



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo

## Aprendizaje colaborativo basado en proyectos en el marco del Master Universitario en Ingeniería Informática (PINN-18-B-014)

---

### *Convocatoria de los Proyectos de Innovación Docente 2018*

Rubén Usamentiaga Fernández - rusamentiaga@uniovi.es - Departamento de Informática  
Francisco Jose Suarez Alonso - fjsuarez@uniovi.es - Departamento de Informática  
Pablo Javier Tuya González - tuya@uniovi.es - Departamento de Informática  
María José Suárez Cabal - cabal@uniovi.es - Departamento de Informática  
Victor Corcoba Magaña - corcobavictor@uniovi.es - Departamento de Informática  
Javier García Martínez - javier@uniovi.es - Departamento de Informática  
Juan Carlos Granda Candás - jcgranda@uniovi.es - Departamento de Informática  
Julio Molleda Meré - jmolleda@uniovi.es - Departamento de Informática  
José María López López - chechu@uniovi.es - Departamento de Informática  
Jorge Puente Peinador - puente@uniovi.es - Departamento de Informática  
Susana Irene Diaz Rodriguez - sirene@uniovi.es - Departamento de Informática

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en proyectos, Proyecto coordinado, Modelo CDIO, Máster Universitario en Ingeniería Informática

### Tipo de proyecto

Tipo A (PINN-18-A)	<input type="checkbox"/>
--------------------	--------------------------

Tipo B (PINN-18-B)	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------------	-------------------------------------

*El proyecto de innovación es de tipo B, y supone la continuación del proyecto realizado a lo largo de curso pasado que tuvo una respuesta general positiva. A lo largo de la experiencia previa se obtuvo una valiosa realimentación de los alumnos y profesores. Además, se observaron áreas de mejora, especialmente en coordinación, metodología y presentación de contenidos a los alumnos. En este proyecto se realiza una mejora de todos estos aspectos a partir de la experiencia del curso anterior. Además, de manera particular en asignaturas concretas se hace énfasis en los aspectos que suponen mayor rendimiento académico para los alumnos.*



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

## **Resumen / Abstract**

El aprendizaje basado en proyectos permite desarrollar competencias de enorme importancia, incluyendo las necesarias competencias transversales donde se incluyen aspectos como la capacidad de resolver problemas, la capacidad para tomar decisiones, habilidades de comunicación, de organización del trabajo y de gestión del tiempo. En este proyecto de innovación se pretende aplicar este modelo de enseñanza-aprendizaje en el contexto del Máster Universitario en Ingeniería Informática mediante la realización de un proyecto coordinado entre varias asignaturas de la titulación. Se pretende por un lado mejorar la coordinación de las asignaturas y la formación que se ofrece a los alumnos mediante la realización de un proyecto coordinado entre 7 de las 16 asignatura de la titulación, pero también que los alumnos se enfrenten a un problema complejo con autenticidad, que represente un reto que requiera un enfoque multidisciplinar y que, por tanto, trascienda a las asignaturas individuales. El proyecto representa la continuación de una experiencia de innovación educativa realizada durante tres cursos, donde se han ido mejorando la coordinación y los resultados a partir de la realimentación recibida.

## **1 Contribución del proyecto a la consecución de los objetivos específicos y de los objetivos de la convocatoria**

### **1.1 Objetivos específicos y objetivos prioritarios de la convocatoria conseguidos**

El proyecto de innovación encaja en los objetivos de la convocatoria en tres apartados. En primer lugar, respecto a la innovación docente en el ámbito de la metodología docente, donde el proyecto persigue la mejora de la formación del alumnado mediante un incremento en su motivación dentro del proceso de aprendizaje, generando titulados con una mejor preparación para su integración en el mercado laboral. También aparece una alineación del proyecto respecto a la innovación docente para el desarrollo de competencias transversales en los estudios universitarios y para la inclusión de temáticas transversales. En este sentido, el proyecto desarrolla competencias transversales donde se incluyan aspectos como la capacidad de resolver problemas, la capacidad para tomar decisiones, habilidades de comunicación, de organización del trabajo y de gestión del tiempo. Adicionalmente, un objetivo específico del proyecto es el desarrollo de estrategias de coordinación de la docencia entre asignaturas del dentro del Máster Universitario en Ingeniería Informática, que contribuye a la consecución del objetivo de la convocatoria innovación en el ámbito de la coordinación docente.

### **1.2 Mejoras a la convocatoria, grado de pertinencia de las mismas, modificaciones al proyecto inicial y justificación de los cambios**

Se considera que el proyecto encaja con tres líneas de la convocatoria en igual medida: (1) Innovación docente en el ámbito de la metodología docente, (2) Innovación docente para el desarrollo de competencias transversales y (4) Innovación en el ámbito de la coordinación



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

docente. Por tanto, el proyecto se adecúa a la finalidad y a los aspectos de la convocatoria. No se han efectuado modificaciones respecto al planteamiento inicial del proyecto.

## **2 Contribución del proyecto al plan estratégico de la Universidad y repercusiones en la docencia.**

### **2.1 Alineamiento del Proyecto de Innovación Docente con el Plan Estratégico 2018-2022 de la Universidad de Oviedo en materia docente.**

El proyecto se alinea con FAE, Acciones estratégicas en formación, actividad docente y empleabilidad. En concreto con FAE 5, Puesta en marcha de un programa de actualización en métodos educativos. Es precisamente este aspecto el que se considera el objetivo fundamental del proyecto, desarrollando nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje basado en proyectos. Esta aproximación a la enseñanza-aprendizaje fundamentalmente permite que el alumnado desarrolle competencias con menos esfuerzo y fije conocimientos de una manera más permanente.

### **2.2 Grado de consecución de las repercusiones esperadas del proyecto (en la docencia específica y en el entorno docente)**

Tal y como se planteaba en las repercusiones esperadas del proyecto en el plan inicial, se ha conseguido aumentar la colaboración entre profesores de la titulación. Han sido necesarias reuniones periódicas para hacer seguimiento del trabajo y para gestionar la coordinación. Esta necesidad ha incidido positivamente en la coordinación docente de la titulación. Por tanto, en este aspecto se considera que el grado de consecución ha sido pleno. Adicionalmente se planteaba como repercusión la posible publicación de resultados en revistas, libros, jornadas o congresos distinto de las Jornadas de Innovación Docente de Uniovi. En este sentido se ha realizado una publicación en 26 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (26 CUIEET), consiguiendo por tanto la repercusión esperada. La utilización de herramientas y aplicaciones tecnológicas avanzadas al servicio de la propuesta metodológica es otro aspecto que se considera cumplido, siendo una parte fundamental del desarrollo de proyecto coordinado, incluyendo aspectos como la nube, la programación de drones o los sistemas distribuidos y visualización 3D, por indicar algún ejemplo. Por último, dados los positivos resultados de la experiencia, se pretende dar continuidad al proyecto en cursos posteriores ampliándolo y mejorándolo, que era otra de las repercusiones esperadas.

## **3 Memoria del Proyecto**

### **3.1 Marco Teórico del Proyecto**

La base teórica del proyecto se fundamenta en el aprendizaje basado en proyectos (PBL, Project-based learning) [Krajcik2006]. En general, hay una gran diversidad tanto en las definiciones de aprendizaje basado en proyectos como en los enfoques sobre su utilización [Barron1998, Bell2010]. En este proyecto se identifican cinco aspectos como clave dentro de la



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

metodología: (1) la utilización del aprendizaje basado en proyectos como aspecto central del currículo, no periférico, (2) la utilización de proyectos que enfrenten a los alumnos con problemas que permitan encontrar los conceptos centrales de la disciplina, (3) la utilización de proyectos que involucren a los alumnos en la investigación, en la construcción de conocimiento, en la toma de decisiones y en la resolución de problemas, (4) la utilización de proyectos que se centren en el alumno, y eviten guiones o trabajo dirigido por el profesor, y (5) la utilización de proyectos realistas, que proporcionen a los alumnos una sensación de autenticidad. Los aspectos comentados encajan con los objetivos del Máster Universitario en Ingeniería Informática impartido en la Universidad de Oviedo: proporcionar al alumnado una formación integral que desarrolle nuevas competencias tecnológicas, metodológicas y también de dirección y gestión en empresas o departamentos de Informática [Suárez2015]. De esta forma, se persigue que los estudiantes adquieran unas habilidades que les capaciten para analizar necesidades, concebir estrategias, planificar recursos y dirigir proyectos. Es por tanto necesario que, durante su formación, el alumnado se enfrente a la resolución de proyectos complejos del mundo real que les permitan adquirir las habilidades, destrezas y competencias necesarias para el desarrollo de su profesión.

La metodología del aprendizaje basado en proyectos tiene sus bases en el constructivismo, una metodología basada en la construcción de significado y la resolución de problemas, donde los alumnos abstraen el conocimiento y lo extrapolan a otros ámbitos de forma dinámica, es decir, los alumnos aprenden mientras crean. Dentro de la metodología del aprendizaje basado en proyectos existen diversas aproximaciones, siendo una de las de mayor éxito en el campo de la ingeniería el modelo CDIO [Crawley2007], cuyas iniciales enfatizan los principios del modelo de aprendizaje que se propone: Concebir, Diseñar, Implementar, y Operar. En resumen, aprender pensando, haciendo y usando. Esta iniciativa pretende conseguir una transformación global en la formación que se proporciona en la ingeniería, exponiendo a los alumnos a situaciones reales que se encuentren en el ejercicio de su profesión y que tengan impacto en el desarrollo de habilidades y competencias significativas. Existen múltiples trabajos donde se analizan las claves para la aplicación de este modelo, como por ejemplo [Peihua2008] para la Universidad de Shantou o [Wang2008] para el MIT. En estos trabajos se resaltan los excelentes resultados obtenidos, donde los alumnos mejoran significativa-mente su capacidad de auto-aprendizaje y su habilidad para resolver problemas. En [Chen2013] se propone la aplicación de un modelo CDIO para la enseñanza de titulaciones de informática, con aspectos concretos de aplicación a esta disciplina. Otros ejemplos de aplicación de este modelo al ámbito de la informática se pueden encontrar en [Zhang2009] y [Jingdong2011]. En estos trabajos se describen con detalles ejemplos de proyectos desarrollados en colaboración entre varias asignaturas, como por ejemplo el desarrollo web con aspectos de procesamiento de imágenes y bases de datos. El desarrollo de estos proyectos rompe el enfoque tradicional de asignaturas independientes, para resolver un problema de mayor entidad donde el proyecto es la base para conseguir formar a los alumnos en la creación de diseños innovadores. A pesar de que el modelo CDIO se



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo

plantea de forma global, existen ejemplos de aplicación también en el ámbito de asignaturas concretas, como por ejemplo en el contexto de los sistemas empotrados [Li2010].

### **3.2 Metodología utilizada**

#### *3.2.1 Plan de Trabajo desarrollado*

El proyecto se enmarca en el Máster Universitario en Ingeniería Informática. Este máster está vinculado con el ejercicio de la profesión de Ingeniería Informática conforme a las directrices nacionales e internacionales, y forma a profesionales altamente cualificados en la disciplina. El máster consta de 90 ECTS, que se imparten durante un curso académico de manera presencial (60 ECTS) y medio curso más de manera no presencial donde se realizan las prácticas en empresa y el trabajo fin de máster. El proyecto de innovación docente se realizará en 7 de las 16 asignaturas de la titulación, donde el alumnado se dividirá en grupos aproximados de 5 personas. Estos grupos se mantendrán constantes a lo largo de todo el curso académico, tanto el primer como el segundo semestre. De esta forma, cada grupo puede ir elaborando su proyecto a medida que se imparten las asignaturas durante el curso. Cada asignatura involucrada en el proyecto de innovación aborda una temática y desarrolla unas competencias que cada grupo de trabajo deberá aplicar al proyecto. Por tanto, se organizarán los siguientes equipos de trabajo:

- Equipo 1: Francisco Jose Suarez Alonso, Pablo Javier Tuya González, María José Suárez Cabal, Víctor Corcoba Magaña
- Equipo 2: Javier García Martínez
- Equipo 3: Rubén Usamentiaga Fdez, Pablo Javier Tuya González
- Equipo 4: Julio Molleda Meré, José María López López
- Equipo 5: Juan Carlos Granda Candás
- Equipo 6: Jorge Puente Peinador, Susana Irene Díaz Rodríguez

El plan de trabajo se ha organizado en las siguientes tareas:

#### **Introducción del proyecto y elaboración de los grupos de trabajo. Definición del producto y los servicios que intervienen en el mismo (Equipo 1)**

Esta tarea se desarrolla en el contexto de la asignatura Productos y Servicios TIC, que tiene como objetivo diseñar, implantar, operar, mantener y auditar productos y servicios en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Para ello, la asignatura se centra en las metodologías, estándares y marcos de trabajo para el gobierno y la gestión de productos y servicios proporcionados tanto por empresas del ámbito TIC como por departamentos de informática en cualquier tipo de empresa. En el contexto del proyecto coordinado, como esta es la primera asignatura que se imparte, se presenta el servicio a desarrollar y se muestra cómo se coordinan las asignaturas involucradas para llevarlo a cabo. El servicio tiene como clientes objetivo a las administraciones públicas, encargadas de gestionar los parques naturales, y proporciona ayuda para la detección y extinción de incendios mediante el uso de drones.



La arquitectura básica del servicio se muestra en la siguiente figura. El sistema consta de un conjunto de drones asociados a múltiples estaciones de control que interactúan con una estación central que se encarga de gestionar y controlar el sistema. El sistema básico incluye un conjunto de funcionalidades mínimas que servirán de base para trabajos del proyecto coordinado en sucesivas asignaturas: establecimiento de rutas de vuelo para los drones, control manual del vuelo de los drones, visualización normal y térmica de la zona, captura y almacenamiento de datos (geoposición, condiciones atmosféricas e imágenes) y transmisión de la información en tiempo real hacia el sistema central a través de las estaciones locales.



### **Diseño de arquitectura hardware necesaria, dados los requisitos computacionales, para dar soporte al proyecto (Equipo 2)**

Esta tarea se engloba dentro de la asignatura Tecnología de Servidores y Sistemas Operativos, que se focaliza en el estudio de las infraestructuras requeridas para dar soporte al Sistema Central. Para cada grupo de trabajo se plantean dos alternativas de estudio: (1) implementación en el CPD del propio proveedor del servicio; y (2) implementación en un proveedor externo de servicios “cloud”. En el caso (1), los alumnos realizan un ejercicio de dimensionamiento de infraestructura (servidores, redes y almacenamiento), de modo que las capacidades de cómputo y almacenamiento seleccionadas se ajusten a las necesidades del servicio. En el caso (2), los alumnos analizan los recursos ofrecidos por un proveedor de “cloud computing”, con objeto de seleccionar el conjunto de recursos necesarios para dar soporte a una implementación del Sistema Central sobre las infraestructuras del proveedor de “cloud”. Con relación al proyecto coordinado del año anterior, se realiza la simplificación de eliminar la parte correspondiente a la infraestructura de recuperación ante desastres. De esta forma, los alumnos pueden poner toda su atención en el diseño de la parte principal del sistema, de modo que el trabajo exigido a los alumnos resulta mejor dimensionado. Otro cambio respecto al año anterior es la reducción del número de proveedores de “cloud” a analizar. Se pasa a utilizar solo los dos proveedores más importantes del mercado, Amazon y Microsoft Azure. Los trabajos de los alumnos se centrarán en uno de estos proveedores. La temática del trabajo coordinado se alinea totalmente con los objetivos de la asignatura, que se centra en el concepto de infraestructura virtual.



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

### **Diseño, implementación y control de calidad de los servicios remotos de gestión de los datos e información (Equipo 3)**

Esta tarea se centra en el diseño del sistema y la gestión de su calidad. En asignaturas previas los alumnos han realizado una definición de requisitos y especificaciones del producto. En el contexto de las asignaturas, Aplicaciones y Sistemas Distribuidos y Calidad de Procesos y Productos, el alumnado implementa el sistema siguiendo las indicaciones previas. Conceptos como la definición de abstracciones, la partición en procesos y las comunicaciones son aplicados en el contexto del diseño del sistema. Adicionalmente, estrictas medidas de calidad son aplicadas para verificar que la funcionalidad implementada en el sistema se ajusta a los requisitos. La gestión de pruebas automáticas y el control de calidad se ponen en práctica para mejorar el resultado final del producto. También se hace hincapié en la descomposición del sistema en componentes distribuidos desacoplados que se comuniquen a través de la red. Además, dentro del proyecto los alumnos deben proporcionar solución a los tipos de comunicaciones, síncronas o asíncronas, a los protocolos y metodologías a utilizar, junto con las herramientas de integración que deben de utilizar, incluyendo por ejemplo colas de mensajes y cachés.

Respecto al curso anterior se han realizado diversas modificaciones en el planteamiento. Se observó que los alumnos dedicaban mucho tiempo en la elaboración de simuladores para poder hacer las pruebas, siendo su importancia en el contexto del proyecto baja. Por tanto, esta parte se les ha suministrado pre-diseñada, de forma que no dediquen esfuerzo en este aspecto de menor interés. Además, las definiciones de los modelos de datos se trabajan desde principio de curso, lo que simplifica el diseño y la implementación en esta tarea.

Adicionalmente a lo largo de esta tarea, se ha organizado el trabajo de los alumnos por hitos de entrega semanales. Estos hitos representaban una meta parcial evaluable, que obliga a los alumnos a organizar mejor el trabajo y suponen una motivación adicional para progresar activamente a lo largo de la asignatura.

### **Diseño de sistemas empotrados para los drones (Equipo 4)**

Esta tarea se centra en que los alumnos apliquen conocimientos de sistemas empotrados para la programación de los drones. La parte práctica de la asignatura ha girado en torno a la aplicación de los conceptos teóricos en un dron cuadricóptero, un ejemplo muy paradigmático de sistema empotrado. Se ha realizado desde dos perspectivas complementarias:

i) Estudio de un dron con hardware/software libre basado en la plataforma Ardupilot. El estudiante recibe información básica sobre los principios físicos de funcionamiento, hardware de control, el controlador de vuelo, etc. Los estudiantes del curso anterior habían tenido dificultades a la hora de programar las comunicaciones desde cero con el dron, por lo que este curso se decidió proporcionarles una clase C# con la funcionalidad básica de comunicaciones.





Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

Los estudiantes se organizan en grupos de trabajo y llevan a cabo el vuelo de un dron simulado en primer lugar, para más adelante realizar el vuelo autónomo del dron real sobre el campo de vuelo del Campus de Gijón, siguiendo una ruta pre-programada cargada in situ.

ii) Programación del firmware de pequeños controladores relacionados con el dron. Los estudiantes se organizan en pequeños grupos de 2 o 3 integrantes e implementaron sistemas que van desde el control remoto vía Wifi del dron, sónar para la medición de altitud, módulo de telemetría serie y configuración vía web del mismo. Con respecto al curso anterior, se han eliminado aspectos superfluos que han simplificado la complejidad de los proyectos, lo que ha mejorado la tasa de éxito y la motivación de los estudiantes.

### **Diseño de gráficos y visualización (Equipo 5)**

Esta tarea se lleva a cabo en el contexto de la asignatura Computación Gráfica y Servicios Multimedia, que está estructurada en dos grandes bloques. En un primer bloque se introduce al alumnado los fundamentos básicos de los sistemas gráficos y los procesos de renderizado más comunes, lo que incluye analizar y comprender los principales esquemas de modelado tridimensional, así como combinar las técnicas de modelado y visualización para sintetizar imágenes de calidad. En un segundo bloque el alumno adquiere las competencias necesarias para diseñar y desarrollar aplicaciones y servicios multimedia, así como conocer y analizar las tecnologías involucradas en los mismos, con especial atención a los servicios de vídeo bajo demanda.

En el contexto del proyecto coordinado los alumnos desarrollan la interfaz gráfica de usuario del sistema de seguimiento de drones, geocalizando los drones en vuelo y sus rutas planificadas. Esta interfaz permite el acceso a una vista detalle con una visualización en 3D del dron sobre un mapa de la zona en la que se encuentra. De esta forma, se ofrece al usuario una perspectiva aproximada del campo de trabajo de cada dron. Para la parte de la vista 3D los alumnos deben analizar y diseñar un entorno gráfico en el que se combinen ortofotos o fotos satelitales obtenidas de servicios públicos de mapas con un modelo 3D del dron junto con la ruta que tiene asignada, posicionando el dron de acuerdo a sus coordenadas en tiempo real.

En el presente curso académico, los alumnos obtienen las coordenadas del dron registradas por el sistema en tiempo real, a diferencia del anterior, donde las posiciones se generaban de forma sintética para simular el recorrido del dron siguiendo su ruta planificada. Así, tanto las coordenadas de su posición como la ruta son proporcionadas por el backend.

Junto con la posición exacta del dron, la interfaz de usuario reproduce en la vista detalle un vídeo en streaming procedente de la cámara montada en el dron. Durante este curso, se ha optado por un vídeo sintético para reducir la dificultad del trabajo. En cualquier caso, los alumnos deben valorar la alternativa tecnológica más adecuada para la distribución de los flujos de vídeo capturados por los drones. Esto puede implicar el uso de proxys u otras arquitecturas de distribución más complejas en función del número de clientes y drones.





Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

### **Planificación de rutas aéreas usadas por los drones para la inspección de zonas de interés usando técnicas de inteligencia artificial (Equipo 6)**

En esta tarea se lleva a cabo la planificación de rutas aéreas usadas por los drones para la inspección de zonas de interés usando técnicas de inteligencia artificial. La asignatura de Métodos Basados en el Conocimiento Aplicados a la Empresa plantea como objetivo dotar a los estudiantes de un espectro heterogéneo de técnicas y herramientas de Ingeniería del Conocimiento para explotar los Sistemas de Información disponibles en cada caso. Esta asignatura se ubica temporalmente en el bloque final de asignaturas del máster, lo que permite disponer de un sistema de información prácticamente completo del proyecto coordinado. En ella los estudiantes, a diferencia de la fase anterior del proyecto de innovación, deberán no solo enfrentarse a su implantación en una ubicación real, concretamente un bosque de montaña, sino que además deberán desarrollar un benchmarking y ajuste de parámetros (mediante simulaciones) de las metaheurísticas aplicadas en el diseño automático de rutas de vuelo de los drones asegurando la cobertura eficaz y eficiente de la región a supervisar: el campo de vuelo de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Además, se ha planteado un escenario multiobjetivo donde se tratan de optimizar objetivos contrapuestos al minimizar simultáneamente el tamaño de la flota de drones y el consumo máximo estimado de batería de los mismos.

Otra novedad con respecto a la anterior edición, estará en la división del trabajo no solo en grupos independientes, sino que parte de la tarea: captura y pre proceso de los mapas de entrada, así como la elección de la cámara de térmica instalada en los drones, ha de ser pertrechada por todos los grupos de forma colaborativa para unificar el escenario y condiciones de la instancia que se utilizará en el benchmarking del algoritmo genético multi-objetivo utilizado. A partir de este punto, cada grupo deberá modelar su propia solución como un problema multi-objetivo y actuar como expertos al tener que aprender en qué medida afectan las diversas variables y restricciones, no solo económicas o tecnológicas, sino también orográficas y medioambientales que suponen interaccionar con un sistema vivo como es una reserva natural.

Otra novedad en esta edición será la introducción de una primera versión heurística basada en una propuesta de algoritmo voraz, propia de cada grupo, que marcará la solución a batir mediante las técnicas revisadas de Inteligencia Artificial.

### **Evaluación de los resultados (Todos los equipos)**

En esta tarea están involucrados todos los profesores participantes y tiene como objetivo hacer una evolución final de los resultados.

#### *3.2.2 Descripción de la Metodología*

A partir de los equipos de trabajo, las tareas del proyecto coordinado se llevan a cabo dentro de cada asignatura que se realizarán parcialmente dentro de las horas asignadas a las prácticas



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

de laboratorio y a las horas dedicadas en la organización docente al trabajo en grupo. En el contexto de cada asignatura se evaluarán las tareas realizadas por los alumnos referentes al proyecto. Esas evaluaciones formarán parte de la nota final de cada asignatura. Los profesores de cada asignatura serán los responsables de dirigir la realización del proyecto en las tareas asignadas a su asignatura, donde actuarán como proveedores de recursos y expertos, siendo también participes en las actividades de aprendizaje.

El desarrollo del proyecto es acumulativo, es decir, los resultados obtenidos en una asignatura serán la base para determinar las soluciones a las siguientes tareas. De ahí que una de las lecciones que intenta transmitir este proyecto es que el alumnado debe responsabilizarse de su trabajo, siendo además consciente de las implicaciones que puede llegar a tener la resolución de tareas de manera poco satisfactoria, dado que el fracaso en las tareas del proyecto abordadas en una asignatura puede tener consecuencias en las fases siguientes del proyecto.

### **3.3 Resultados alcanzados**

El proyecto se ha enfocado teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cursos anteriores, haciendo énfasis en aquellos aspectos que se consideran de más interés, y liberando aquellas partes que se consideraban detalles de menor importancia y donde el alumnado dedicaba un gran esfuerzo. Además, se ha mejorado notablemente la coordinación entre asignaturas, al conocer de antemano algunas cuestiones derivadas del trabajo a lo largo de cursos anteriores. Como ejemplo concreto, se ha conseguido una mayor coordinación en las asignaturas Tecnología de Servidores y Sistemas Operativos (SSO) y Productos y Servicios TIC, de modo que el diseño del sistema central elaborado por los alumnos ha podido ser plenamente aprovechado en la asignatura Productos y Servicios TIC. A lo largo de la asignatura SSO, los alumnos elaboran una memoria técnica sobre las dos alternativas de diseño para el sistema central: implementación en el CPD del propio proveedor del servicio, e implementación en un proveedor externo de servicios “cloud”. Cada versión incluye la arquitectura de componentes, los cálculos de capacidad (para determinar una dimensión apropiada de la infraestructura), el catálogo de componentes elegidos y el presupuesto. La memoria concluye con un análisis comparativo de las dos alternativas de diseño, indicando las ventajas e inconvenientes de cada una y justificando la opción elegida.

A lo largo de las asignaturas Aplicaciones y Sistemas Distribuidos y Calidad de Procesos y Productos, el alumnado ha desarrollado un sistema de información complejo, completamente distribuido y siguiendo estándares y tecnologías modernas, de gran importancia para su desarrollo profesional. En comparación con cursos previos, la mejora en la planificación del trabajo y el no tener que centrarse en aspectos de detalle, les ha permitido construir sistemas más completos dedicando un esfuerzo reducido.

Al final del proyecto, el alumnado ha obtenido unos resultados muy satisfactorios y motivadores, al conseguir aplicar las tecnologías analizadas en las asignaturas para hacer volar



un dron real. En el curso anterior, la prueba final en campo no se pudo llevar a cabo por problemas técnicos. Además, como resultado del trabajo los alumnos presentan las interfaces desarrolladas y ponen en común las soluciones técnicas adoptadas. Esto les permite contrastar diferentes enfoques a la hora de abordar problemas similares. Durante el desarrollo del trabajo se observan altos niveles de colaboración entre los miembros de los distintos equipos, lo que redundará en un resultado de mayor calidad. A modo de resumen, la realización del proyecto coordinado en el contexto de la asignatura Computación Gráfica y Servicios Multimedia les ha permitido a los alumnos integrar la mayor parte de las tecnologías vistas en la asignatura en un desarrollo real de forma satisfactoria, lo cual no sería posible en proyectos sin la envergadura del planteado.

En el contexto de la planificación de rutas, aunque el objetivo inicial de asignar una tarea común extra grupal era favorecer la comunicación, así como el contraste de hipótesis y resultados entre los distintos grupos de forma autónoma, lo que ha revelado es la dificultad de esta comunicación y de su coordinación, tomando algunos grupos la delantera al no trabajar con una misma agenda. Ya en la tarea de cada grupo los resultados han sido mínimamente satisfactorios, no por pocas horas de trabajo empleadas sino por el afán de probar distintas configuraciones del algoritmo genético sin analizar a priori su posibilidad de mejora en las soluciones. No por ello la experiencia ha sido negativa, ya que les ha permitido razonar la importancia de valorar el esfuerzo y recompensa en la aplicación de técnicas complejas como son las metaheurísticas. Se ha podido ver la importancia no solo de replicar en cada grupo la tarea a resolver, sino de plantear parte de la misma como una tarea a repartir y desarrollar por todos los grupos de forma colaborativa. Potenciando el carácter crítico con los resultados obtenidos no solo en su solución sino en las del resto de grupos.

### 3.3.1 *Valoración de indicadores*

Como indicadores para recoger información se han utilizado encuestas. Se han diseñado dos encuestas: una para profesores y otra para alumnos. Cada encuesta consta de seis preguntas, es decir, se ha diseñado una encuesta breve para evaluar algunos aspectos fundamentales con agilidad. Tanto en la encuesta de profesores como la de alumnos hay tres preguntas comunes, lo que permite evaluar los mismos resultados desde dos puntos de vista. Las otras tres preguntas son específicas para alumnos y profesores.

A continuación, se muestran las preguntas junto con los resultados obtenidos.

Pregunta	Alumnado (2018)	Alumnado (2019)	Profesorado (2018)	Profesorado (2019)
Valora de forma general el proyecto coordinado respecto a los métodos de enseñanza y evaluación más tradicionales	6.6 (std 2.2)	8.5 (std 0.5)	8.1 (std 1.0)	8.6 (std 0.96)
Valora los aspectos organizativos y metodológicos junto con la presentación de los materiales	3.0 (std 1.9)	6.2 (std 0.4)	7.0 (std 0.8)	7.6 (std 0.5)
Valora el grado en el que consideras que el	7.8	8.5	8.8	9.1



proyecto coordinado es una actividad útil para mejorar la capacidad de resolver problemas, de tomar decisiones, de comunicación, de organización del trabajo y de gestión del tiempo	(std 1.3)	(std 1.04)	(std 0.9)	(std 0.7)
Valora la actitud e implicación de los profesores	7.2 (std 2.3)	6.8 (std 0.75)		
Valora lo que has aprendido durante las actividades del proyecto coordinado	7.0 (std 2.6)	7.5 (std 1.04)		
Cuantifica el tiempo invertido en relación al trabajo en otras asignaturas que no estaban involucradas en el proyecto coordinado (10: Muy superior, 1: muy inferior, 5: igual)	9.6 (std 0.5)	6.8 (std 1.4)		
Valora la actitud e implicación de los alumnos			6.9 (std 0.9)	7.2 (std 1.2)
Valora el proyecto coordinado desde el punto de vista de la coordinación con otras asignaturas			7.8 (std 1.0)	7.9 (std 1.1)
Valora el grado en el que consideras que se han cumplido los objetivos planteados			7.3 (std 1.1)	7.5 (std 1.1)

Se puede observar como en general la valoración realizada por los alumnos respecto al curso previo es muy superior. Si en 2018 se valoraba con una nota media de 6.6, en 2019 se han incrementado hasta 8.5. Esto indica que la experiencia que perciben los alumnos ha mejorado respecto al curso previo. Además, mejora significativamente la valoración recibida en otros aspectos, como la coordinación observada.

Otro aspecto a destacar es la cuantificación del tiempo del alumnado en relación a otras asignaturas que no estaban involucradas en el proyecto coordinado. Como se puede observar el valor obtenido este curso (6.8) se acerca más a 5, que indica una valoración similar del esfuerzo. Este valor se ha reducido de forma muy importante, el curso pasado fue un 9.6. Evidentemente, esto es una clara indicación que las mejoras en la coordinación dentro del proyecto realizado han surtido efecto. A pesar de que los resultados han sido en general mejores que en el curso pasado, el alumnado percibe que no ha dedicado tanto trabajo.

La valoración del profesorado es similar a la del curso previo y, en general, se puede considerar como muy positiva, tanto respecto a la capacidad del proyecto como vía para mejorar la coordinación con otras asignaturas como en el grado en el que se han cumplido los objetivos.

Las calificaciones de los estudiantes han sido de media similar o superior en comparación respecto a cursos previos. Además, su percepción de los resultados de aprendizaje adquiridos y su satisfacción con la metodología docente se ha incrementado con respecto al curso anterior.

La siguiente tabla muestra resultados contrastables (mediante valoración numérica) comparando los rangos fijados y los obtenidos. Los resultados se ajustan en general a las previsiones realizadas en la propuesta del proyecto.



Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos fijados y obtenidos
1	Encuestas a los alumnos	Se realizará una encuesta de satisfacción a los alumnos al terminar el curso	Se fijó entre un 50,0% y 80,0% aceptable y por encima del 80,0% bueno. Se obtuvieron valores en el entorno del 80% (media).
2	Encuestas a los profesores	Se realizará una encuesta de satisfacción a los profesores al terminar el curso académico	Se fijó entre un 50,0% y 80,0% aceptable y por encima del 80,0% bueno. Se obtuvieron valores aceptables, cercanos siempre al 80% (media).
3	Calificaciones de las tareas	Se tomarán como indicadores las calificaciones de cada asignatura referentes a las tareas del proyecto	Se fijó bueno por encima del 70,0%. De media se obtuvieron valores superiores en todas las asignaturas (media).

### 3.3.2 **Observaciones más importantes sobre la experiencia**

La realización del proyecto de innovación ha supuesto un esfuerzo adicional en la coordinación de contenidos en las asignaturas de la titulación. Como fruto de las reuniones llevadas a cabo durante este curso, se tiene la impresión general de que todos los profesores están más involucrados y convencidos de sus potenciales resultados en los alumnos.

Adicionalmente, se han obtenido una gran experiencia respecto a la viabilidad del empleo de un dron con hardware/software libre en la enseñanza asignaturas de la titulación, donde se puede modificar tanto su hardware como configurar su software, aspectos clave en el desempeño con sistemas empotrados, y la motivación que supone para los estudiantes. Otra experiencia importante ha sido la necesidad de extremar las precauciones, por el peligro sobre las personas que supone el vuelo de este tipo de dispositivos.

Aun siendo un grupo reducido de estudiantes, se distinguen perfiles muy variados. Desde el alumnado con gran motivación por la programación, que hubieran preferido programar todo desde cero, a los estudiantes más maduros que han valorado positivamente disponer de un framework que les permita resolver un problema complejo con mínimas modificaciones de código. Este último escenario es el que se ha promovido en la tarea de planificación de rutas al estar trabajando en un entorno ingenieril.

Los comentarios recibidos por el alumnado han sido muy positivos e indican la necesidad de mejorar todavía más la coordinación. Además, también señalan que hubieran preferido un calendario de entregables que recoja todo lo que se supone que tiene que estar hecho en una determinada fecha, ya sea por requisitos de una asignatura o por la planificación global del trabajo, con unos requisitos prefijados en cada entrega.

A lo largo de la experiencia se han detectado un aspecto a mejorar, donde, para facilitar la coordinación, se puede invitar al profesorado del resto de asignaturas a la presentación presenciales de los trabajos de cada asignatura (esto se hizo solo para el vuelo real de los drones). Así se podría ser más conscientes de lo requerido y conseguido por cada grupo, y



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*

actuar como clientes en cuanto a comprobar que se cumplen los requisitos de asignaturas posteriores en el tiempo.

### ***3.3.3 Información online, publicaciones o materiales en abiertos derivados de los resultados del proyecto***

En la siguiente página se encuentra disponible diverso material multimedia generado a partir del trabajo en el proyecto:

<https://masteres.epsig.uniovi.es/pi2/>

### **3.4 Conclusiones, discusión y valoración global del proyecto.**

A lo largo de los últimos tres cursos, en el contexto del Master Universitario en Ingeniería Informática se ha venido realizando una experiencia de innovación docente con el objetivo de mejorar la coordinación docente y el desarrollo de competencias en el alumnado. En los últimos dos cursos, esta experiencia de innovación se ha realizado dentro de dos proyectos de innovación docente, el primero de tipo A y el segundo de tipo B, continuación. La experiencia ha consistido en la realización de un proyecto complejo que involucra a 7 asignaturas de la titulación siguiendo un enfoque metodológico basado en el aprendizaje basado en proyectos.

A lo largo de estos cursos se ha demostrado como la coordinación docente es compleja, aunque necesaria. Es necesario motivar al profesorado y al alumnado. Además, requiere poner en común parte de las asignaturas y modificar el enfoque de impartición, lo que siempre resulta problemático. Sin embargo, resulta evidente, tras tres años de trabajo, que se ha mejorado la coordinación entre asignaturas y, por tanto, se considera que unos de los principales objetivos de la experiencia docente se han conseguido. Adicionalmente, se observa que en cada curso sucesivo la experiencia ha obtenido mejores resultados. Los resultados de un curso se pueden tener en cuenta para el siguiente, anticipado problemas y planificando mejor el trabajo sobre aquellos aspectos que se consideran prioritarios.

El trabajo en un proyecto coordinado de las características planteadas, con ejemplificación final en un sistema real con pruebas de campo, favorece sin duda la adquisición de las competencias previstas en la titulación. Además, la utilización de herramientas como los drones ha resultado muy útil para la impartición de las asignaturas pues permite aplicar de forma directa muchos de los conceptos tratados en las diferentes actividades formativas y tiene una elevada componente motivadora en el estudiante al enfrentarse a un problema que perciben como auténtico.

En general, se puede concluir que la experiencia docente ha sido un éxito, permitiendo conseguir los objetivos establecidos como prioritarios, y todavía con capacidad de mejora. Los profesores involucrados han decidido mantener y mejorar la metodología de trabajo para cursos sucesivos.



## 4 Bibliografía

- Barron, B.J., Schwartz, D.L., Vye, N.J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., Bransford, J.D. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem-and project-based learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), pp. 271-311.
- Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, 83(2), pp. 39-43.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. *The CDIO Approach*, 302, pp. 60-62.
- Chen, X., Qiu, Y. (2013). The Reform for Software Engineering Majors Based on CDIO. In *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 380, pp. 2464-2467. Trans Tech Publications.
- Gergen, K. J., Ferráns, S. D., Mesa, A. M. E. (2007). *Construccionismo social: aportes para el debate y la práctica*. Universidad de los Andes. Ediciones Uniandes.
- Jingdong, S., Zhengbin, W., Yan, Z., Yao, W. (2011). Computer engineering education reform based on CDIO. *International Conference on Computer Science & Education*, pp. 1286-1290. IEEE.
- Krajcik, J.S., Blumenfeld, P.C. (2006). Project-based learning, pp. 317-34.
- Li, J.Q., Wang, Z.Q., Xue, L.P. (2010). Research of Embedded System Teaching Based on CDIO Mode. *Computer*, 12, 035.
- Peihua, G., Minfen, S., Shengping, L., Zhemin, Z., Xiaohua, L., Guangjing, X. (2008). From CDIO to EIP-CDIO: A Probe into the Mode of Talent Cultivation in Shantou University. *Research in Higher Education of Engineering*, 1(1), pp. 2-20.
- Suárez, F.J., Tuya, P.J., García, D.F., Garcia, R., Montequín, V., De la Cal, A.E., Alguero, A. (2015). Diseño, Implantación y Desarrollo de un Máster en Ingeniería Informática. *ReVision*, 8, pp. 67-76.
- Wang, S.W., Hong, C.W. (2009). CDIO: the Classic Mode of Engineering Education in MIT-An Unscrambling on the CDIO Syllabus. *Journal of Higher Education in Science & Technology*, 4.
- Zhang, Y.F., Liu, J. (2009). An experiment of computer curriculum reform based on CDIO in engineering education. *Int. Conference on Computer Science & Education*, pp. 1629-1632. IEEE.