

A fondo

La Ingeniería de Telecomunicación en la Universidad de Sevilla

Por **Juan José Murillo Fuentes**
Rubén Martín Clemente
Auxiliadora Sarmiento
Vocales COITAOC

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI) de la Universidad de Sevilla lleva siendo el centro de formación de los Ingenieros desde hace más de 50 años.

Cuenta con unos 6000 alumnos y unos 500 profesores, lo que le otorga una dimensión por tamaño al de una pequeña universidad. La ETSI tiene asignada la docencia del **Grado en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación (GITT) y del Máster universitario en Ingeniería de Telecomunicación (MIT)**. Imparte otros 4 grados y másteres correspondientes a las titulaciones con atribuciones profesionales (Ing. Aeronáutica, Ing. Industrial, Ing. Química, Ing. Civil) y otros tres grados nuevos (en Ing. Electrónica, Robótica y Mecatrónica, Ing. de la Energía e Ing. de Organización Industrial) además de otros másteres no habilitantes (sin atribuciones profesionales).

Durante todo este periodo ha lidiado con reformas educativas de toda índole, ya sean nacionales o internacionales. Actualmente, ha completado el paso de los planes de 1998/1999 al **Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)***, un programa impulsado por la Unión Europea, con la Declaración de Bolonia como punto de partida, con el que dar respuesta a una nueva realidad económica, social y cultural de la globalización.

Conforme a los principios de calidad, movilidad, diversidad y competitividad, el EEES se orienta a dos objetivos estratégicos: el aumento del empleo en la

Unión Europea y la conversión del sistema Europeo de Formación Superior en un polo de atracción para estudiantes y profesores de otras regiones del mundo. La Declaración de Bolonia además de enunciar estos objetivos, estableció el año 2010 como plazo para la consolidación del EEES.

Entre los **avances y acuerdos más relevantes y con mayor impacto en el proceso de Bolonia destacan:**

• **El suplemento Europeo al título (SET)**

Se trata de un documento personalizado que acompaña al título universitario y que facilita información acerca de los estudios cursados, su contexto nacional y las competencias y capacidades profesionales adquiridas. Debe estar en dos idiomas, siendo el segundo, habitualmente, el inglés. Es uno de los documentos que incluye el europass, un intento de homogeneizar a nivel europeo la forma de presentar capacidades y cualificaciones. El SET facilita el reconocimiento del título en otros países, pero sigue siendo necesaria la convalidación del mismo.

• **El marco de cualificaciones para el EEES**

Es un conjunto de resultados esperados para cada ciclo llamados Descriptores de Dublín. Estos resultados esperados tienen que recogerse en la elaboración de los títulos, y las agencias de evaluación, en el marco de la ENQA (European Association for Quality Assurance in Higher Education, <http://www.enqa.eu/>), deben velar porque esto se cumpla (regidas según los principios incluidos en el documento ESG - European Standards and Guidelines). En España la gestión de la calidad la realiza la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad

y Acreditación (ANECA) que puede delegar su actividad en agencias autonómicas. En el caso de Andalucía, delega en la Dirección de Evaluación y Acreditación (DEVA), que es miembro de pleno derecho de la ENQA. Estas agencias evalúan los títulos cada cuatro años.

A nivel de ingeniería y a nivel europeo, la European Network for Accreditation of Engineering Education

unidad del curso requiere, teniendo en cuenta las lecciones magistrales, trabajos prácticos, seminarios, periodos de prácticas, trabajo de campo, trabajo personal y los métodos de evaluación. El volumen de trabajo de un año académico representaría 60 ECTS y se ha recomendado que los ECTS representen entre 25 y 30 horas de trabajo de las cuales 8-10 horas son presenciales. La adopción de este sistema implica un nuevo enfoque de la docencia.



Estructura de los títulos universitarios en España y EEES

(ENAAE), de la que forma parte ANECA, otorga el sello de calidad EUR-ACE® de Ingeniería para grados y másters.

• Los créditos europeos: una unidad de medida común de los estudios

Nace de la necesidad de crear una medida de dedicación docente dentro de los programas de movilidad de estudiantes, dando lugar al Sistema Europeo de Transferencia de Créditos (European Credit Transfer System, ECTS). Los ECTS incluyen no sólo las clases presenciales, sino la totalidad del trabajo del estudiante. Mide el volumen de trabajo que cada

• La estructura del currículo en tres niveles de formación

Las enseñanzas universitarias quedan divididas en tres niveles, el nivel básico es el Grado, el segundo nivel es el Máster, que son estudios especializados dentro de un ámbito específico de conocimiento, y, por último, se encuentran los estudios de Doctorado.

La duración de los ciclos es uno de los puntos más controvertidos en la aplicación del EEES, pues cada país ha articulado los ciclos de manera distinta. Mientras que Francia, Italia, Bélgica o Suiza han recurrido a grados de 180 ECTS (tres años), en España y Reino Unido los grados son de 240 ECTS (4 años). Los primeros junto con Alemania tienen másters de 120 ECTS (dos años), mientras que en España el 80% tiene menos de 75 ECTS y el Reino Unido tiene casi el 70% de sus títulos de máster por encima de 90 ECTS.



ESPECIALISTAS EN INGENIERÍA FTTH y 5G

“Si quieres ir rápido camina solo,
si quieres llegar lejos ve acompañado”



Escanea este código
y conoce más sobre
Gabitel Ingenieros

www.gabitelingenieros.com



Actualmente, acorde con este marco legislativo europeo vigente, la ETSI empezó a impartir los grados en el curso 2010/11 y los másteres en el curso 2014/15. Sin embargo, la Escuela ha debido diseñar e implantar un plan de estudio de Ingeniería con atribuciones, que comienza con una orden ministerial donde se indican las **competencias** que han de cubrir los planes de estudio. Esta orden ministerial incluye distintas **menciones**, que dan lugar a las correspondientes **especialidades**. También determina cuántos créditos ECTS se asignan a una parte básica, otra obligatoria y al trabajo fin de grado (**TFG**) o máster (**TFM**).

En este punto es importante distinguir entre competencias y **atribuciones** profesionales. Las primeras permiten indicar en el título las habilidades, destrezas y conocimientos en los que el alumno debe formarse. Las segundas hacen referencia al desarrollo profesional de la Ingeniería, indicando para qué tareas o actividades profesionales habilita el título.

Dentro del marco de la orden ministerial las universidades diseñan sus estudios. Para ello desarrollan la **memoria de verificación del título**. Este documento determina las menciones que se contemplan impar-

tir y articula las competencias de la orden ministerial en asignaturas obligatorias, de mención y optativas. En este punto es interesante aclarar que las ordenes ministeriales establecen un mínimo de 180 ECTS (3 años) para adquirir las competencias y, por tanto, las atribuciones profesionales. Sin embargo, debido al marco del espacio español de educación, los títulos de grado se han desarrollado en 240 ECTS (4 años). Se pueden cumplir los requisitos de la orden ministerial con un sólo grado con varias menciones o con varios grados, uno por mención. Aparte, cabe la opción de diseñar un grado sin atribuciones profesionales, pero que junto con el máster habilita para ejercer la profesión de ingeniero. Estos grados se han venido a denominar "blancos" o "generalistas".

La memoria de verificación es aprobada por la ANECA, a nivel nacional, que comprueba que el título cumple con los requisitos del espacio europeo de educación superior (EEES) y de la orden ministerial correspondiente.

Por último las asignaturas desarrollan sus **programas** de forma que cumplan con lo establecido en la memoria de verificación. El programa de la asignatura debe incluir aquellas competencias que desarrolle.

PLAN DE ESTUDIOS DE GITT

La adaptación del EEES en la ETSI se articuló de forma que un grado más un máster condujese a la misma formación que una Ingeniería del plan anterior. El plan de estudios de grado se desarrolla dentro de la memoria de verificación dando cumplimiento a las respectivas normativas, y teniendo presente lo expuesto en diferentes estudios sobre la titulación, las recomendaciones de CODITEL, etc. Pero sobre todo dando respuesta a la orden CIN/352/2009 para que el grado habilite para ejercer la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación. A diferencia de los planes anteriores al EEES, donde sólo se impartía el título de Ingeniería de telecomunicación, el GITT se corresponde con un título de Ingeniería técnica pre-Bolonia. La ETSI optó por el formato de un solo grado con cuatro menciones. El GITT de la ETSI tiene

las cuatro menciones (o especialidades) posibles descritas en la orden ministerial: sistemas de telecomunicación (ST), sistemas electrónicos (SE), sonido e imagen (SI) y telemática (T). El alumno elige una mención (especialidad) en tercer curso. Pero a diferencia de otras universidades, no existe en la ETSI un grado generalista o blanco de GITT, esto es, un grado sin mención, pensado para aquellos cuyo objetivo inicial sea cursar luego el máster. Tampoco tiene grados específicos por mención.

El GITT de la Universidad de Sevilla incluye como propias las competencias incluidas en la orden bajo el apartado de "formación básica", "módulo común a la rama de telecomunicación" como obligatorias, de "tecnologías específicas" según mención y otras optativas, y "trabajo fin de grado". La asignación de créditos a cada bloque del GITT en la Universidad de Sevilla se incluye en la Tabla 1.

Tipo de Materia		ECTS
F	Formación Básica	60
O	Obligatorias	102
P	Optativas	66
T	Trabajo Fin de Máster	12
Total		240

Tabla 1. Distribución del Plan de Estudios de GITT en la Universidad de Sevilla.

La oferta de plazas en el GITT se ha disminuido de 200 en el curso 2010/11 a 135 en el curso 2018/19, con el objeto de cubrirla con una nota en la prueba de acceso a la universidad cercana al 7 sobre 14, (7,9, en 2018). Aquí es importante hacer notar la caída en la demanda de acceso en esta titulación, si tenemos en cuenta que la oferta de plazas en el curso 2001 para Ingeniería de Telecomunicación fue de 325. Por otro lado, en el curso pasado egresaron 82 nuevos graduados.

En las posteriores evaluaciones externas del título los revisores utilizan los programas y la memoria de verificación para evaluar la calidad del título. La DEVA, agencia autonómica en la que delega la ANECA, evalúa

los títulos cada 4 años. El GITT pasó la evaluación de la DEVA en 2016 y también ha pasado, recientemente, la evaluación del sello de calidad europeo EUR-ACE.

PLAN DE ESTUDIOS DEL MIT

La memoria de verificación del título del máster universitario en Ingeniería de telecomunicación recoge las competencias incluidas en la orden ministerial CIN/355/2009. La estructura del plan distinguen los módulos de tecnologías de telecomunicación, gestión tecnológica de proyectos de telecomunicación y trabajo fin de máster.

Tipo de Materia	ECTS
O Obligatorias	68
P Optativas	40
T Trabajo Fin de Máster	12
Total	120

Tabla 2. Distribución del Plan de Estudios de MIT en la Universidad de Sevilla.

En el máster, el alumno, dependiendo de la mención (especialidad) que ha realizado en el grado, sigue un itinerario distinto para el 1er cuatrimestre, con 20 ECTS del mismo dedicados a la formación en las otras menciones que el alumno no cursó en grado. Hay otros 20 ECTS de optatividad, en los que se incluyen actividades de formación en idiomas y prácticas en empresa. Luego hay 68 ECTS de asignaturas obligatorias y un TFM de 12 ECTS.

En el panorama español existen grandes diferencias en la duración del MIT. Existen másteres en Ingeniería de Telecomunicación que van desde los 72 ECTS (un año más TFM)

a 120 ECTS (dos años, incluyendo el TFM). En el caso de la Universidad de Sevilla, la duración es de 120 ECTS. La duración del TFM es muy dispar también. Mientras que en otros títulos de máster de 120 ECTS el TFM es de unos 20-30 ECTS, en la Universidad de Sevilla es de 12 ECTS.

El número de alumnos que actualmente cursan el MIT, y por tanto podrán colegiarse en el COIT, oscila en torno a 25, un número reducido comparado con los 82 Ingenieros de telecomunicación egresados en el año 2015, que cursaron el plan de estudios anterior al EEE S.

Conclusiones

Tras dos décadas formando ingenieros de telecomunicación, el EEES junto con las directrices españolas y las órdenes ministeriales obligaron a la ETSI a adoptar un modelo de grado más máster. Se abrió la puerta a un grado generalista sin atribuciones, que la ETSI no adoptó, decantándose por un grado, el GITT, con las cuatro menciones posibles, que habilitan para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación.

El máster de la ETSI tiene 120 ECTS y se cursa una vez terminado el GITT. Contiene asignaturas para formar a los alumnos en las menciones que no cursaron y otras para profundizar en la comprensión de los sistemas de telecomunicación, habilitando para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación. Nótese que el alumno pasa de una formación especialista, en grado, a una formación generalista, en máster. Por otro lado, el alumno tiene que esperar a completar en su totalidad la formación de grado, incluyendo el TFG, para continuar con el MIT. Una mala sincronización de la finalización del GITT conlleva esperas largas hasta poder iniciar el curso de máster. En algunos ámbitos

se subraya que estos dos factores animan a los estudiantes de grado a no continuar con el máster.

A lo largo de los últimos meses se está apostando, desde algunas universidades, por los denominados programa integrado y máster integrado. La idea del primero es, grosso modo, articular un grado blanco o generalista que luego lleve de forma directa al máster y evite la interrupción grado máster permitiendo comenzar el máster antes de finalizar el grado. La idea del segundo es plantear un estudio de 300 ó 360 ECTS, sin paso intermedio por grado. Si bien este último requiere un cambio significativo de regulación, el primero no implica un cambio del marco legislativo.



La enseñanza de nuestra profesión ha ido evolucionando con los sucesivos Planes de Estudio.

Así, de los seis años en que se organizaba la carrera con el Plan 64-M (y sus variantes), se pasó a cinco con el Plan 1991, el cual suprimió asignaturas, como la Química, que hasta entonces eran comunes a todos los estudios de Ingeniería. Posteriormente, el Plan 1998 de la Universidad de Sevilla estructuró la carrera en 3.750 horas lectivas, repartidas en cinco años académicos, de las cuáles 390 correspondían a materias optativas encuadradas en cuatro áreas de especialidad o intensificaciones. Sirvan estos números como referencia con la que poder comparar, más adelante, la estructura de los actuales estudios. Aunque cada Plan modificaba al anterior, la característica esencial de todos ellos es que conducían al Título único de Ingeniero de Telecomunicación.

Este marco familiar ha sufrido un cambio profundo con la implantación de la nueva estructura de titulaciones, basada en Grados y Másteres. Antes de abordar su descripción es preciso repasar el concepto de "profesión regulada". Simplificando, ésta es una actividad profesional para cuyo ejercicio se exige un título oficial que acredite poseer la formación necesaria (sin perjuicio de otros requisitos, como la Colegiación). Como cabe esperar, entre dichas profesiones se encuentran la de Ingeniero Técnico de Telecomunicación, con sus especialidades correspondientes, y la de Ingeniero de Telecomunicación. Pues bien, con la nueva estructura de los estudios universitarios, para el ejercicio de la primera se requiere estar ahora en posesión de un título de **Grado** que cumpla los requisitos establecidos en la Orden CIN/352/2009, de 9 de febrero (BOE de 20 de febrero de 2009). De igual forma, el acceso a la profesión regulada de Ingeniero de Telecomunicación sólo puede lograrse a través de un **Máster**, el cual deberá cumplir las condiciones estipuladas en la Orden CIN/355/2009, de 9 de febrero (BOE de 20 de febrero de 2009).

La finalidad de los estudios de Grado es "la obtención por parte del estudiante de una formación general, en una o varias disciplinas, orientada a la preparación para el ejercicio de actividades de carácter profesional" (Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre). Su duración es de 240 créditos europeos (ECTS), lo que suele equivaler en la práctica a **2.400 horas lectivas**¹, repartidas en cuatro cursos. El Máster, por su parte, tienen como

finalidad la adquisición de una formación avanzada y no debe exceder los 120 créditos europeos. Resulta llamativo que pueden cursar este último quienes estén en posesión de cualquier título de Grado, aún no relacionado directamente con la Telecomunicación, sin perjuicio de que la Universidad establezca en este último caso los complementos de formación previa que considere necesarios.

¹ Cada crédito europeo equivale formalmente a 25 horas de trabajo del estudiante. En los Grados, estas 25 horas suelen corresponder a 10 horas de clase y 15 de estudio en casa o para la elaboración de trabajos. En los Másteres se suelen repartir en 8 horas lectivas y 17 de estudio.

Es importante hacer notar que las previamente citadas órdenes CIN/352/2009 y CIN/355/2009 no definen contenidos ni, por tanto, asignaturas. Por el contrario, como ya es común en todos los Planes Educativos, se limitan a enumerar una lista de competencias, es decir, habilidades y capacidades, que los estudiantes deben adquirir para obtener el título (**ver la Tabla 1**). Para desarrollar estas competencias, cada Universidad selecciona, en ejercicio de su autonomía, los contenidos, las asignaturas y la secuencia en que deben estudiarse las materias. **Esto quiere decir que los Planes de Estudio (e incluso el nombre de las carreras) pueden diferir de una Universidad a otra.** Así, por ejemplo, mientras que la Universidad de Sevilla imparte el llamado Grado en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación, la Universidad Politécnica de Madrid oferta el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación – por supuesto, ambos habilitan para ejercer la profesión regulada de Ingeniero Técnico de Telecomunicación. Como ejemplo adicional, la duración del Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación es de 120 créditos ECTS (2 cursos académicos) en la Universidad de Sevilla; pero de solo 95 créditos (1.5 cursos) en la Universidad de Granada.

Los 240 créditos ECTS del Grado se distribuyen de la siguiente forma: 60 corresponden a competencias básicas de la Ingeniería (matemáticas, física o informática), 60 desarrollan competencias generales de la Telecomunicación (por ejemplo, citamos literalmente, la "capacidad para evaluar las ventajas e inconvenientes de diferentes alternativas tecnológicas de despliegue o implementación de sistemas de comunicaciones, desde el punto de vista del espacio de la señal, las perturbaciones y el ruido y los sistemas de modulación analógica y digital", ver la Orden CIN/352/2009 para más información); se asignan 48 créditos a las com-

petencias propias de cada una de las cuatro ramas de la Ingeniería Técnica (“Sistemas de Telecomunicación”, “Telemática”, “Sistemas Electrónicos” y “Sonido e Imagen”), entre las cuales deben optar los estudiantes, y, finalmente, 12 créditos se reservan para el Trabajo Fin de Grado. Los 60 créditos que restan pueden ser definidos por cada Universidad en ejercicio de su autonomía. Por ejemplo, la competencia “capacidad para la selección de antenas, equipos y sistemas de transmisión, propagación de ondas guiadas y no guiadas, por medios electromagnéticos, de radiofrecuencia u ópticos y la correspondiente gestión del espacio radioeléctrico y asignación de frecuencias” se desarrolla solo, en principio, en la intensificación “Sistemas de Telecomunicación” (cada intensificación define sus propias competencias exclusivas). Esos 60 créditos adicionales aportan flexibilidad para enseñar también esta capacidad, u otra equivalente, a los alumnos de las restantes intensificaciones, a fin de completar su formación, si así lo considera oportuno la Universidad. Complementariamente se podrían implementar también, por ejemplo, asignaturas para la enseñanza de idiomas. Se debe mencionar también, y con ello terminaremos, que el Máster tiene un perfil

marcadamente más “generalista” que el Grado: en este caso, competencias tales como la “capacidad para desarrollar sistemas de radiocomunicaciones: diseño de antenas, equipos y subsistemas, modelado de canales, cálculo de enlaces y planificación” o, en otro ámbito, la “capacidad para resolver la convergencia, interoperabilidad y diseño de redes heterogéneas con redes locales, de acceso y troncales, así como la integración de servicios de telefonía, datos, televisión e interactivos” deben ser desarrolladas, esta vez sí, en todos los egresados y no únicamente en los de la especialidad correspondiente.



COMPETENCIAS DEL GRADO	COMPETENCIAS DEL MÁSTER
Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación y facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.	Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria en el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Telecomunicación.
Capacidad para redactar, desarrollar y firmar proyectos en el ámbito de la Ingeniería de telecomunicación que tengan por objeto [...] la concepción y el desarrollo o la explotación de redes, servicios y aplicaciones de telecomunicación y electrónica.	Capacidad para la elaboración, planificación estratégica, dirección, coordinación y gestión técnica y económica de proyectos en todos los ámbitos de la Ingeniería de Telecomunicación siguiendo criterios de calidad y medioambientales.
Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planificación de tareas y otros trabajos análogos en su ámbito específico de la telecomunicación.	Capacidad para el modelado matemático, cálculo y simulación en centros tecnológicos y de Ingeniería de empresa, particularmente en tareas de investigación, desarrollo e innovación en todos los ámbitos relacionados con la Ingeniería de Telecomunicación y campos multidisciplinares afines.
Conocer y aplicar elementos básicos de economía y de gestión de recursos humanos, organización y planificación de proyectos, así como de legislación, regulación y normalización.	Capacidad para aplicar los principios de la economía y de la gestión de recursos humanos y proyectos, así como la legislación, regulación y normalización de las telecomunicaciones.

Tabla 3. Algunas competencias de Grado y Máster enunciadas dentro de los objetivos generales de ambos títulos

La investigación técnica, tanto básica como aplicada, es tanto un derecho como un deber del personal docente e investigador de las universidades. Es uno de los objetivos esenciales de las Universidades derivado de su papel clave en la generación de conocimiento, así como de la transferencia de conocimiento a la sociedad y la formación de personal investigador².

² La Ley Orgánica 6/2001 de Universidades (LOU)

La investigación en ingeniería de la Universidad de Sevilla (US) es reconocida internacionalmente por su calidad e innovación; este reconocimiento se plasma en los denominados rankings universitarios. Uno de los referentes más valorados es Ranking Académico de las Universidades del Mundo (ARWU, por sus siglas en inglés) elaborado por la Universidad Jiao Tong de Shanghái. El ARWU elabora su ranking utilizando básicamente indicadores de investigación como el volumen e impacto de la productividad científica y premios y reconocimientos tanto de académicos como de alumnos que pertenecen o se han formado en la institución. En 2018, la US avanzó 15 posiciones en la posición mundial respecto a 2017, situándose en la posición 524, a tan solo 0,35 puntos del Top-500. Por áreas de conocimiento afines a Telecomunicaciones, la US destaca en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (101-150), Matemáticas (76-100), Ingeniería y Ciencia de la Energía (151-200), Ingeniería y Ciencias de la Computación (301-400) y Biotecnología (301-400).

También se ubica en posiciones relevantes en otros rankings mundiales, como QS World University Rankings (QS WUR) y Times Higher Education World University Ranking (THE WUR), que elaboran sus clasificaciones en base a indicadores y áreas sustancialmente diferentes a las utilizadas en

el ARWU. En el ranking QS WUR la US obtiene posiciones destacadas en las áreas Ingeniería Eléctrica y Electrónica (201-250), Ingeniería y Tecnología (302), Matemáticas (201-250) y Ciencias de la Computación e Ingeniería de Sistemas (351-400). Mientras que en el ranking THE WUR, actualmente la US está posicionada en las áreas Ciencias de la Computación (301-400), Ingeniería y Tecnología (301-400).

Pero más allá de posiciones concretas en determinados rankings, lo realmente interesante es analizar cómo se organiza la investigación y describir qué líneas de investigación desarrollan los Ingenieros e Ingenieras de Telecomunicación en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI).

La investigación en las universidades se organiza en torno a los grupos de investigación que, además, tienen un papel central en la estructura de la I+D+i en An-



dalucía. En materia de telecomunicaciones, las actividades de investigación se realizan fundamentalmente, aunque no exclusivamente, en grupos de investigación catalogados como TIC (de Tecnologías de la Informa-

ción y la Comunicación) dentro del PAIDI; en la ETSI existen actualmente 12 grupos de investigación TIC. En algunos casos, las líneas de investigación de estos grupos están directamente relacionada con las telecomunicaciones (Tratamiento de Señales y Comunicaciones, Telemática, Electrónica de Comunicaciones, etc.), mientras que en otros casos estas líneas de investigación se podrían enmarcar más bien en disciplinas que sirven de apoyo a las telecomunicaciones pero cuyo fin no son específicamente las mismas. Aun así, las líneas de investigación son difícilmente catalogables en una única disciplina de la Ingeniería, por lo que tomando como criterio aquellos grupos que cuentan entre sus miembros con Ingenieros de Telecomunicación y cuyas líneas principales de investigación incluyen algunos de los aspectos anteriores, paso a presentar una selección de grupos y líneas que el mundo empresarial debería conocer.

TIC 109: Tecnología Electrónica (GTE)

El grupo GTE nació a final de los 80 con un perfil muy dirigido hacia la electrónica industrial y de potencia. Sin embargo, desde el año 2000, con la incorporación de varios Ingenieros de Telecomunicación, ha desarrollado una nueva línea de investigación centrada en la telemedicina y la eHealth, reflejados en el desarrollo de patentes y sistemas de telemonitorización como dispositivos Holter para monitorización cardíaca, parches implantables de glucosa o sensores de impedancia para estudios de apnea en hospitales. Posteriormente se ha diversificado hacia el desarrollo de sensores y aplicaciones electrónicas de procesamiento de señales biológicas.

TIC 154: Área de Ingeniería Telemática

El grupo de investigación de Ingeniería telemática es un grupo interdisciplinar cuyas principales líneas de investigación incluyen aspectos relacionados con la ciberseguridad, IoT, redes y aplicaciones en e-salud.

Dentro del ámbito de la ciberseguridad, el grupo cuenta con aportaciones en la automatización de análisis de riesgos, la correlación eficiente de eventos de ciberseguridad, detección de

ataques de día cero contra servicios web en base a anomalías y ciberprotección de sistemas en industrias de generación de energía eléctrica. Actualmente están desarrollando proyectos sobre arquitecturas para la detección temprana de ataques multietapa basados en la información proveniente de la matriz de tráfico de red. En cuanto a IoT, el grupo es experto en diseño y optimización de protocolos de red y enlace de ultra bajo consumo para redes de sensores (WSN), creación de algoritmos para el diseño óptimo de topologías de red, optimización energética en redes 802.11 (WIFI) para comunicación de servicios de tiempo real (e.j. VoIP). Otro de los ámbitos de actuación del grupo son las redes y sistemas de monitorización de eventos y variables en flotas de vehículos, ascensores, etc... con el fin de optimizar su rendimiento económico aplicando mantenimiento preventivo. Con respecto a las aplicaciones en e-salud, el grupo trabaja en el desarrollo de sistemas de e-salud para el seguimiento de pacientes renales, asistencia a mayores y seguimientos de pacientes Intra/extra hospitalarios. También cuenta con aportaciones en el desarrollo automatizado de interfaces de usuario para aplicaciones web y sistemas distribuidos.

TIC 155: Tratamiento de Señales y Comunicaciones

El grupo TIC 155 integra dos grupos de investigación: el Grupo de Aprendizaje, Procesado de Señal y Comunicaciones (GAPSC) y el Grupo de Procesamiento de Imagen Biomédica (BIP: Biomedical Image Processing). El grupo GAPSC trabaja en el desarrollo de nuevos algoritmos de estimación y detección, dentro del procesado



de señal y machine learning, y su aplicación a diversos problemas. Este grupo es pionero en aplicar técnicas de redes neuronales y machine learning a comunicaciones. A finales de los noventa propuso redes neuronales para invertir la respuesta no lineal de amplificadores. Recientemente, y basado en métodos Bayesianos, como los procesos gaussianos para regresión y clasificación o expectation propagation, ha propuesto decodificadores



de canal, detectores MIMO e igualadores. También se ha aplicado a la estimación de localización, con énfasis en UWB y crowdsourcing. Por otro lado, está desarrollando software de procesamiento de imagen para arte, en colaboración con el Museo del Prado. Por último, está aplicando deep learning a la detección automática de

escritura manuscrita para textos antiguos.

El grupo BIP centra su investigación en la ayuda al médico mediante técnicas de procesamiento de imágenes. Sus líneas de investigación se han centrado tanto en la planificación quirúrgica como en la ayuda al diagnóstico, y entre ellas destacan la clasificación de lesiones pigmentadas de la piel, el diagnóstico automático del enfermo quemado, la detección automática del corazón para planificación quirúrgica mediante impresión 3D, la detección automática de tumores a partir de imágenes de resonancia magnética y tomografía axial computerizada para la planificación de la radioterapia, etc.

TIC 158: Sistemas de Radiocomunicaciones (GSR)

Las líneas actuales de investigación que desarrolla el grupo GSR son: análisis de las no-linealidades en subsistemas de comunicaciones inalámbricas y de microondas, diseño de circuitos MMIC y diseño, construcción y caracterización de subsistemas inalámbricos y de microondas. Las actividades que se desarrollan entorno al análisis de no-linealidades en subsistemas de comunicaciones comprenden desde el modelado y caracterización no-lineal de dispositivos y sistemas de comunicaciones, hasta el desarrollo de algoritmos de simulación para la evaluación de la distorsión no

Atención personalizada para todos los miembros del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación

¿Buscas financiación para hacer realidad tus proyectos?

Te esperamos en nuestras oficinas de Sevilla en **Dr. Pedro de Castro, 11 - 95 453 55 34**, y en **Marqués de Paradas, 59 - 95 422 67 18**, de lunes a viernes de 8.30 a 19.00 h.

También puedes llamar a BancaTELEFÓNICA, al **902 200 888** (+34 93 268 13 31), de lunes a viernes de 8.00 a 21.00 h, será un placer atenderte.

En Caja de Ingenieros creemos en ti. Realizaremos un estudio personalizado de tu proyecto y **pondremos a tu alcance una amplia gama de modalidades de financiación que se adaptan a tus necesidades.**

- ✓ Póliza de crédito profesional
- ✓ Préstamo inversión
- ✓ Póliza de anticipo de facturas
- ✓ Préstamo hipotecario para locales y oficinas
- ✓ Préstamo ECO para profesionales

Grupo  **Caja de Ingenieros**
La entidad de los profesionales

lineal en sistemas excitados por señales de comunicaciones. En cuanto al diseño de circuitos MMIC, el GSR centra su atención en el diseño de circuitos activos de microondas y subsistemas de comunicaciones altamente integrados, como: mezcladores, moduladores y amplificadores, y la optimización de sus características no lineales. Como dato significativo, el GSR es el único grupo de investigación andaluz con experiencia en el desarrollo de MMICs, tecnología de alto interés en la industria de las comunicaciones aeronáuticas y espaciales. Con respecto al diseño, construcción y caracterización de subsistemas inalámbricos y de microondas, el GSR dirige su actividad investigadora dentro de esta línea al desarrollo de cabezales de RF (front-end) para sistemas de comunicaciones multistandard, así como a la caracterización experimental de las no-linealidades en subsistemas de comunicaciones inalámbricos y de microondas.

TIC 192: Ingeniería Electrónica (GIE)

El grupo GIE tiene como líneas de investigación el diseño de circuitos y sistemas electrónicos y microelectrónicos, digitales, analógicos y mixtos para su aplicación en sistemas de comunicación, control industrial y aeronáutica. En los últimos 15 años el GIE ha desarrollado una considerable actividad en el campo de las redes inalámbricas sensoriales de bajo consumo, con especial énfasis en el estándar IEEE 802.15.4 y sus extensiones, pero incluyendo también RFID y ámbito personal como Bluetooth. El grupo ha sido igualmente pionero en la utilización de NB-IoT y LTE-M y, recientemente, 5G. En este sentido han desarrollado una tecnología propia que incluye: nodos terminales con transceptores integrados y diferentes tipos de sensores, así como pasarelas de comunicación con otros estándares.

Los componentes del GIE tienen también una amplia experiencia en sistemas electrónicos para el procesamiento digital de la información. En este campo se puede numerar: en primer lugar, el desarrollo de sistemas basados en FPGAs para la depuración y test de circuitos integrados digitales de grandes dimensiones; en segundo lugar, el diseño de sistemas OFDM tanto en ráfagas como en transmisión continua, habiendo desarrollado aplicaciones OFDM para comunicación por

línea de potencia (PLC), televisión digital (terrestre y satélite) y, recientemente comunicaciones por luz visible; y en tercer lugar, el diseño de sistemas electrónicos digitales con procesadores empotrados.

TIC 203: Ingeniería Biomédica

El grupo de Ingeniería Biomédica está formado por un equipo multidisciplinar procedentes de diferentes áreas científicas y tiene por objeto la aplicación de los métodos y técnicas de la ingeniería a la resolución de problemas que se plantean en el ámbito de la me-



dicina y la biología y que implican la investigación y desarrollo de tecnologías para el cuidado de la salud y la mejora en la calidad de vida de la ciudadanía. El carácter multidisciplinar del grupo se pone de manifiesto en las colaboraciones que se mantienen con profesionales sanitarios de distintas especialidades clínicas, como nefrología, geriatría, neumología, endocrinología o neurología. Sus líneas de investigación se centran en el diseño de dispositivos y sistemas inteligentes para e-salud, la integración de sistemas de información heterogéneos y distribuidos sobre arquitecturas de servicios sociosanitarios, el modelado computacional multiescala para el diseño de sistemas de ayuda al diagnóstico/terapia, y métodos y técnicas de bioelectromagnetismo para distintas aplicaciones clínicas.

TIC 231: Fotónica de comunicaciones

El grupo de Investigación Fotónica de Comunicaciones centra sus líneas de trabajo en dos vertientes: una,

orientada a investigación básica; y, otra, orientada a investigación aplicada, innovación o transferencia de tecnología. En investigación básica, el grupo trabaja en el procesado óptico de señal mediante redes de difracción de Bragg, tanto en tecnología de fibra óptica como en tecnología de óptica integrada para el desarrollo de circuitos fotónicos integrados (PIC: Photonic Integrated Circuits). Asociada a esta línea de trabajo también se han desarrollado instrumentación y métodos de test y medida para la caracterización de dispositivos y señales ópticas. En investigación aplicada o transferencia de tecnología, el grupo de trabajo centra sus líneas en la propuesta, diseño y desarrollo de sensores ópticos para las más diversas aplicaciones, como por ejemplo para la optimización de los procesos de producción de energía termosolar, donde el principal reto tecnológico consiste en conseguir el correcto funcionamiento de los sensores en las condiciones extremas de operación que impone el receptor central de torre.

TIC 246: Tecnologías de Aprendizaje Automático y Procesado Digital de la Información (PRODIG)

Las líneas de investigación del grupo PRODIG tiene componentes de investigación básica centrados en la teoría de la estimación, detección, análisis de datos

y extracción de información, así como investigación aplicada del procesado de señal y aprendizaje automático, con especial énfasis en señales EEG, interfaces cerebro-ordenador y procesado de señales de audio e imagen. El grupo es también pionero en la US en la incorporación de técnicas de realidad virtual, mixta y aumentada, animación 3D y efectos visuales en campos tan diversos como la psicología, visualización de datos en IoT, etc.

Los investigadores del PRODIG han realizado importantes aportaciones en el ámbito del análisis de componentes, siendo uno de los equipos pioneros en nuestro país en esta área y desarrollando una técnica novedosa conocida como análisis en componentes acotadas, que resulta especialmente apropiada para abordar la separación de señales WIFI de radiofrecuencia. Asimismo, PRODIG cuenta con una experiencia considerable en la aplicación de los métodos desarrollados en el ámbito de la ingeniería biomédica abordando tanto problemas de detección de estructuras específicas en imágenes como problemas de clasificación usando métodos machine learning y deep learning, todo ello aplicado al diagnóstico de pacientes con diversas patologías como la retinopatía diabética, el glaucoma y el cáncer de mama.



Tras esta descripción, desde una crítica constructiva, creo que es necesario abrir una reflexión alrededor de la tarea de investigación en la Universidad.

En primer lugar, parece existir una división entre el espacio universitario y el exterior. El acceso de empresas y organizaciones a la investigación que se desarrolla en la Universidad no es tan fluida como debería, máxime cuando la inmensa mayoría de la investigación se realiza en la Universidad. Por ello, es necesario localizar y gestionar adecuadamente puntos de contacto universidad /empresa que permitan un mayor desarrollo empresarial e industrial que a su vez redunde en un mayor beneficio a la sociedad.

En segundo lugar, la organización y los medios con los que cuentan los profesores son insuficientes. Por un lado, el profesor debe compatibilizar la práctica docente y la tarea investigadora; tareas profesiona-

les difícilmente conciliables. Una práctica docente de calidad conlleva la preparación de material docente, la actualización de los conocimientos, la inclusión de modalidades pedagógicas más innovadoras y actuales, etc. Además, desde la implantación del EEES están surgiendo nuevas obligaciones docentes que necesitan cada vez mayor atención en detrimento del tiempo que se le puede dedicar a la tarea investigadora. Todo ello a pesar de que a efectos de valoración y promoción institucionales del profesorado la tarea investigadora es claramente más relevante que la docente. Por otro lado, la investigación necesita recursos y financiación y, actualmente, el profesor se encuentra con dificultad para encontrar fondos públicos o privados para realizar las investigaciones, retrasos en las resoluciones de las convocatorias de los proyectos de investigación y una creciente burocratización de la gestión exigida por los diferentes organismos.

En tercer lugar, la captación y retención de talento, sea este foráneo o no, se ve dificultada por el intrincado sistema de contratación del profesorado universitario, los niveles de exigencia cada vez más altos para obtener una plaza consolidada y los bajos salarios en comparación con otros países. Todo ello dificulta la consolidación y la internacionalización los grupos de investigación. Para la consolidación de los grupos de investigación es imprescindible asegurar el proceso de renovación generacional que permita incorporar

regularmente nuevos investigadores, la realización de tesis doctorales y la estabilización laboral de aquellos investigadores que a pesar de su larga trayectoria y experiencia siguen en condiciones de máxima incertidumbre. Por aplicar un simil deportivo, los grandes equipos, además de buscar grandes fichajes, se caracterizan por tener una gran cantera local. En cuanto al problema de la internacionalización, es necesaria una política universitaria más atractiva y con garantías de futuro.

Para finalizar, es necesario conceder mayor reconocimiento y prestigio a los doctores poniendo en valor el título de doctor en el entorno empresarial. El doctorado está intrínsecamente asociado al ámbito académico, y las empresas suelen ignorar esta categoría profesional en sus parámetros de contratación. Actualmente existen algunas iniciativas, como por ejemplo el doctorado industrial, que refuerzan la colaboración entre la Universidad y la empresa, permitiendo a los futuros doctores desarrollar proyectos de I+D+i en un departamento empresarial, de forma que el doctorando puede aprovechar lo mejor de ambos ámbitos.

1. Academic Ranking of World Universities (ARWU)

<http://www.shanghairanking.com>

2. Times Higher Education (THE):

<https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings>

3. Quacquarelli Symonds-QS ranking (QS)

<http://www.topuniversities.com/university-rankings>

al servicio de la comunicación



radio broadcasting | televisión (tdt) | transporte | mantenimiento | ingeniería y gestión de infraestructuras | operaciones | coubicación | red de centros | medidas | telegestión | estudios de viabilidad y pilotos | IoT | Smart Cities | Redes Críticas y de Emergencias

