



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2023/2024

Nº de proyecto: 266

Desarrollo de tutoriales y material interactivo para la asignatura
“Antenas” de nueva creación en el Plan 2020 del Grado en
Ingeniería Electrónica de Comunicaciones

Pedro Antoranz Canales

Facultad de Ciencias Físicas

Departamento de Estructura de la Materia, Física Térmica y
Electrónica

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto.

Los objetivos propuestos en la memoria de solicitud para este proyecto son los siguientes:

Objetivo 1

Diseño de las prácticas de la asignatura “Antenas”, de nueva implantación en el curso 2023-2024. Estas prácticas, aún no completamente concretadas (en el momento de la solicitud), consistirán en el diseño, simulación y construcción de antenas, medidas de sus principales características y utilización de las mismas para el diseño y montaje de sistemas tales como radares.

Objetivo 2

Creación de una librería multimedia para acceso de las y los estudiantes del grado y de los egresados (y estudiantes de otras titulaciones).

Objetivo 3

Integración de herramientas (cuestionarios, foros...) para la consulta de dudas y pruebas del conocimiento adquirido con la visualización del material creado.

Los logros que esperamos de estos objetivos a largo plazo y una vez implementados son los siguientes:

Logro 1

Familiarización del estudiantado con el software de simulación, proporcionando la base para que se pueda de manera independiente y con las herramientas proporcionadas por la Universidad realizar diseños y simulaciones de las antenas y sistemas utilizados en las prácticas.

Logro 2

Posibilidad de, en caso de ser necesario, facilitar la virtualización de algunas prácticas de simulación para su realización remota.

Logro 3

Poner a disposición del alumnado herramientas de consulta útiles en la elaboración de Trabajos de Fin de Grado en los que puedan necesitar utilizar alguno de los programas o instrumentos descritos en los tutoriales. En los dos últimos años, se han propuesto tres TFGs relacionados con el tema, como son *Diseño de una red de distribución de señal para un array de antenas reconfigurable*, supervisado por Luis Ángel Tejedor y defendido en el curso 2021-22 o *Diseño e implementación de un radar de efecto Doppler* y *Diseño, construcción y medida de un array de antenas reconfigurable*, supervisados por Luis Ángel Tejedor y Pedro Antoranz respectivamente, cursándose actualmente (en el momento de la solicitud).

Logro 4

Disponibilidad de ejemplos y tutoriales para consulta de egresados en su entorno laboral, así como para estudiantes de máster. Concretamente, en el Máster en Nuevas Tecnologías Electrónicas y Fotónicas existe una asignatura denominada *Compatibilidad*

Electromagnética: Análisis, Diseño y Normativas en la que se hace uso de diferentes antenas y sondas de campo.

2. Objetivos alcanzados

Utilizando como referencia los logros y objetivos del apartado anterior, puede concluirse que se han alcanzado las siguientes metas:

Objetivo 1

Se ha completado el diseño de las prácticas para el curso 2023-2024. El contenido de las mismas ha sido optimizado para cubrir en la medida de lo posible toda la materia impartida en la parte teórica de la asignatura. La división de las sesiones de laboratorio en dos bloques, el primero de simulación y el segundo propiamente experimental, ha permitido la adaptación de los contenidos y fechas de las prácticas a la evolución de la parte teórica en el aula. Si bien es imposible que el estudiantado acuda al laboratorio con todos los conocimientos necesarios de la asignatura ya asimilados, la metodología antes descrita permite que las primeras semanas (en las simulaciones) se traten las partes más generales del temario, que se imparten al comienzo del curso; para las siguientes sesiones de laboratorio (experimentales) se dedica un seminario específico en el cual se indica a las y los estudiantes qué contenidos son de especial interés para las prácticas, además de explicarse los guiones en detalle.

El contenido de este Proyecto de Innovación, a partir del curso 2024-2025, puede ser una pieza más en la preparación por parte del alumnado de las sesiones de laboratorio, ya que previamente pueden haber observado en los vídeos el manejo de la instrumentación, y la revisión de los mismos durante las prácticas quizá pueda aliviar la nada desdeñable carga de trabajo del profesor de laboratorio.

Como se describe posteriormente (y también en la propia web del Proyecto), estas prácticas tienen un carácter dinámico que permite la modificación y mejora de un año para otro.

Objetivo 2

Se han creado menús en la página web del Proyecto que permiten la descarga de guiones de prácticas, así como la visualización de los vídeos de demostración y ejemplos. Se pretende que estudiantes y egresados puedan tener acceso a dicha página, con lo cual no sólo se limite su acceso a la duración de las prácticas de la asignatura, sino a cualquier momento en que pueda ser de utilidad tanto en otras titulaciones diferentes a la Ingeniería Electrónica de Comunicaciones como en posibles entornos laborales de las y los estudiantes egresados.

Objetivo 3

Se ha integrado en la web del Proyecto una página con formularios. Mediante estos, se pretende facilitar la comunicación entre visitantes de la web y los responsables de los contenidos. Si bien los medios ordinarios de contacto también se facilitan (mail, teléfono, ubicación), en ocasiones podría ser interesante ampliar los canales de comunicación con personas interesadas en los contenidos de la asignatura.

En el momento de presentación de la memoria se están terminando de crear los cuestionarios online y los foros de discusión. Estas herramientas, no obstante, están cubiertas en el corto plazo para las y los estudiantes de la asignatura por medio del Campus Virtual, por lo que se ha decidido abordarlas en último lugar, y que en el futuro convivan ambas opciones.

Cabe esperar también que una vez se haya implantado y difundido la web en la asignatura y por otros medios, se alcancen los siguientes logros:

Logro 1

Se irán proporcionando sucesivamente ejemplos de simulaciones con el software que se utiliza en la asignatura. No se aporta tutorial específico de las prácticas de laboratorio porque el trabajo debe ser realizado por las y los estudiantes en el aula de informática, e incluirlo como tutorial exhaustivo no permitiría evaluar correctamente el desempeño en las sesiones de prácticas.

Logro 2

No es esperable ni deseable una situación como la vivida por el confinamiento durante la COVID19, pero en caso necesario, podría utilizarse la web para proponer, realizar y evaluar prácticas de simulación. En esas circunstancias, consideramos que las prácticas de laboratorio serían imposibles de implementar.

Logro 3

Ya se han realizado tres TFGs relacionados con el temario de la asignatura. Actualmente se está completando uno más, *Contribución al desarrollo y prueba de un sistema de radar*. Estos trabajos y otros futuros pueden ser consultados en la web de forma pública.

Logro 4

Se pretende dar difusión a este Proyecto de Innovación entre los alumnos de otras titulaciones. El análisis de las visitas a la página web y a los videos puede ser un indicativo del nivel de alcance de este logro.

3. Metodología empleada en el proyecto

1. Diseño de la página web

La web está alojada en el servidor de la Universidad Complutense de Madrid. Esto permite que tenga más visibilidad dentro de la comunidad Complutense. Aunque el editor web de la UCM no es el más versátil, permite mantener la apariencia oficial de la web UCM. Puede accederse mediante el enlace: <http://ucm.es/practicasantenas/>

2. Creación de los puestos de prácticas

Los puestos de prácticas se encuentran en el Laboratorio de Ingeniería Electrónica de Comunicaciones. Para su diseño se utilizó material propio del laboratorio; algunos elementos, como amplificadores y detectores de potencia se adquirieron para estas prácticas con cargo a los presupuestos de mejora de los laboratorios docentes.

3. Creación de los guiones de las prácticas

Los guiones de las prácticas consisten en documentos PDF, cuyo contenido es la adaptación de temario visto en la parte teórica a las aplicaciones específicas de cada uno de los puestos de prácticas. Estos guiones se entregan a los alumnos una semana antes de la realización de las prácticas.

4. Grabación de los videos

El enorme auge de las redes sociales permite disponer de tecnología multimedia enormemente versátil y potente, impensable hace unos años. De este modo, basta con un móvil de gama media para poder grabar vídeos con calidad semiprofesional. En este caso se utilizó un Samsung Galaxy A54. Para la captura de pantalla del ordenador, una versión del programa *Camtasia* (antiguamente suministrado por los Servicios Informáticos de la UCM). Para la edición de los mismos se utilizó el software gratuito *CapCut*. Todo el material, tanto las grabaciones de la parte experimental como las explicaciones en diapositivas se montaron sobre una presentación en PowerPoint con sus correspondientes descripciones en audio, y se exportaron como vídeo para ser subidas en la plataforma de streaming.

5. Creación de cuestionarios

Se ha probado la Inteligencia Artificial en la creación de cuestionarios. Existen webs que permiten introducir documentos en PDF y automáticamente generan una batería de preguntas. Aunque no se ha conseguido que estén lo suficientemente pulidas, son válidas para aportar ideas sobre cómo crear los cuestionarios. Se ha probado la herramienta ia.testualia.com. Los cuestionarios son publicados en una web gratuita para exámenes tipo tests, testmoz.com

6. Soporte de los vídeos

Para hacer los vídeos disponibles en streaming se utilizó la plataforma *Youtube*, al ser la más ampliamente visitada. Además, la existencia de un canal específico del grupo de Electromagnetismo de la Facultad facilita la retroalimentación, de modo que al visionar uno de los vídeos de una temática determinada, se sugieren automáticamente el resto de los contenidos.

Todo el material elaborado está disponible en la página correspondiente al Proyecto de Innovación 266: <http://ucm.es/practicasantenas>

4. Recursos humanos

Las personas involucradas en el Proyecto, y sus respectivas tareas han sido las siguientes:

Pedro Antoranz Canales: responsable del Proyecto. Encargado de la coordinación las tareas realizadas. Además, ha sido el responsable de la creación de los guiones de las prácticas, el diseño de los puestos de trabajo y la obtención de la instrumentación y demás elementos para el correcto funcionamiento de los mismos. También se ha encargado de la coordinación y desarrollo de las prácticas de laboratorio en el primer curso de la asignatura *Antenas* en la implementación del nuevo Plan 2020 de la titulación. Estas tareas han sido desarrolladas en conjunto con el otro profesor responsable de las prácticas de la asignatura, **José Miguel Miranda Pantoja**, que no figura entre los integrantes del Proyecto por incompatibilidad ya que está adscrito a otro Proyecto de Innovación. También ha colaborado en la creación y edición de los vídeos subidos a Youtube que se enlazan en la página web.

Luis Ángel Tejedor Álvarez: como responsable de las asignaturas *Circuitos de alta frecuencia* y *Fundamentos de Compatibilidad Electromagnética*, posee importantes conocimientos en el campo de las antenas. Ha colaborado en la creación de los puestos de prácticas, además de la grabación de los vídeos de las mismas.

Oibar Martínez Vilchez: como antigua alumna del Máster en Nuevas Tecnologías Electrónicas y Fotónicas y profesora del área de Electromagnetismo en otras Universidades, tiene experiencia en la realización de experimentos de laboratorio. Ha colaborado en la implementación de los puestos de prácticas y en la realización de los vídeos aportados al Proyecto.

Julio Serna Galán: profesor en el Departamento de Óptica, posee gran experiencia en la creación de prácticas de laboratorio. Como tal, ha colaborado en la creación de los distintos puestos.

Alberto Aceituno García, Javier Banegas Paredes, Lara Garay Díaz y María Pérez Garrote: estudiantes de la Facultad, han sido los responsables del diseño y creación de la página web asociada al Proyecto.

Alba Moreno Ramos: pese a que no figuraba inicialmente entre los componentes del Proyecto, su adscripción a un Proyecto de Investigación del Departamento permitió contar con ella para la mejora de algunos de los puestos de prácticas. Ha sido la responsable de crear el software de control de antenas y adquisición de datos en los puestos de medida de diagrama de radiación y caracterización de radar, además de colaborar en la grabación de los vídeos enlazados en la página web.

Noelia de la Plaza Lafuente: alumna del Grado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones, ha cursado la asignatura *Antenas* en su primer año de implantación dentro del Plan 2020. Como tal, ha aportado su visión de las prácticas y las ideas de mejora como estudiante. Además, realizó durante el curso 2023-2024 un TFG, "*Diseño e implementación de un radar de efecto Doppler*" que permitió adoptar nuevas ideas en la práctica de radares. Ha colaborado además en la edición de los vídeos enlazados en la página web.

5. Desarrollo de las actividades

El desarrollo del proyecto se ha dividido en varias etapas, que han estado coordinadas con los requisitos académicos impuestos por la implantación de la asignatura. Si bien se marcó una cronología de actuación en la memoria de solicitud, ésta ha tenido que ser modificada debido a que los miembros del equipo consideraron que la solicitud de una prórroga podría permitir, como así ha sido, una mejora sustancial en la calidad de los puestos de prácticas con respecto al primer año de implantación de la asignatura. Disponer además del laboratorio de Ingeniería Electrónica de Comunicaciones en los periodos en que no se están realizando prácticas de otras asignaturas permite realizar experiencias, comprobaciones y la grabación de los vídeos con mayor tranquilidad y garantías. Por ello se solicitó una prórroga de tres meses para la presentación de la memoria del Proyecto.

A fecha de presentación de la solicitud no se había establecido de manera definitiva el profesor o profesora responsable de la asignatura Antenas en el curso 2023-2024, si bien en reuniones previas de los profesores y profesoras del área se había acordado que sería Pedro Antoranz Canales, responsable de este Proyecto. Una vez realizado el reparto docente, y debido a que debió realizarse un desdoblamiento del grupo de prácticas, se incorporó a las mismas el profesor José Miguel Miranda Pantoja, ya ligado a otro Proyecto de Innovación.

A continuación se describe la cronología real de las actividades realizadas, en relación a lo previsto y reflejado en la memoria de solicitud.

Fase 1. Definición conceptual de los puestos de prácticas.

Mayo – julio de 2023

La asignatura *Antenas* se impartió por primera vez, de acuerdo a la implementación del nuevo Plan 2020 para el Grado en Ingeniería Electrónica de Comunicaciones, en el primer cuatrimestre del curso 2023-24. Acorde a la planificación docente de la asignatura, las prácticas comenzaron en octubre de 2023, con lo cual debió establecerse previamente el formato y contenido de dichas prácticas.

Se realizó un análisis del contenido de la asignatura, del material disponible en el laboratorio y de las posibilidades que esto reflejaba en términos de implementación de puestos experimentales. Esto permitió distribuir la parte experimental de la asignatura en las sesiones de laboratorio especificadas por el plan docente.

La estructura final de las prácticas se muestra a continuación, si bien está sujeta a modificaciones en años sucesivos por posibles mejoras (por ejemplo, la adquisición de material de laboratorio)

Prácticas de simulación:

- Polarización
- Difracción
- Diseño de antena

Prácticas de laboratorio:

- Medida de la ganancia de una antena
- Medida del diagrama de radiación
- Caracterización de las reflexiones en el suelo
- Impedancia de una antena
- Radar

Fase 2. Comprobación de la viabilidad de las prácticas e implementación de las mismas.

15 de julio – 15 de septiembre de 2023

En esta fase, una vez definidas las tareas (simulaciones y medidas) que deberán realizar los y las estudiantes en el laboratorio, los profesores prepararon los programas de simulación y los montajes necesarios para su correcta implementación. Estos montajes son los que posteriormente, con sucesivas mejoras (gracias a la concesión de la prórroga para el Proyecto), se muestran en los vídeos incorporados a la web.

Fase 3. Creación de los guiones de prácticas.

1 de septiembre – 1 de octubre de 2023

Una vez establecido el trabajo a realizar en cada puesto de prácticas, se procedió a la redacción de los guiones que se proporcionarían al alumnado con anterioridad al comienzo de las sesiones de laboratorio. Como es lógico, al igual que las propias prácticas, los guiones están sujetos a posibles mejoras a lo largo de los sucesivos años de impartición de la asignatura.

Fase 4. Realización de las prácticas y recopilación de las principales necesidades de los y las estudiantes.

Octubre – diciembre de 2023

A lo largo del primer cuatrimestre del curso 2023-24 se realizaron las prácticas por los y las estudiantes de la asignatura. En esta fase se observaron cuáles son las principales dificultades encontradas por el alumnado, con la intención de centrar el material audiovisual a realizar en estos ítems. Para ello se recabó información de manera informal por medio de las aportaciones de estudiantes, así como mediante la corrección de las memorias de prácticas.

Fase 5. Desarrollo de la página web y del soporte en el que se almacenará el contenido multimedia.

Octubre de 2023 – octubre de 2024

Esta fase fue desarrollada en paralelo con las anteriores. En ella se creó el marco para la incorporación del material posteriormente elaborado (página web oficial de la UCM). Se estudiaron las plataformas más eficientes para el almacenamiento, decidiéndose finalmente por utilizar la más popular (Youtube) y enlazando vídeos a la Web del proyecto. Se consideró que la extrema popularidad de esta plataforma de streaming, pese a la existencia de publicidad en ella, podría contribuir a la mejor difusión de los contenidos. Asimismo, se hicieron pruebas de edición de los posibles contenidos audiovisuales que posteriormente se incorporarían a la web.

Fase 6. Grabación de vídeos con la descripción de la instrumentación utilizada en las prácticas, y de los procedimientos de medida de las mismas.

Septiembre de 2024

Esta fase es la que se ha sufrido retrasos con respecto a la planificación inicial. Si bien estaba propuesta su realización para los meses de enero y febrero de 2024, la

realidad fue que en esas fechas el laboratorio de la Ingeniería Electrónica de Comunicaciones debía lógicamente ser utilizado para las prácticas de otras asignaturas de la titulación. Para no tener que estar montando y desmontando continuamente puestos de prácticas, se decidió solicitar una prórroga del proyecto y esperar a la finalización de otros laboratorios para la grabación de los vídeos ya planificados. Esto permitió además incorporar mejoras sustanciales a los puestos de prácticas, que fueron realizadas a lo largo de junio, julio y septiembre de 2024.

Fase 7. Depuración de errores.

Septiembre de 2024

Una vez finalizadas las fases 1-6, se realizó la revisión de los contenidos para encontrar posibles errores o fallos, así como sugerencias de mejora para futuras versiones. Como la web está planteada para dar soporte a una asignatura en evolución, se contempla que vayan incorporándose a la web nuevos contenidos con el paso del tiempo, pese a la finalización de los plazos y tareas reflejados en este Proyecto.