

Telechips: Promoviendo la Ingeniería en Telecomunicación entre los Jóvenes Estudiantes

Carmen Bachiller Martín J. Alberto Conejero

Title — Telechips: Promoting Telecommunications Engineering among Young Students.

Abstract—The study of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) has suffered a strong decrease during the last decade in Western Countries. The causes of this decrease are very diverse, but it seems necessary to take actions to improve the perception that the future students have about these studies and to approach technology to high school classrooms. *Telechips* is a pool of activities designed for promoting the engagement of high school students for Telecommunication and Electronic Engineering in the UPV – Universitat Politècnica de València (Spain).

Index Terms—Information and Communication Technology, technological vocations, secondary and high school students, Telecommunications Engineering, scientific outreach activities.

I. INTRODUCCIÓN

DESDE la última década, el número de estudiantes de Ingeniería, particularmente los relacionados con las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC), ha sufrido un fuerte descenso en Europa y también en España. Como muestra de ello, en 2010/11 se ha notado una reducción de cerca el 30% en el número de alumnos matriculados en el grados de Ingeniería de Telecomunicación y de Ingeniería Informática respecto del año 2000/01, [1].

A pesar de que el número de puestos de trabajo en el ámbito de las TIC's ha descendido un 10% en Europa en el período 2006/10, se espera que Europa requiera un millón de puestos de trabajo en dicho ámbito en un futuro próximo [2]. Más aún, es un hecho que un desarrollo importante en el ámbito de las TIC es crucial para afrontar una situación de crisis económica como la que se está dando en España en la actualidad, con una de las tasas de paro más altas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), 25,2% en 2012 [3].

Sin embargo, dos de los principales factores que contribuyen a mantener esta situación, e incluso la empeoran, son la propia configuración de los estudios de secundaria y de bachillerato y la percepción que los alumnos en dichas etapas tienen respecto de los estudios de tecnología. Por otra parte, después de la educación secundaria obligatoria en España, los estudiantes deben elegir una de las tres opciones que tienen para cursar el bachillerato: Artes, Humanidades y Ciencias Sociales, y Ciencia y Tecnología, [4], [5]. En un número considerable de centros los itinerarios de Ciencia y Tecnología no se encuentran suficientemente dotados debido a la falta de recursos materiales (un laboratorio es bastante más caro que una clase convencional). Más aún, los contenidos de Tecnología e Informática son en muchos casos optativos y menos extensos que en las décadas de los 90's y los 2000's, previos a la actual reforma educativa. A pesar de que ha habido un incremento del 35% en el presupuesto de educación en España con respecto al año 2003, los resultados en Matemáticas en las pruebas de evaluación del programa PISA son similares, y sólo han mejorado ligeramente en Ciencias [6].

C. Bachiller pertenece al Departamento de Comunicaciones, Universitat Politècnica de València, Valencia, E-46022, ESP, email: mabacmar@dcom.upv.es

J. Alberto Conejero pertenece al Instituto Universitario de Matemática Pura y Aplicada, Universitat Politècnica de València, Valencia, E-46022, ESP, email: aconejero@upv.es

A este escenario se añade que los estudiantes tienen en general una percepción negativa de los estudios tecnológicos: son difíciles y no muy bien pagados para la dedicación que requieren [7]. A pesar de que en España el número de compañías tecnológicas es suficiente para absorber a los graduados universitarios (sólo un 7,6% de los Ingenieros de Telecomunicación están desempleados y un 1,4% está buscando su primer empleo [8]) algunos de ellos deciden buscar trabajo en el extranjero para obtener una mayor retribución.

Finalmente, aunque no menos importante, se da la circunstancia de que socialmente se percibe a los profesionales del ámbito de las TIC como *frikis*; la televisión y los medios los representan como gente extraña y divertida, sin glamour, simplemente se puede hacer una comparación entre los personajes de *The Bing Bang Theory* y de *CSI* [9], [10], y en ambos casos son científicos [11], [12]. La situación es incluso peor que si se les compara con la imagen de otros profesionales como abogados, médicos o agentes de bolsa. Además, los estudios de las TIC son menos atractivos para las chicas, ya que sólo de un 10% a un 20% de los estudiantes de titulaciones de las TIC son chicas, y estos datos siguen sin mejorar a lo largo del tiempo, véase también [13], [14].

Independientemente de los grandes números y cómo el desarrollo de un país se ve afectado por la dramática caída del número de las vocaciones tecnológicas, los centros universitarios que ofrecen titulaciones de ingenierías están sufriendo un descenso del número de vocaciones en este ámbito. Estos centros tienen que competir para atraer a los estudiantes de las opciones de Ciencias y Tecnología del Bachillerato, y, si es posible, atraer a los estudiantes con las mayores notas de acceso a la universidad de entre todos ellos. La nota de acceso a la universidad del año anterior y el número de preinscripciones son dos criterios importantes utilizados por los administradores de centros públicos y privados para dotar a los centros y titulaciones. Estas políticas están afectando a los estudiantes de titulaciones TIC en España, donde además la proporción de la población que completa con éxito la educación secundaria obligatoria está por debajo de la media europea [15].

No obstante, instituciones tanto regionales, nacionales como europeas han tratado de revertir esta situación. Numerosos programas para promover las vocaciones relacionadas con las disciplinas STEM se han desarrollado durante los últimos años. Estos programas se suelen poner en marcha en las universidades, que cuentan con muchos profesores bien formados y motivados que los implementan. En la medida de lo posible el apoyo de las empresas y del sector industrial a estos programas es bien recibido.

El efecto combinado de la necesidad de atraer a los estudiantes hacia los estudios de Ingeniería en Telecomunicación, disponer a profesionales bien formados en la docencia y en la investigación, y el apoyo del gobierno regional para desarrollar actividades de orientación universitaria, permitió a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la UPV (ETSIT) poner en marcha una serie de actividades de divulgación científica dirigidas a estudiantes de 15 a 17 años,

así nacieron los *Telecochips*.

Las razones por las que un estudiante de bachillerato se decide por unos estudios y no por otros son muy diversas (vocación, empleabilidad y retribución económica, capacidad y habilidad en ese campo, conocimiento de los estudios, reconocimiento social, ubicación geográfica, tradición familiar...) y complejas. Este trabajo no pretende ser un estudio de las mismas, ni tampoco dar solución al problema de pérdida de vocaciones tecnológicas que se viene observando desde hace más de una década en todos los países occidentales. Lo que pretendemos es dar a conocer una actividad de divulgación realizada a nivel regional, que ha resuelto con éxito una serie de problemas logísticos inherentes a estas actividades y que ha tenido muy buena acogida entre su público objetivo: los estudiantes y profesores de secundaria y bachillerato. El trabajo presenta una serie de "buenas prácticas" en este tipo de acciones, como son la elección de las actividades, las fechas o el protocolo para informar a los centros de secundaria, la planificación de su visita y la gestión de la asistencia.

El artículo muestra un ejemplo del estado del arte de este tipo de prácticas en otras universidades; sigue con la presentación de los objetivos esperados de la actividad, la descripción de cómo se llevó a cabo la misma y el diseño de las actividades (talleres y conferencias) que se ofertaron a los estudiantes visitantes, por último se desarrollan los resultados del estudio y las conclusiones del mismo.

II. FOMENTO DE LAS DISCIPLINAS STEM

El fomento y divulgación de la ciencia y de la tecnología tiene una larga tradición, no únicamente en el ámbito universitario sino también a cargo de sociedades científicas y de otras instituciones públicas. En España esta tarea la ha venido impulsando en buena medida la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT). Los objetivos más importantes que se plantean las universidades con estas iniciativas son la promoción del conocimiento científico en su ámbito de influencia así como la captación de futuros alumnos para las titulaciones que imparte.

Inicialmente estas actividades consistían en conferencias o lecciones magistrales, para ir pasando después a ferias y competiciones científicas, donde se deseaba reconocer a los alumnos más brillantes y talentosos. Posteriormente se implementaron actividades más accesibles que pudieran despertar el interés de un número mayor de alumnos, como es el caso de los talleres y de algunos campus de verano. En los talleres no sólo se ofrece la información nueva al alumno, sino que además se desea que se experimente con estos contenidos. Esta transición ha sido similar a la que viene llevándose a cabo, de un tiempo a esta parte, en las aulas de nuestros centros educativos, donde se ha pasado de centrarse exclusivamente en el "conocer" para pasar al "conocer y al saber hacer".

Telecochips se puede enmarcar dentro de estas últimas acciones de difusión y captación. En particular, está dirigido a estudiantes de secundaria y bachillerato, que tarde o temprano deben decidir si continúan o no sus estudios en una universidad, y en el primer caso en qué grado desean matricularse. No existe una única manera de configurar estos programas ni un perfil exacto de los estudiantes a los que dirigirlos. Por ejemplo, pueden ser dirigidos a alumnos de 3º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en adelante, llegando en algunos casos al primer año de universidad con el fin de disminuir el abandono de la titulación. Se pueden estructurar de manera diversa, desde cam-

pus semanales a conferencias y visitas a las escuelas. Algunos ejemplos de programas con objetivos similares pueden encontrarse referenciados en la literatura reciente en [16], [17], [18].

III. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados de los Telecochips son los siguientes:

1. Incrementar el interés y la motivación por las titulaciones relacionadas con las STEM, en particular con la Ingeniería en Telecomunicación.
2. Cambiar la percepción de los estudiantes de secundaria y de bachillerato en relación con los estudios y profesiones relacionadas con las STEM.
3. Promover los estudios de Ingeniería en Telecomunicación, la Escuela y la Universidad entre los estudiantes de secundaria y de bachillerato
4. Ofrecer orientación académica en relación con las oportunidades profesionales vinculadas a la Ingeniería en Telecomunicación con el fin de influir en el futuro profesional de los estudiantes.
5. Trabajar de manera más próxima con los profesores de los centros de secundaria y bachillerato dotándoles de herramientas y material adicional para el estudio y la posterior continuación en el aula.

Como puede verse son objetivos amplios y difícilmente medibles de forma objetiva, ¿cómo se promueven unos estudios universitarios entre una población adolescente? y ¿cómo medir si esa promoción ha sido efectiva? Como forma de medirlos se elaboró una encuesta de satisfacción de la actividad, pero con ella únicamente se pretendía evaluar si la actividad, que era la primera vez que se efectuaba resultaba satisfactoria y motivadora para los estudiantes de secundaria. La forma de medir el impacto de la actividad se hizo mediante el seguimiento de esos alumnos al cabo de varios años.

El programa se ofrecía como una introducción a la tecnología, para algunos estudiantes quizá su primera toma de contacto con ella, por tanto no se requería que los estudiantes que participaban en el programa tuvieran que demostrar sus habilidades sobre contenidos relacionados con las STEM. Las actividades propuestas no tenían por qué estar vinculadas de alguna manera con el currículum de los estudiantes participantes en el programa. No obstante, el programa aportaba herramientas y contenido para permitir que los interesados pudieran profundizar tras la visita a la Escuela. Más aún, el programa fue concebido para que los participantes aprendieran y se divirtieran, como una primera aproximación a algunos conceptos tecnológicos, herramientas y sistemas de la Ingeniería en Telecomunicación, por lo que los estudiantes no tenían que mostrar sus competencias en trabajo en equipo, comunicación de resultados, diseño y desarrollo de proyectos, etc.

IV. LA EXPERIENCIA

Desde 2007 algunos profesores de la ETSIT han venido experimentando con las posibilidades del uso de la música electrónica en la enseñanza de la Ingeniería de Telecomunicación para explicar conceptos complejos como la superheterodinización, la radiación, el filtrado, etc [19], [20], [21]. Se dieron cuenta de que era mucho más atractivo para los estudiantes, que se sentían motivados por la aplicación de sus estudios a un campo, aparentemente lejano de éstos, como es la música. El descubrimiento de este fenómeno condujo a los profesores al uso de la música electrónica para llamar la atención de los estudiantes de bachillerato, que podrían sentirse

así atraídos para elegir los estudios en Ingeniería de Telecomunicación. De esta manera, se crearon una serie de talleres informativos sobre música electrónica para alumnos de secundaria y de bachillerato. Estos talleres se han venido impartiendo desde 2008 de diversas formas: como una conferencia acompañada de un concierto, como un taller interactivo o como una *jam session*. Se han celebrado más de 15 de estos eventos a los que acudieron más de 600 estudiantes. En 2011, animados por el éxito de los talleres de música electrónica, la ETSIT ofreció una serie de conferencias divulgativas y talleres a alumnos preuniversitarios de entre 15 y 17 años acerca de las diversas áreas de estudio e investigación relacionadas con la propia Escuela.

Los Telechips están basados en estas actividades, pero su alcance es mucho más amplio. Las acciones de captación usuales van dirigidas a los alumnos que se encuentran en el último curso de bachillerato y ciclos formativos de grado superior, pero a esas alturas la mayoría de los alumnos han decidido cuál es el tipo de estudios que prefieren, si es que desean continuar estudiando. Por tanto, nos centramos principalmente en estudiantes de cursos anteriores que en la medida de lo posible estuvieran a punto de tener que elegir un itinerario de bachillerato o unas optativas del último año, véase también [22].

El nombre de Telechips es un juego de palabras. Por una parte intentan ser como un aperitivo, como los chips (patatas fritas), de los estudios de Ingeniería en Telecomunicación, pero por otra también se refieren al contenido propiamente dicho, ya que estas actividades son como chips (en sentido tecnológico) que un estudiante debe integrar para ser un Ingeniero en Telecomunicación. Los Telechips han recibido el respaldo y financiación de la UPV, de la *Fundación para la Calidad en la Educación* (FUNCAE) de la Conselleria d'Educació de la Generalitat Valenciana y del proyecto E-Skills de la Unión Europea.

Para la organización de la actividad se contactó con profesores, investigadores y estudiantes de la Escuela que quisieran mostrar sus actividades a estos alumnos preuniversitarios. Estos alumnos y profesores presentaron propuestas de conferencias o talleres, de manera completamente voluntaria y sin remuneración. Una mención especial debemos hacer a los alumnos de la asociación IEEE de los últimos cursos de nuestra Escuela, que presentaron dos talleres y una conferencia, así como a los investigadores del Laboratorio Europeo de Alta Potencia en Radiofrecuencia de la Agencia Espacial Europea en Valencia (VSC-ESA), quienes impartieron una conferencia. Los proyectos abarcaban diversas áreas de las Telecomunicaciones: el uso de tecnología electrónica en la música, la visión por computador, el nacimiento de la radio, la filosofía "*Do it yourself*", la inseguridad en redes inalámbricas, las comunicaciones vía satélite, el procesado de las señales del lenguaje de los animales y el desarrollo humano sostenible.

Diseñando el programa intentamos integrar las fortalezas locales en el mismo: profesores y alumnos de la ETSIT participaron en el programa. Recursos locales muy conocidos como el VSC-ESA y el acuario de la ciudad, el *Oceanogràfic*, fueron también incluidos. Asimismo, tomamos en consideración la muy reconocida tradición musical de Valencia y su región, ya que un número significativo de alumnos de la Escuela toca algún instrumento musical.

Dado que los contenidos cubrían un amplio espectro de temáticas, una opción era diseñar un campus de varios días de duración, pero en este caso el número de estudiantes que podría verse beneficiado por la actividad sería muy limitado. Es por ello que decidimos repartirlos en diversas jornadas y que cada

una de ellas constara de una conferencia y dos talleres, que se desarrollarían durante una mañana completa, de 9:00 a 14:00 horas. Dos grupos de estudiantes asistirían a cada sesión. La jornada comenzaría con una conferencia conjunta y posteriormente los grupos se separarían para atender cada uno de ellos a uno de los talleres previstos. La conferencia no debía ser muy larga, de unos 45 minutos como máximo y sus contenidos debían estar adaptados al nivel académico de los estudiantes asistentes. Se esperaba que los estudiantes pudieran aprender de las conferencias y que éstas no tuvieran únicamente un carácter promocional de los estudios ofertados.

Los talleres debían ser más largos, de unas 3 horas y 30 minutos, e interactivos, incluyendo un cierto tiempo para que los alumnos pudieran tomarse un par de descansos. La idea de separar a los estudiantes que nos visitaban en 2 grupos es únicamente por una cuestión de atención: un taller está pensado para grupos pequeños, de unos 10 a 20 estudiantes como máximo, pero una conferencia puede seguir siendo aprovechada de manera óptima aunque el número de asistentes sea muy superior. De la misma manera, estas jornadas fueron diseñadas para permitir la interactividad con los estudiantes por medio de algunas actividades de manipulación y experimentación. Como hemos comentado con anterioridad en algunas ocasiones, se contaba con la colaboración regular de alumnos de la Escuela. Consideramos que la participación de los alumnos de la Escuela en estas actividades puede contribuir también a su formación. Más aún, los asistentes a las jornadas pueden encontrar a los alumnos de la ETSIT mucho más próximos que a los profesores, debido a que existe una menor diferencia de edad entre los unos y los otros.

El dossier del proyecto fue enviado al Vicerrectorado de Alumnado y Extensión Universitaria de la UPV que no sólo mostró su apoyo si no que nos puso en contacto con la FUNCAE. Fue esta institución quien se encargó de la difusión del proyecto entre los institutos de secundaria y bachillerato y la gestión de las visitas, como parte de las actividades llevadas a cabo en su programa de orientación. Telechips también contó con el apoyo del Proyecto de la Comisión Europea E-Skills Week [23], cuyo objetivo es promover el estudio de la tecnología de las comunicaciones y la información entre los jóvenes.

El dossier de la actividad, junto con una carta de invitación, fue enviado a más de 200 institutos en un radio de 60 km. La FUNCAE se encargó de la logística: envío de los dossiers, gestión de las visitas, permisos, horarios, etc. La ETSIT se encargó de la organización técnica de la actividad: laboratorios, materiales, ponentes, etc. Los institutos participaron en la actividad sin coste, únicamente debían acudir a la ETSIT que es donde se realizaron los talleres y conferencias. En principio se ofertaron 6 días para la actividad: 19, 20 y 21 de diciembre de 2011 y 4, 5 y 6 de abril de 2012, pero hubo de ampliarse a un día más, el 17 de abril, por la gran demanda que hubo. La elección de las fechas es muy importante para asegurarnos el éxito de este tipo de actividades, dado que los profesores de instituto no suelen cambiar su planificación de actividades, por lo que elegir los últimos días de cada trimestre (antes de Navidad o de las vacaciones de Pascua en nuestro caso), cuando los contenidos a impartir y las evaluaciones se han realizado, es la mejor opción. Además hay que informar a los institutos de secundaria acerca de la actividad con suficiente antelación, cuando el curso comienza es la mejor opción, para que puedan incluirla en su planificación de actividades del curso. El número de sesiones también es importante ya que debe haber un número su-



Figure 1. Cuadernillo de trabajo.

ficiente para cubrir las necesidades de los centros de secundaria que desean acudir a las distintas conferencias y talleres. En este caso 7 sesiones fueron necesarias para cubrir la demanda.

Se apuntaron un total de 492 estudiantes, con edades de entre 15 y 17 años, y 26 profesores de secundaria, de las materias de Tecnología, Física, Matemáticas y Música. Aunque el número de los que asistieron finalmente fue diferente.

Como material adicional se elaboró un cuaderno, véase la Figura 1, con información sobre cada conferencia y cada taller, y con actividades suplementarias que sirvieran para que los estudiantes profundizaran después del evento. 700 copias impresas de estos cuadernos fueron repartidas a los asistentes y a los centros de secundaria que mostraron interés pero que finalmente no pudieron asistir.

Además se creó una página web, <http://museotelecomvlc.etsit.upv.es/telecochips>, Figura 2, donde se subió la misma información que estaba disponible en el cuaderno. Dicho cuaderno se ha descargado más de 1000 veces desde entonces. En la web también se incluyó información audiovisual. Cada conferencia y cada taller fueron grabados en vídeo y se creó un canal de YouTube donde se subieron. Para la grabación de los vídeos hubo que contar con el consentimiento expreso de los padres de los estudiantes asistentes (que obviamente eran menores de edad), por tanto fue necesario gestionar ese consentimiento antes de empezar los talleres.

Además las presentaciones utilizadas por los profesores fueron subidas a un canal de Slideshare. De esta manera cualquier visitante tenía a su disposición todo el material necesario para seguir el desarrollo de cada proyecto con posterioridad a la celebración de las jornadas.

El proyecto Telecochips únicamente pudo realizarse durante un curso académico, por varios motivos: la FUNCAE, la entidad del gobierno autonómico que nos dió apoyo logístico y acceso a los institutos de secundaria, fue desmantelada debido a la situación de crisis económica, su actividad fue absorbida por otras entidades o desapareció; además las actividades se realizaban por profesores y alumnos voluntarios de la ETSIT,



Figure 2. Web TelecoChips.

dado que estas actividades no se reconocen como parte de la actividad docente/investigadora del profesor, ni forman parte del curriculum del alumno, y conllevan un tiempo considerable de dedicación, los voluntarios escasearon a la hora de implementar una segunda edición, parte de la actividad de los Telecochips fue absorbida por la Universidad en sus programas Semana de la Ciencia y Praktikum [24]. Afortunadamente, recientemente se ha reactivado la iniciativa, esta vez relacionada con las actividades del Museo de la Ciencia de Valencia [25] aprovechando la exposición Comunicando sobre historia de la Telecomunicación, que se alberga en el Museo desde diciembre de 2014 hasta diciembre de 2015. En esta edición se van a realizar 5 de los talleres de Telecochips, en 5 fechas a lo largo del año.

Uno de los principales inconvenientes de este tipo de actividades es logístico: es preciso disponer de un espacio habilitado para la realización de los talleres, publicitarlos, contactar con los institutos de secundaria para gestionar la asistencia, preparar material adicional para que el taller resulte más interesante... estas actividades necesitan un equipo de personas dedicado y un mínimo presupuesto asignado.

V. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Los talleres y conferencias estuvieron a cargo de profesores universitarios, investigadores y estudiantes. Ambas actividades estaban divididas en cuatro fases: una introducción proporcionada en el libro y en la web, el taller/conferencia con una explicación de los profesores, las actividades asociadas a la que los estudiantes asistieron y las propuestas de actividades posteriores, que se especifican tanto en la web como en el cuadernillo de trabajo. La idea detrás de estas actividades propuestas es que los estudiantes de secundaria pudieran profundizar en la experiencia y el conocimiento que consiguieron después de asistir a las sesiones. Dado que las actividades propuestas son autoexplicativas, pueden trabajar en ellas en el aula o en casa con el apoyo del material audiovisual ofrecido por el sitio web Telecochips.

A. Talleres

A continuación se incluye una breve descripción de cada uno de los 5 talleres que se ofrecieron a los estudiantes.

Nacimiento de la Radiocomunicación. El taller proponía un recorrido por la historia de la ciencia que dio lugar al nacimiento de las radiocomunicaciones. En el taller se construyó un circuito de oscilador simple que producía corriente de RF acoplada a una antena para generar la radiación electromagnética de radiofrecuencia. Además al interrumpir esta corriente se conseguía un sistema de transmisión telegráfica a partir de nuestro simple generador experimental de radiofrecuencia. Con un receptor bien sintonizado se desarrolló un demostrador completo y sencillo de un sistema de radiocomunicación. Los estudiantes tuvieron la oportunidad en este taller de construir su propio transmisor teleográfico y usarlo para enviar algunos mensajes Morse a través de la radio.

Inseguridad en redes inalámbricas. En este taller se abordaron las vulnerabilidades de seguridad en las redes inalámbricas. Se discutió acerca de cómo proteger las redes domésticas y corporativas, así como la forma en que un potencial atacante podría acceder a ellas. También se presentó la seguridad en los controles de acceso y las redes inalámbricas comunes, y se hizo un estudio de las acciones que, una vez dentro, se podrían llevar a cabo, y de algunas contramedidas eficaces contra un posible ataque. Todo el proceso se ilustró con varios estudios de casos y ejemplos en vivo con las simulaciones de escenarios típicos. Por último, los asistentes tuvieron la oportunidad de probar la efectividad de varios protocolos de seguridad en diferentes despliegues de ISP. Este taller se llevó a cabo por un estudiante que actualmente está en el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación de la ETSIT.

Uso de la tecnología electrónica en la música. El taller proponía un recorrido práctico por la historia del uso de la tecnología electrónica en la creación musical utilizando como punto de partida un theremin, considerado el primer instrumento musical electrónico de la historia, y llegando hasta nuestros días. En el recorrido se analizaron los inicios de la electrónica de estado sólido, que reemplazó a la electrónica basada en válvulas de vacío [26]. Hacia el final del recorrido se trató la utilización de la electrónica digital y el procesamiento de señales en tiempo real en la creación de nuevos instrumentos musicales y de un nuevo lenguaje creativo. Y lo más interesante fue comprobar cómo muchas técnicas y algoritmos utilizados en este campo creativo pertenecen al mundo de las telecomunicaciones. Los alumnos tuvieron la posibilidad de montar un theremin, tocar un tenori-on, mezclar su propia voz o hacer música con una Nintendo, como se muestra en la Figura 3. **Filosofía "Do It Yourself"**. "DIY" que significa "hazlo tú mismo" es un término usado para describir la construcción, modificación o reparación de algo sin la ayuda de expertos o profesionales. Esta tendencia está en auge debido al marco económico actual. Se pretendió tratar esa filosofía desde un punto de vista tecnológico, basándose en varias ramas de las telecomunicaciones. Por ejemplo se habló de cómo abordar la obsolescencia programada de las impresoras o el desbloqueo de funciones ocultas en televisores de nueva generación. Se intentó despertar el espíritu investigador de los alumnos a través de la curiosidad brindándoles puntos de partida para encontrar este tipo de información.

Durante el taller se mostraron ejemplos concretos de equipamiento casero, y modificaciones de aparatos, así como actividades que pudieran hacer los alumnos en sus casas. Este taller fue ofrecido por dos estudiantes que actualmente están en el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación de la ETSIT.



Figure 3. Estudiantes tocando un tenori-on.

Aplicaciones de la visión artificial. La visión artificial es la rama de la Ingeniería de Telecomunicación que se encarga de obtener información de distinto tipo a partir de imágenes y vídeo. La visión artificial se fundamenta en diversas disciplinas tales como la programación de ordenadores, la geometría, la física, las matemáticas y el procesamiento de señal. En este taller se presentaron algunas de las aplicaciones posibles hoy en día de la visión artificial en campos tan variados como el análisis del tráfico, la videovigilancia o el conteo de personas. Durante el taller se mostró el funcionamiento en tiempo real de todas las aplicaciones, y los alumnos tuvieron la posibilidad de utilizar diversos tipos de cámaras especiales como las estereoscópicas, las cámaras térmicas, o las cámaras 3D, tal como se muestra en la Figura 4.

B. Conferencias

La experiencia se completó con tres conferencias, cuyos resúmenes se muestran a continuación.

¿Funcionará en el espacio? Los sistemas de radiofrecuencia desempeñan un papel fundamental en las aplicaciones espaciales. Resultan imprescindibles para comunicarse con el satélite y para recibir los datos generados, pero también constituyen la base de los sistemas globales de telecomunicaciones y de navegación. Durante la conferencia se presentó el Laboratorio Europeo de Alta Potencia en Radiofrecuencia VSC-ESA [27] así como las actividades que desarrolla (investigación y medidas relacionadas con el fenómeno de ruptura por radiofrecuencia e intermodulación pasiva), de forma didáctica y comprensible. Se mostraron así mismo diversos vídeos del laboratorio y sus experimentos.

Entendiendo el lenguaje de los cetáceos. Durante la conferencia se mostraron los principales resultados de investigación en bioacústica submarina de cetáceos (ballenas beluga y delfines principalmente). Los asistentes pudieron ver cómo las técnicas de procesamiento de señal y de reconocimiento de audio, típicamente empleadas en el procesamiento de la voz humana, pueden emplearse con éxito para detectar analizar y clasificar los sonidos emitidos por cetáceos.

Se ilustró la charla con algunos ejemplos, como el de un sistema capaz de monitorizar de forma automática el grado de bienestar de las ballenas beluga a través de su tasa de vocalizaciones. A las belugas se las conoce como 'los canarios del mar' porque les encanta cantar. Tienen un repertorio completo de chasquidos, silbidos, gorgeos y 'risas' que se oyen dentro y fuera del agua, incluso a través del casco de los barcos. Las belugas son muy populares y queridas en Valencia y son los animales más visitados en el acuario de la ciudad [28]. Al finalizar la charla se propuso como actividad la escucha de una serie de sonidos de ballenas beluga y delfín mular, así como la visual-



Figure 4. Preparando una grabación de vídeo en 3D.

ización de los diagramas tiempo frecuencia mediante un editor de audio libre.

Las TICs y el desarrollo humano sostenible. La conferencia pretendió realizar una breve introducción y una toma de contacto con algunos aspectos de la cooperación para el desarrollo, con el fin de entender lo que significa el desarrollo humano sostenible. También se discutió acerca de las principales causas de pobreza y desigualdad en el mundo, así como el impacto que las actividades humanas tienen sobre el planeta. A continuación se abordó el gran potencial que tiene la telecomunicación para reducir desigualdades, y se propusieron ejemplos de uso apropiado e inapropiado de esas tecnologías para la promoción del desarrollo humano sostenible. En este contexto introducimos el concepto de tecnología apropiada, el cual ayuda a reflexionar sobre el tipo de tecnología que mejor se adapta a la aplicación para la resolución de problemas en cada entorno particular.

VI. RESULTADOS

Para el análisis de resultados de esta actividad es preciso considerar que el objetivo deseado de la misma tiene que ver con la matrícula de nuevos estudiantes y con la mejora de la percepción de los estudios STEM entre los alumnos de educación secundaria. Con esto en mente se procedió a evaluar hasta qué punto la actividad había cumplido con los objetivos.

Actualmente existen instrumentos específicos para evaluar la innovación en educación secundaria, tanto para alumnos de nuevo ingreso como para estudiantes veteranos, por ejemplo el consorcio Transferable Integrated Design Engineering Education (TIDEE) [29] ha desarrollado herramientas de evaluación para el diseño de experiencias de trabajo en equipo desde diferentes facetas: el conocimiento del estudiante, el desarrollo de la actividad y el impacto en sus estudios. Además otras iniciativas como E-Skills[30] han creado herramientas para confeccionar un perfil profesional o para evaluar las competencias, actitudes y habilidades de los estudiantes para convertirse en profesionales TIC. Sin embargo ninguno de esos instrumentos se adapta a la actividad propuesta, así que se desarrolló una evaluación "ad hoc", esta decisión se vio reforzada por el hecho de que actividades similares [16], [17], [18] también desarrollaron encuestas "ad hoc" para estudiar su impacto.

Finalmente 14 institutos de secundaria y bachillerato participaron en el proyecto, con 480 estudiantes y 36 profesores. Se sondeó la opinión de los asistentes con la siguiente encuesta, a la que respondieron 230 estudiantes y 14 profesores de 7 institutos diferentes.

Se hicieron las siguientes preguntas a los estudiantes:

- Preguntas relacionadas con el Objetivo 1
 1. ¿Qué es lo que más te ha gustado de la jornada?

Los alumnos valoraron como más positivo la parte práctica de los talleres sobre las explicaciones teóricas, también la capacidad de los ponentes y las instalaciones de la Universidad.
 2. ¿Recomendarías participar en este tipo de actividades a tus compañeros?

El 96 % de los estudiantes recomendarían este tipo de actividad a sus compañeros.
 3. ¿Estarías dispuesto a participar en iniciativas similares en el futuro? Explica por qué.

El 78% de los estudiantes estarían dispuestos a participar en tales iniciativas en el futuro, aunque no explican por qué lo harían.
 - Preguntas relacionadas con el Objetivo 2
 1. ¿Cuál es tu opinión general de la jornada?

Un 13 % de los alumnos consideraron muy positiva la jornada, el 63 % la consideraron positiva, únicamente un 4% y un 1% la consideraron negativa o muy negativa respectivamente.
 2. ¿Cuál es tu opinión de la conferencia a la que asististe?

La valoración media de las conferencias ha sido de 3,55 puntos sobre 5.
 3. ¿Cuál es tu opinión del taller en el que participaste?

La valoración media de los talleres ha sido de 4,1 puntos sobre 5.
 4. Evalúa las explicaciones de los profesores de la ETSIT.

Los profesores han sido evaluados con 4,1 puntos sobre 5.
 - Preguntas relacionadas con el Objetivo 4
 1. ¿Crees que haber asistido a este tipo de actividad puede ayudarte en tu futuro académico?

Un 26 % de los asistentes piensa que estas jornadas pueden tener un impacto muy alto sobre su futuro académico, un 33 % piensa que el impacto puede ser alto, mientras que un 10 % y un 6 % piensan que el impacto puede ser bajo o muy bajo respectivamente.
 - Indica sugerencias para mejorar la actividad.

Las principales sugerencias de mejora que se indicaron son: conferencias más cortas, mayor interactividad, más práctica por parte de los alumnos, asistencia a todos los talleres, pasar todo el día en la universidad y hacer más talleres a lo largo del año.
- Los profesores contestaron diferentes preguntas de la encuesta:
- Preguntas relacionadas con el Objetivo 1
 1. ¿Crees que el contenido de estas jornadas es apropiado para alumnos de esta edad?

El 21 % de los profesores consideraron los contenidos muy apropiados, el 43 % los consideraron apropiados, sólo un 14 % los consideraron poco apropiados y nadie los consideró inapropiados.
 2. ¿Crees que este tipo de actividad es motivadora para los alumnos y puede ayudar en tu trabajo diario en el instituto?

El 22 % de los profesores consideraron la actividad muy motivadora, el 64 % la consideró motivadora, nadie la consideró poco motivadora ni desmotivadora.
 - Preguntas relacionadas con el Objetivo 2
 1. ¿Cuál es tu opinión general de la jornada?

El 29 % de los profesores consideraron la jornada muy

positiva, el 50 % la consideró positiva, sólo un 7 % la consideró negativa y nadie la consideró muy negativa.

2. ¿Cuál es tu opinión sobre la conferencia a la que has asistido?
Las charlas se han valorado con una media de 3,7 puntos sobre 5.
 3. ¿Cuál es tu opinión sobre el taller en el que has participado?
Los talleres han tenido una valoración de 4,3 puntos sobre 5.
 4. ¿Cuál es tu opinión sobre la intervención de los profesores de la ETSIT?
Los ponentes han sido valorados con 4,2 puntos sobre 5.
- Preguntas relacionadas con el Objetivo 5
 1. ¿Cómo evalúas la duración de la jornada?
El 72 % del profesorado consideró la duración adecuada, mientras que un 14 % la consideró breve y otro 14 % extensa
 2. ¿Cómo evalúas en conjunto la organización de la jornada?
La organización fue evaluada como muy buena por un 7 % de los profesores, buena por el 50 %, únicamente el 7 % la consideró mala y nadie la consideró muy mala.
 3. ¿Cambiarías algún aspecto del desarrollo de la jornada? Si es así, indica cuál o cuáles.
Como aspectos a mejorar se indicaron los siguientes: aumento de la participación de los alumnos, posibilidad de asistir a los dos talleres el mismo día, charlas más cortas, disponer del material con anterioridad, menor nivel técnico, mayor práctica e interacción y enseñar más experimentos.
 4. ¿Estarías dispuesto a participar en iniciativas similares en el futuro? Comparte tus motivos.
Todos volverían a participar y encontraron la experiencia interesante y motivadora.

De las respuestas de los asistentes, ambos estudiantes y profesores, se pueden sacar las siguientes lecciones: las actividades deberían tener una duración más amplia a lo largo del curso, con más sesiones, o incluso con un programa de actividades periódicas; la interactividad de un taller está mejor calificada que la pasividad de una conferencia, los estudiantes y sus profesores están más interesados en experimentar la ciencia que en que les cuenten sobre ciencia; la actividad debe realizarse en las instalaciones de la universidad, los estudiantes valoran muy positivamente tener la oportunidad de visitar el campus, así que el escenario es importante.

Para evaluar el Objetivo 3, el proyecto Telecochips hizo un seguimiento de los 480 estudiantes que asistieron a la experiencia, de estos estudiantes 158 pertenecían a primer curso de Bachillerato (16-17 años), mientras que 322 eran de 4º curso de Educación Secundaria Obligatoria ESO (15-16 años). Para los estudiantes de Bachillerato el curso 2013-14 fue su primer curso en la universidad, para los de 4º de Educación Secundaria Obligatoria éste sería el curso 2014-15. Se presenta el análisis separado, ya que los alumnos de 1º de Bachillerato acceden masivamente al sistema universitario, mientras que los alumnos de 4º de la ESO pueden optar por acceder a la universidad o por abandonar los estudios cuando acaban la Educación Secundaria Obligatoria. En este estudio se presentan los porcentajes de asistentes que luego optaron por la UPV como universidad para hacer los estudios, y de éstos, aquellos que optaron por la rama TIC, es decir estudios que engloban tecnologías de

la información y las comunicaciones, entendiendo que el posible impacto de una actividad motivadora de estas características puede llevar a los alumnos a decidirse por cualquier carrera de esta rama, no sólo por Ingeniería de Telecomunicación.

De los alumnos de 1º de Bachillerato 67 accedieron a la Universidad Politécnica de Valencia (un 42,4%), de los cuales 16 (un 23,8 %) optaron por la rama TIC de estudios en la UPV, desconocemos si los alumnos que no accedieron a la UPV accedieron a otra universidad o abandonaron los estudios. De los alumnos de 4º de secundaria, sólo 60 (un 18,6 %) estudian actualmente en la UPV y, de éstos, 22 (un 36,7 %) optaron por la rama TIC, desconocemos si los alumnos que no estudian en la UPV optaron por abandonar sus estudios o eligieron otra universidad.

La UPV oferta anualmente 4500 plazas para nuevos alumnos, de las cuales un 14% pertenecen a la rama TIC. Los datos muestran que de los alumnos asistentes a las Telecochips que optaron por venir a la UPV, el 23,8 % de los que acudieron cuando estaban en 1º de Bachillerato y el 33,7% de los que acudieron cuando estaban en 4º de ESO eligieron la rama TIC; esto es superior a la oferta de plazas que la universidad hace, que normalmente se adecúa a la demanda que tiene, además el impacto es mayor cuanto más jóvenes son los alumnos que realizan la experiencia.

VII. CONCLUSIONES.

Los números de matrícula universitaria de nuevos alumnos se han venido manteniendo en la ETSIT desde hace cuatro años. Sin embargo, debido a la crisis económica, las reducciones en los presupuestos para becas en España y el incremento del precio de la matrícula, el número de nuevos alumnos se ha reducido de forma global un 20% en la UPV el último año, mientras que en la ETSIT se han mantenido, lo cual es esperanzador.

No hemos sido capaces de medir si esta actividad ha tenido un impacto decisivo a la hora de promover los estudios TIC entre los jóvenes, pero desde luego algo ha contribuido. Entendemos que una actividad tan limitada en el tiempo tiene un impacto muy pequeño sobre una decisión tan importante como la carrera profesional elegida. Sin embargo la valoración que los estudiantes y profesores de secundaria hicieron sobre las actividades Telecochips es muy positiva y nos anima a seguir con ellas. Parece que son una manera muy productiva de difundir el conocimiento y los resultados desarrollados en la universidad al resto de la sociedad y prevemos que van a tener un impacto positivo en las vocaciones tecnológicas. De esta forma, y con las lecciones aprendidas en la primera edición hemos puesto en marcha una segunda edición aprovechando la infraestructura del Museo de la Ciencia de Valencia.

El hecho de que el número de vocaciones en el sector TIC está disminuyendo es innegable. No obstante esta tendencia se debe invertir para mantener el progreso en investigación, desarrollo e innovación. Para ello se necesitan acciones a diferentes niveles, como aumentar la relación con institutos de secundaria para promover vocaciones tecnológicas tempranas, difundir la idea de que los estudios TIC no son difícilísimos y aumentar la tasa de satisfacción de los graduados en TIC. Actividades como la descrita en este trabajo son sólo un pequeño ejemplo de acciones que pueden colaborar en despertar el interés de los estudiantes en las materias STEM, pero para invertir la actual situación de falta de vocaciones es necesario considerar otros aspectos: como el contenido de los programas académicos de secundaria, la percepción social de los profesionales de la tec-

nología o la capacidad económica de las familias.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto alguno de intereses para la publicación de este artículo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración en esta experiencia a los siguientes docentes de la ETSIT: Prof. Luis Sempere, Prof. José Manuel Mossi, Prof. Antonio Albiol, Prof. Carlos Hernández, Prof. Ramón Miralles y Prof. Pablo Soto; a los estudiantes de la ETSIT Sr. Amine Taouirsa, Sr. Adolfo García y Sr. Vicent Ferrer; al investigador de la VSC-ESA Sr. David Argiles; al Gerente de la FUNCAE Sr. Fernando León y al Museo de la Ciencia Príncipe Felipe de Valencia.

REFERENCES

- [1] Instituto Nacional de Estadística <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft13%2Fp405&file=inebase&L=0> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [2] Blog of Neelie Kroes, Vice-President of the EC. *Europe urgently needs the right jobs and skills? My mission in Davos*. http://ec.europa.eu/commission_2010-2014/kroes/en/blog/davos-jobs-skills Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [3] OECD. *Employment Outlook 2013* <http://www.oecd.org/els/emp/onlineoecdemploymentdatabase.htm#unr> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [4] Boletín Oficial del Estado (Spain) Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.
- [5] Ministerio de Educación Cultura y Deporte. *Sistema educativo español*. <http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/sistema-educativo.html> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [6] OECD. *Program for Interanational Student Assessment (PISA). Results from PISA 2012 for Spain*. <http://www.oecd.org/els/emp/onlineoecdemploymentdatabase.htm#unr> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [7] everis y e-motiva. *Factores influyentes en la elección de estudios científicos, tecnológicos y matemáticos. Visión de los estudiantes de 3º y 4º de ESO y Bachillerato*. <http://www.everis.com/spain/WCLibraryRepository/References/estudio%20vocaciones.pdf> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [8] El Ingeniero de Telecomunicación: Perfil Socio-Profesional. Ed. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación y Asociación de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid, 2013.
- [9] CSI: Crime Scene Investigation <http://www.cbs.com/shows/csi/> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [10] The Big Bang Theory http://www.cbs.com/shows/big_bang_theory/ Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [11] J. Steinke. *Cultural representations of gender and science: Portrayals of female scientists and engineers in popular films*. Science Communication, **27**, (2005) 27-63.
- [12] J. Steinke, M. Long, M.J. Johnson, and S. Ghosh. *Gender stereotypes of scientist characters in television programs popular among middle school-aged children*. Annual Meeting of the Association for Education in Journalism and Mass Communication, 2008 AEJMC.
- [13] N. Anderson, Cl. Lankshear, C. Timms, and L. Courtney. "Because it's boring, irrelevant and I don't like computers": Why high school girls avoid professionally-oriented ICT subjects. Computers & Education, **50**, no. 4, (2008) 1304-1318.
- [14] S. Lewis, C. Lang, J. McKay. *An inconvenient truth: the invisibility of women in ICT*. Australasian J. of Inf. Systems. **15**, no. 1, 2007.
- [15] L. Jofre, J. Córdoba, and L. Robert. Attracting student vocations into engineering careers: EnginyCAT: Catalonia promotional and prospective plan. Proceedings of the Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE, 1759-1762. ISBN: 978-1-4244-6570-5.
- [16] C.E. Davis, M.B. Yeary, and J.J. Sluss Jr. *Reversing the trend of engineering enrollment declines with innovative outreach, recruiting, and retention programs*. IEEE Trans. Educ., **55** no. 2, 2012, 157-163.
- [17] P.G. LoPresti, T.W. Manikas, and J.G. Kohlbeck. *An Electrical Engineering summer academy for Middle School and High School Students*. IEEE Trans. Educ., **53** no. 1, 2010, 18-25.
- [18] A. Mehrizi-Sani. *Everyday Electrical Engineering: A one-Week Summer Academy Course for High School Students*. IEEE Trans. Educ., **55** no. 3, 2012, 488-494.
- [19] C. Bachiller, J.V. Balbastre, and J. Oliver. *Promoting vocation for Communication and Electronic Engineering*. Proc. Int. Conference on Engineering Education (ICEE-2010), Gliwice, Poland (2010).
- [20] C. Bachiller, C. Hernandez, and J. Sastre. *Collaborative learning, research and science promotion in a multidisciplinary scenario: information and communications technology and music*. Proc. International Conference on Engineering Education (ICEE-2010), Gliwice, Poland, (2010).
- [21] C. Bachiller, J. Sastre, A. Ricchiuti, H. Esteban, and C. Hernández. *Study of the Interference Affecting the Performance of the Theremin*. International Journal of Antennas and Propagation, **2012**, Article ID 348151, 9 pages, 2012.
- [22] S. Berryman. *Who will do science? Minority and female attainment of science and mathematics degrees: trends and causes*. New York: The Rockefeller Foundation (1983) 65-76.
- [23] Fundación Tecnologías de la Información. *The eSkills Week* <http://www.fti.es/evento/teleco-chips-ii-evento-eskills-week-2012> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [24] E. García-Félix, J.A. Conejero, and J.L. Díez. *Entering University: a challenge for the academic guidance*. To appear in REDU. Rev. Doc. Universitaria **12**, 2014, 255-280.
- [25] Museo de la Ciencia de Valencia. *El primer taller "Telecochip" muestra a un grupo de escolares qué es la realidad aumentada* <http://www.cac.es/prensa/noticia/?contentId=130167> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [26] Theremin World <http://www.thereminworld.com/> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [27] European Space Agency (ESA) and Val Space Consortium (VSC) High Power RF Space Laboratory <http://www.val-space.com/highpowerlabrf/?lang=en> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [28] Oceanográfico de Valencia <http://www.cac.es/oceanografic/animales/ficha/?contentId=119207&languageId=1> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [29] Transferable Integrated Design Engineering Education (TIDEE) consortium. <http://www.tidee.wsu.edu/index.html> Último acceso, 26 de junio de 2015.
- [30] E-Skills Tests. <http://eskills.eun.org/web/guest/tests> Último acceso, 26 de junio de 2015.

Carmen Bachiller Martín Ingeniera de Telecomunicación y Doctora en Telecomunicación por la UPV desde 2010. Su investigación está centrada en el estudio del electromagnetismo, en concreto en dispositivos pasivos de microondas para comunicaciones. Es Profesora Titular de Universidad del Departamento de Comunicaciones de la UPV, impartiendo actualmente clase en el Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, en el Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica y en el Máster Universitario en Música. Ha participado en diversas campañas de captación de alumnos y de divulgación científica para alumnos de secundaria desde 2007. Actualmente es Secretaria de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la UPV y directora del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra.

J. Alberto Conejero Licenciado en Matemáticas por la Universitat de València y Doctor por la Universitat Politècnica de València (UPV) desde 2004. Actualmente, es Titular de Universidad de Matemática Aplicada en la ETS de Ingeniería Informática de la UPV. Desarrolla su investigación en dinámica lineal y en aplicaciones multidisciplinares de la Teoría de Grafos. En los últimos años ha participado en la coordinación de diversos programas dirigidos a alumnos preuniversitarios y de mi primer curso desde el Vicerrectorado de Alumnado y Cultura de la UPV, donde ha ejercido como Director del Área de Rendimiento Académico y Evaluación Curricular hasta 2013.