en primero, como Inglés técnico o expresión oral y escrita. En la fig. 4 se pueden observar los resultados de esta comparación.

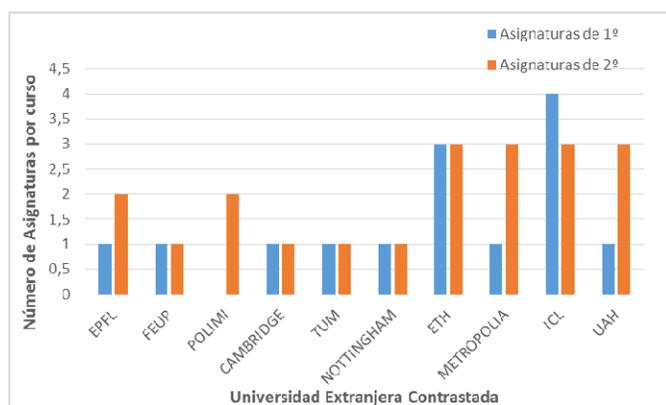


Fig 4. Distribución de asignaturas con contenido de electrónica por curso en las universidades extranjeras

En cualquier caso, a la vista de los datos presentados hasta ahora, la cantidad de asignaturas asignadas a electrónica en las universidades españolas en los dos primeros cursos es muy similar a la UAH, desplazándose en la mayoría de los casos a asignaturas de 2º curso. Y aunque en créditos la UAH se mantiene dentro de la media, es destacable que en algunos casos las asignaturas de otras universidades no son necesariamente de 6 créditos ECTS, como ocurre en la UAH, si no que el contenido se reparte en asignaturas de menos créditos, como la UPM o la UPV, donde hay asignaturas de 3 y 4,5 créditos ECTS. O también se concentran los contenidos en asignaturas de más créditos en segundo curso, como por ejemplo en la UAB.

En el caso de las universidades extranjeras, los grados no se organizan de la misma forma, de manera que se han buscado los grados más similares por contenidos y créditos totales. Esto hace que en algunos casos como en el ICL, el ETH, o Metropolia el grado más parecido sea claramente un grado en electrónica y telecomunicación, por lo que las asignaturas dedicadas a la electrónica son más que en el resto. Sin embargo, la media de créditos totales de electrónica en los dos

primeros cursos de las universidades comparadas está ligeramente por debajo de la media en universidades extranjeras. En realidad en las universidades contrastadas, los planes de estudio son muy dispares de forma que se pueden encontrar titulaciones específicas de electrónica, a partir de estudios de master o cursos superiores como ocurre en Cambridge, TUM o Nottingham, mientras que en otras universidades como ICL, Metropolia o ETH, ya se ofertan los grados orientados desde el inicio.

A la hora de comparar las titulaciones, no sólo es importante la cantidad de créditos o asignaturas que se dedican a la materia, si no también la distribución de contenidos a la hora de abordar la enseñanza de la electrónica. Hay que tener en cuenta las necesidades de asignaturas posteriores en cada grado; por lo que a continuación se mostrarán los resultados de analizar en qué medida las asignaturas están ubicadas adecuadamente en base a la relación que tienen con otras asignaturas y la carga de trabajo que supone para los estudiantes.

### III. COMPARATIVA DE DISTRIBUCIÓN DE CONTENIDOS DE ELECTRÓNICA EN LOS GRADOS DE LA UAH

La estructura de la enseñanza de electrónica se ha basado en las competencias definidas para cada materia en la normativa desarrollada a partir de la declaración de Bolonia. En comparación con las antiguas titulaciones se ha definido un escenario nuevo más flexible a la hora de diseñar las titulaciones [2]. Además, el cambio en la metodología, asumiendo nuevas técnicas pedagógicas a la hora transmitir el conocimiento, ha llevado a aumentar la carga de materias transversales en todos los grados. Esto ha hecho que la organización de las enseñanzas de electrónica, varíen de una universidad española a otra. En cuanto a las universidades extranjeras, siempre han destacado por sus métodos didácticos mucho más orientados al aprendizaje autónomo del estudiante y a las enseñanzas prácticas, aun así han ido modificando sus planes de estudio, acomodándolo a la nueva normativa.

El punto de partida de este análisis es el estudio realizado por el mismo grupo de profesores, sobre las relaciones que existen entre las asignaturas del plan de estudios [22]. En este análisis se establecieron los contenidos de cada asignatura que afectaban al resto de asignaturas de los cursos implicados, por lo que en asignaturas como EC o SED, no se contemplan las dependencias de otras asignaturas ya que son de cursos superiores. El resultado del análisis de las asignaturas de electrónica, se puede ver en la fig. 5, donde se muestra la parte específica de electrónica del proyecto. [23]

La estructura que se sigue en la UAH en las asignaturas de electrónica está directamente relacionada con la dependencia de contenidos con otras asignaturas. Sin embargo, del análisis de los planes de estudio españoles una primera consecuencia que se puede sacar es que, aunque en cuanto a contenidos, todos son muy similares, al menos en el papel, existen diferencias significativas en cuanto a la organización del temario.

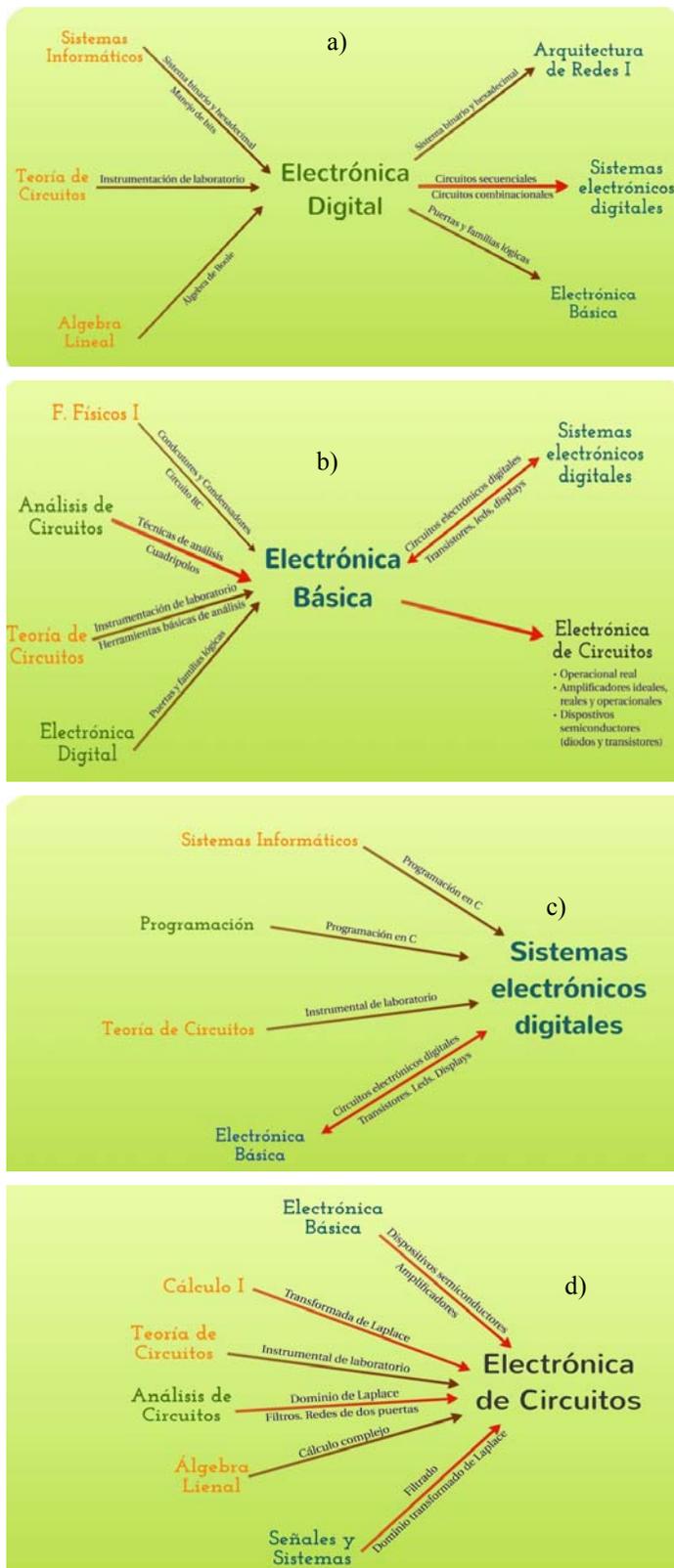


Fig 5. Interrelación entre asignaturas de electrónica en el grado de ingeniería de sistemas de Telecomunicación de UAH. a) Electrónica Digital. b) Electrónica Básica. c) Sistemas Electrónicos Digitales. d) Electrónica de Circuitos.

Es de destacar que hay varias universidades españolas que incluyen en el temario (sobre todo en los primeros cursos) asignaturas de introducción a la ingeniería o de habilidades “transversales” que permiten reducir la carga de materias más técnicas y que sirven para poner en contexto al estudiante. Como ejemplos cercanos podemos destacar:

- La universidad Carlos III de Madrid tiene las asignaturas “Técnicas de Búsqueda y uso de la Información” y “Técnicas de Expresión Oral y Escrita”. Ambas de 3 ECTS en el primer cuatrimestre de primer curso.
- La Universidad Politécnica de Madrid tiene “Introducción a la Ingeniería de Telecomunicación” con 3 ECTS en el primer cuatrimestre de primer curso.
- La universidad Rey Juan Carlos tiene las asignaturas “Expresión Oral y Escrita y Búsqueda de Información” de 6 ECTS en primer cuatrimestre de primer curso y “Normativa y Deontología en Telecomunicación” también de 6 ECTS en el segundo cuatrimestre.
- Las universidades de Cantabria, UPM, UPV y Rey Juan Carlos incluyen asignaturas de inglés en los primeros cursos, tal y como demandan el 54% de nuestros estudiantes [24].

En las universidades extranjeras, la distribución de asignaturas es mucho más dispar. Especialmente difieren las universidades inglesas y la de Finlandia donde existe una gran modularidad y diversidad de asignaturas. El resto de las universidades muestran mayor uniformidad, dentro de que todas ellas tienen programas mucho más flexibles que las españolas, para la elección de asignaturas por parte de los estudiantes. Algunas particularidades interesantes que se han encontrado en este análisis se detallan a continuación:

- En general hay pocas clases magistrales y se hace más hincapié en las clases de estudio acompañado o de laboratorio.
- Hay asignaturas específicas de laboratorio. Algunas de ellas con muchos créditos asociados.
- La evaluación suele ser mediante exámenes finales y sin embargo en los casos en los que se realiza evaluación continua, no existen límites a los porcentajes de las pruebas.
- En algunos casos se introducen cursos propedéuticos o incluso se pide algún tipo de certificación en conocimientos básicos de Matemáticas o Física.
- Las materias básicas son muy similares en cuanto a temario en todas las universidades analizadas. Así Matemáticas, Física, Circuitos, Señales y Sistemas, Teoría de la Comunicación, Electrónica Analógica y Digital, Programación podrían ser equivalentes a las impartidas en la UAH con diferencias difíciles de sistematizar en cuanto a organización del contenido y a créditos asignados.
- En cuanto a los contenidos específicos de electrónica, en general los temas que se incluyen en las

asignaturas con contenido de electrónica digital son los básicos, empezando por álgebra de Boole, sistemas combinacionales y secuenciales. Se puede decir que estos contenidos tienen mayor o menor peso dependiendo de la universidad, ya que en muchos casos se tiende a incluir en asignaturas iniciales lenguajes de programación como el VHDL, y sistemas programables como FPGA's o PLD's y memorias, que reducen claramente los contenidos de dispositivos discretos.

- Prácticamente en todas las universidades, se dedica parte del temario a estudiar componentes basados en semiconductor. En casi todos los casos transistores y diodos. Lo que difiere es en qué asignaturas se imparten tales materias, que en algunos casos no es una única asignatura.

Este análisis de los contenidos de electrónica en las asignaturas de otras universidades ha reabierto un debate existente dentro de la UAH, sobre la necesidad de incluir o no con detalle los temas dedicados a dispositivos de semiconductor. Sin entrar en el detalle de todas las guías docentes consultadas, se podría decir que la presencia de estos temas es prácticamente uniforme en todas las universidades españolas, incluyéndose el estudio de diodos y transistores en todas las asignaturas de electrónica analógica. En las universidades extranjeras, al no disponer tan fácilmente de las guías docentes con el contenido de las asignaturas, es más difícil evaluar la presencia de estos temas, sin embargo, de aquellas que facilitan el contenido de las asignaturas se puede decir que el estudio de dispositivos semiconductores aparecen siempre, y en algunos casos como en el ETH, existe una asignatura específica para el tema, "semiconductor devices", ubicada en segundo cuatrimestre del segundo curso.

De este análisis se deduce que, en cuanto a contenidos, la UAH está en la línea del resto de universidades españolas, y éstas a su vez difieren de las extranjeras donde los créditos de electrónica se distribuyen hacia cursos superiores y de especialización. Por otro lado, apoyados en el informe completo del trabajo realizado del análisis de los grados en la EPS de la UAH, donde se han analizado además la problemática actual del abandono de los estudios y sus posibles causas, se plantea una mejora del plan de estudios que afecta directamente a las asignaturas de electrónica de los dos primeros cursos.

#### IV. PROPUESTA DE CAMBIO DE PLAN DE ESTUDIOS EN LA UAH

Uno de los problemas planteados que impulsaron este estudio, se refiere al exceso de contenidos y carga de trabajo para los estudiantes en los cursos inferiores de la titulación. Hoy en día, es prioritario dotar al estudiante de las herramientas y la autonomía necesarias para su futuro desarrollo laboral por encima de una carga muy alta de contenidos. En las encuestas realizadas los estudiantes perciben que los temarios son excesivos (20%) o con una amplitud muy grande (43%), si bien un 35% indica que es normal. En similares valores se mueve su percepción acerca de la carga de trabajo (26% excesiva, 47% grande, 27% aceptable) [24]. Como se comentó anteriormente, en otras universidades hay

algunas asignaturas de contenidos transversales y de menos créditos, que suponen una descarga de contenidos técnicos en los primeros cursos. Pero la percepción de un exceso de carga de trabajo se debe también a los métodos de evaluación continua. En la universidad de Alcalá se han implantado formas de evaluación que exigen al estudiante unas entregas de trabajos y prácticas continuas y con un peso en la nota final, superior al que tendría un examen final. Al comparar los métodos de evaluación con otras universidades, se puede encontrar que en algunos casos el examen final tiene un peso al menos del 60%, lo que descarga de trabajo continuo al estudiante durante el cuatrimestre.

En el estudio realizado sobre la interrelación entre asignaturas, resultó evidente que existen contenidos impartidos en diversas asignaturas que no tienen conexión con otras posteriores y no son indispensables en el desarrollo de la mismas [22]. Otros contenidos podrían haber quedado obsoletos o explicarse con excesiva profundidad. En la comparativa con otras universidades además ha quedado patente que contenidos que se creen esenciales no siempre lo son en los primeros cursos.

En concreto en la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales que en la UAH se sitúa en el primer trimestre de segundo curso, los estudiantes encuentran una dificultad añadida por necesitar conocimientos que se imparten en la asignatura de Electrónica Básica que se desarrolla de forma simultánea en el primer cuatrimestre. Por tanto, parece quizá que su ubicación no es la más adecuada en el Plan de Estudios actual, más si se tiene en cuenta que sus contenidos no son necesarios en ninguna asignatura del 2º cuatrimestre de 2º curso como puede verse en la fig 5.c.

Un problema añadido al abordar los estudios de ingeniería en la UAH es la carencia que presentan los estudiantes en materias básicas como son física y matemáticas, y que son absolutamente imprescindibles para esta rama del conocimiento. En la comparación con otras universidades extranjeras, se ha podido observar que en muchos casos, las titulaciones ofertadas de ingeniería tienen un primer curso con asignaturas básicas, y un alto grado de contenidos de física y matemáticas como por ejemplo en EPFL.

Otro dato a destacar es que, en la mayoría de las universidades extranjeras consultadas, la carga práctica es bastante mayor siendo habitual que existan asignaturas de laboratorio específicas que integren el conocimiento adquirido en diversas materias. Esto supone una ventaja para el estudiante, ya que el aprendizaje de las competencias prácticas se unifica y tiene una continuidad en el tiempo que en el caso de las asignaturas de la UAH no ocurre. En el plan de estudios actual, cada asignatura dedica una serie de sesiones al laboratorio, y se piden a los estudiantes memorias o trabajos en cada una de ellas. Esto aumenta su carga de trabajo y además, siendo muchos conceptos comunes, complementarios e instrumentación semejante, no les facilita el aprendizaje, pues tienden a parcelar cada asignatura. También resulta una carencia muy significativa el hecho de que no existan más prácticas dedicadas a simulaciones, algo común en el resto de escuelas en España.

Con los análisis previos realizados, tanto del plan de estudios y su comparación con otras universidades, como la problemática y perfil del alumnado de la UAH, se propone un cambio de ubicación y contenidos de asignaturas concretas del plan actual. Las asignaturas afectadas de electrónica son todas las que se imparten en los dos primeros cursos de la titulación. En la tabla I, se muestra el plan de estudios propuesto, que a nuestro parecer mejoraría el rendimiento en los estudiantes en los dos primeros cursos

TABLA I. PROPUESTA DE PLAN DE ESTUDIOS PARA LOS GRADOS DE TELECOMUNICACIÓN DE LA UAH.

Curso/Trimestre	Asignatura
1º/1C 30 ECTS	7.5 ECTS Cálculo I
	6 ECTS Álgebra lineal
	6 ECTS Sistemas informáticos
	4.5 ECTS Teoría de circuitos
	6 ECTS Economía de la empresa
1º/2C 30 ECTS	6 ECTS Cálculo II
	6 ECTS Fundamentos físicos I
	6 ECTS Programación
	4.5 ECTS Análisis de circuitos
	4.5 ECTS Electrónica digital
	3 ECTS Laboratorio I
2º/1C 30 ECTS	6 ECTS Estadística
	4.5 ECTS Fundamentos físicos II
	6 ECTS Señales y sistemas
	4.5 ECTS Electrónica básica
	6 ECTS Arquitectura de redes I
	3 ECTS Laboratorio II
2º/2C 30 ECTS	6 ECTS Teoría de la comunicación
	6 ECTS Electrónica de circuitos
	6 ECTS Sistemas electrónicos digitales
	6 ECTS Arquitectura de redes II
	6 ECTS Propagación de ondas

En primer lugar se propone la creación de dos asignaturas específicas de laboratorio transversal: “Laboratorio I” y “Laboratorio II”. En estas asignaturas se abordan de manera multi e interdisciplinar los conceptos estudiados esencialmente en las asignaturas de las materias de Circuitos y Electrónica. El cambio afectaría a los contenidos prácticos de Electrónica Básica, Electrónica Digital, Teoría y Análisis de circuitos. Esto lleva a una reducción de carga en estas asignaturas, que quedarían como asignaturas teóricas, pero no afectan a la carga docente de los respectivos departamentos, ya que las nuevas asignaturas están vinculadas a las materias mencionadas. Por otro lado, al ser asignaturas prácticas independientes, puede ser más eficaz y eficiente que el modelo actual donde cada asignatura tiene su propio laboratorio, ya que permitiría una visión más integradora de los conocimientos adquiridos en el resto de asignaturas sin restar tiempo a éstas a la hora de explicar y aplicar sus propios contenidos.

En cuanto a la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales, que integra conocimientos adquiridos en asignaturas anteriores de programación y electrónica, pero que se imparte de forma simultánea a Electrónica Básica, con los problemas que se han comentado antes, se propone desplazarla al segundo cuatrimestre del segundo curso.

Como puede verse en la tabla I, los laboratorios I y II propuestos se ubican en el segundo trimestre del primer curso y el primer trimestre del segundo curso respectivamente, por lo que son consecutivos y simultáneos a las asignaturas implicadas.

En una primera aproximación sin ser exhaustivos, se ha hecho una programación preliminar de los contenidos de estos laboratorios. En la tabla II se especifican las prácticas propuestas para el laboratorio I. En éste se incluirían los contenidos prácticos de las asignaturas de Teoría de Circuitos y Electrónica Digital.

TABLA II. PROPUESTA DE PRÁCTICAS PARA LA ASIGNATURA LABORATORIO I

LABORATORIO I. 3 ECTS	
PRÁCTICAS	TEMARIO
<b>Práctica 1</b>	Introducción al laboratorio. Identificación de componentes y montaje en placa Board.
<b>Práctica 2</b>	Montaje y medida de circuitos en corriente continua. Fuente de alimentación y polímetro.
<b>Práctica 3</b>	Generador de señales y osciloscopio. Sincronismo y medidas básicas. Medidas de tensión y corriente en alterna. Valor eficaz.
<b>Práctica 4</b>	Errores en medidas. Importancia de las masas y los anchos de banda de los instrumentos.
<b>Práctica 5</b>	Medidas de tensión con el osciloscopio. Tensión continua, alterna y suma de ambas. Medida de la carga y descarga del condensador.
<b>Práctica 6</b>	Medidas de desfase e impedancias con el osciloscopio. Comportamiento en frecuencia de los distintos componentes.
<b>Práctica 7</b>	Montaje y medidas en circuitos con puertas digitales. Alimentación, hojas de características y conexión de los mismos.
<b>Práctica 8</b>	Diseño de un sistema combinacional con elementos discretos.
<b>Práctica 9</b>	Diseño de un sistema combinacional con FPGA's.
<b>Práctica 10</b>	Diseño de un sistema secuencial con elementos discretos.
<b>Práctica 11</b>	Diseño de un sistema secuencial con FPGA's.

Como puede verse, la asignatura “Laboratorio I” estaría dedicado al conocimiento básico de la instrumentación de laboratorio, placas de montaje, fuente de alimentación, generador de funciones y osciloscopio. Una vez trabajados esos contenidos se pasaría a su aplicación en prácticas dedicadas a la Electrónica Digital tanto de montaje como de programación de FPGA’s. Este laboratorio, en principio, constará de 11 prácticas divididas por igual entre los departamentos implicados.

En la segunda asignatura de laboratorio se incluyen contenidos de simulación, con herramientas como Matlab o PSPICE, Estas herramientas creemos que son necesarias porque tanto en las materias de Teoría de la Señal y Comunicaciones como en Electrónica, la simulación es muy útil en el diseño y la implementación de sistemas. A día de hoy en la asignatura de Señales y Sistemas no hay cabida para el laboratorio y, sin embargo, en Teoría de la Comunicación sí que sería muy útil, sobre todo la utilización de Matlab. En la tabla III se especifican las prácticas propuestas para el laboratorio II.

TABLA III. PROPUESTA DE PRÁCTICAS PARA LA ASIGNATURA LABORATORIO II

LABORATORIO II. 3 ECTS	
PRÁCTICAS	TEMARIO
<b>Práctica 1</b>	Introducción a Matlab. Conceptos básicos y funciones básicas de programación.
<b>Práctica 2</b>	Representación básica de funciones. Plot y sus derivados.
<b>Práctica 3</b>	Transformaciones básicas de la variable independiente. Realización y visualización.
<b>Práctica 4</b>	Funciones para trabajar con sistemas de tiempo continuo. Diagramas de polos y ceros. Representación de la respuesta en frecuencia.
<b>Práctica 5</b>	Filtrado de tiempo continuo. Distorsión de amplitud y fase.
<b>Práctica 6</b>	Funciones para trabajar con sistemas de tiempo discreto. Diagramas de polos y ceros. Representación de la respuesta en frecuencia.
<b>Práctica 7</b>	El muestreo. Efectos del muestro y su recuperación en señales. Audio e imagen.
<b>Práctica 8</b>	Introducción a la simulación con PSpice.
<b>Práctica 9</b>	Circuitos con amplificadores operacionales.
<b>Práctica 10</b>	Aplicaciones con diodos.
<b>Práctica 11</b>	Circuitos con transistores.
<b>Práctica 12</b>	Aplicaciones no lineales.

En este laboratorio se proponen simulaciones con Matlab de conocimientos básicos de Señales y Sistemas, para afianzar

el aprendizaje, y como base para asignaturas posteriores como Teoría de la Comunicación, Tratamiento Digital de Señales o Potencia. La herramienta que se usaría en Electrónica para simulación, como apoyo a los montajes prácticos, son herramientas del tipo PSPICE, útiles para comprobar de manera “práctica” los conocimientos teóricos adquiridos. La simulación de los montajes prácticos que realizan los estudiantes en el laboratorio es un método muy útil para reforzar la adquisición de competencias.

## V. CONCLUSIONES

En este trabajo se han analizado los planes de estudio de los grados de telecomunicación de la UAH, y se han comparado con los planes desarrollados en otras universidades españolas y extranjeras. Se ha puesto especial interés en las materias de electrónica que se imparten, estudiando el número de créditos totales y cantidad de asignaturas que se dedican a esta temática en los dos primeros cursos de los grados.

Como consecuencia de este análisis y a la vista de los resultados de la comparativa, se ha propuesto un cambio en el plan de estudios para mejorar el rendimiento de los estudiantes y disminuir la tasa de abandono. Se ha buscado también que los cambios estén en consonancia con otras universidades del EEES. Por ello, se proponen dos nuevas asignaturas de laboratorio de carácter transversal, que aúnan conocimientos de asignaturas de Circuitos y Electrónica donde se desarrollarán las competencias prácticas de ambas sin reducir contenidos. También se ha propuesto desplazar la asignatura de Sistemas Electrónicos Digitales al segundo cuatrimestre del segundo curso, dando mayor continuidad secuencial al temario actual.

Con estas propuestas los primeros cursos de las titulaciones asociadas a Telecomunicación en la UAH tendrían una estructura más acorde con las universidades europeas, y se podría contribuir a mejorar la tasa de éxito de los estudiantes en los dos primeros cursos del grado.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer a la Universidad de Alcalá su apoyo por la concesión de Proyectos de Innovación Docente durante los 5 últimos cursos y por el Plan de Formación del Profesorado que sirve de estímulo a estas iniciativas. También agradecer el apoyo de María Teresa Iruela, miembro de la Oficina de Estadística de la UAH.

## REFERENCIAS

- [1] Portal Espacio Europeo de Educación Superior [www.eees.es/es/eees](http://www.eees.es/es/eees).
- [2] J. Arriaga, J. Blanco, P. Lobo, A. M. Groba, J.M. López, J. Hernández, C. Sanz, J. Corredor y A. Campeño. “La Formación en Electrónica en los Nuevos Grados Relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación en España”. IEEE- RITA, Vol 6, Num. 1, Feb 2011, pp. 31-39.
- [3] Ley orgánica 11/1983, de 25 de agosto, de Reforma Universitaria., Boletín Oficial del Estado, BOE número 209 de 1/9/1983.
- [4] [http://www.uam.es/EPS/IngenieriaTecnologiasYServComunicacion/1242661632555.htm?language=es&nodepath=Grado%20en%20Ingenier%C3%ADa%20de%20Tecnolog%C3%ADas%20y%20Servicios%20de%20Telecomunicaci%C3%B3n%20\(EUR-ACE%20AE\)](http://www.uam.es/EPS/IngenieriaTecnologiasYServComunicacion/1242661632555.htm?language=es&nodepath=Grado%20en%20Ingenier%C3%ADa%20de%20Tecnolog%C3%ADas%20y%20Servicios%20de%20Telecomunicaci%C3%B3n%20(EUR-ACE%20AE)). [último acceso Diciembre 2017 ]

- [5] [https://www.uc3m.es/ss/Satellite/Grado/es/Detalle/Estudio\\_C/1371212345976/1371212987094/Grado\\_en\\_Ingenieria\\_en\\_Tecnologias\\_de\\_Telecomunicacion](https://www.uc3m.es/ss/Satellite/Grado/es/Detalle/Estudio_C/1371212345976/1371212987094/Grado_en_Ingenieria_en_Tecnologias_de_Telecomunicacion). [último acceso Diciembre 2017]
- [6] <http://www.etsit.upm.es/estudios/grado-en-ingenieria-de-tecnologias-y-servicios-de-telecomunicacion.html>. [último acceso Diciembre 2017]
- [7] <http://www.urjc.es/estudios/grado/636-ingenieria-en-sistemas-de-la-telecomunicacion>. [último acceso Diciembre 2017]
- [8] <http://www.uab.cat/web/estudiar/listado-de-grados/informacion-general/ingenieria-de-sistemas-de-telecomunicacion-1216708258897.html?param1=1231918843232> [último acceso Diciembre 2017]
- [9] <https://www.upc.edu/es/grados/ingenieria-de-sistemas-de-telecomunicacion-castelldefels-eetac>. [último acceso Diciembre 2017]
- [10] <http://www.upv.es/titulaciones/GITTEL/indexc.html>. [último acceso Diciembre 2017]
- [11] <http://web.unican.es/estudios/detalle-estudio?p=99&a=2017>. [último acceso Diciembre 2017]
- [12] [https://secretaria.uvigo.gal/docnet-nuevo/guia\\_docent/index.php?centre=305&ensenyament=V05G300V01&idioma=gal&any\\_academic=2014\\_15](https://secretaria.uvigo.gal/docnet-nuevo/guia_docent/index.php?centre=305&ensenyament=V05G300V01&idioma=gal&any_academic=2014_15) [último acceso Diciembre 2017]
- [13] <https://bachelor.epfl.ch/electrical-engineering>. [último acceso Diciembre 2017]
- [14] <https://www.ee.ethz.ch/studies/bachelor.html> [último acceso Diciembre 2017]
- [15] [https://sigarra.up.pt/feup/en/cur\\_geral.cur\\_planos\\_estudos\\_view?pv\\_pla\\_no\\_id=2639&pv\\_ano\\_lectivo=2014&pv\\_tipo\\_cur\\_sigla=MI&pv\\_origem=CUR#div\\_id\\_284884](https://sigarra.up.pt/feup/en/cur_geral.cur_planos_estudos_view?pv_pla_no_id=2639&pv_ano_lectivo=2014&pv_tipo_cur_sigla=MI&pv_origem=CUR#div_id_284884) [último acceso Diciembre 2017]
- [16] <http://www.imperial.ac.uk/study/ug/courses/electrical-engineering-department/>. [último acceso Diciembre 2017]
- [17] <http://opinto-opas-ops.metropolia.fi/index.php/en/88095/en/70338>. [último acceso Diciembre 2017]
- [18] <https://www.polimi.it/en/programmes/high-level-training-courses/honours-programme-scientific-research-in-information-technology-esr-it/> [último acceso Diciembre 2017]
- [19] <http://www.ei.tum.de/en/degree/bachelor-ei-bsei/>. [último acceso Diciembre 2017]
- [20] <https://www.undergraduate.study.cam.ac.uk/courses/engineering> [último acceso Diciembre 2017]
- [21] <https://www.nottingham.ac.uk/ugstudy/courses/electricalandelectronicengineering/electricalandelectronicengineering.aspx> [último acceso Diciembre 2017]
- [22] <http://prezi.com/o0-ic0zhs2t8/grados-de-ingenieria-de-teleco/#>.
- [23] G. Ros, H. Gómez, J. Macías, S. Lafuente et al. " Interdisciplinariedad e integración del conocimiento de las competencias básicas en los Grados de Ingeniería de Telecomunicación" . IX Congreso Iberoamericano de docencia Universitaria. Aprendizaje-servicio, desarrollo y comunidades profesionales de aprendizaje en educación superior. Vol II, pp 412-417. (2016)
- [24] G. Ros, H. Gómez, E. Martín, J. Macías et al. "utilización de herramientas TIC de encuestas para generar propuestas de mejora en titulaciones universitarias. VII Congreso Internacional sobre aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA 2016). Tecnología y Accesibilidad Vol. 2, pp 601-607.