



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

## Diseño de un robot de rescate mediante un Aprendizaje Basado en Proyectos de carácter transversal (PINN-19-B-006)

*Convocatoria de los Proyectos de Innovación Docente 2019*

Manuel Arias – ariasmanuel@uniovi.es- DIEECS

Germán León– gleon@uniovi.es- DIEECS

Jesús López – jelofer@uniovi.es- DIEECS

Manuel Arrebola– arrebola@uniovi.es- DIEECS

Luis Ángel Oliveira– oliveiraluis@uniovi.es- Informática

Aitor Vázquez– vazquezaitor@uniovi.es- DIEECS

Joaquín Manuel Villanueva– jmvillanueva@uniovi.es- Explotación y prospección de minas

Eliseo Vergara – vergaraeliseo@uniovi.es- Explotación y prospección de minas

Vicente Rodríguez – monetqui@uniovi.es- Explotación y prospección de minas

**Palabras clave: sinergia, telecomunicaciones, Máster, robot, ABP**

### Tipo de proyecto

Tipo A (PINN-19-A)	
--------------------	--

Tipo B (PINN-19-B)	X
--------------------	---

Las novedades de este Proyecto de Innovación docente con respecto al Proyecto anterior se resumen en los dos objetivos perseguidos por el mismo:

- Inclusión de la asignatura Dirección de Proyectos (DP) en la actividad, de forma que un total de 5 asignaturas plantean el desarrollo conjunto de un único proyecto, un robot de rescate, en lugar de 5 proyectos independientes de menor envergadura.
- Coordinación más efectiva de las prácticas presenciales de las 4 asignaturas originales mediante un método de asignación dinámica. DP, tanto por su reciente entrada como por su temática y forma de participación en el proyecto, queda fuera de este aspecto.

### Resumen / Abstract

El Máster de Ingeniería de Telecomunicación consta de cuatro semestres. En el tercero se imparten seis asignaturas, teniendo cuatro de ellas objetivos y planteamientos similares, aunque orientados a ámbitos distintos: electrónica, comunicaciones, telemática y radiolocalización. En un principio, cada asignatura era independiente, pero todas ellas



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

compartían una estrategia docente común: el Aprendizaje Basado en Proyectos. Como resultado, durante el tercer semestre los alumnos trabajaban en cuatro proyectos distintos. Sin embargo, en cada uno sólo se desarrollaban aquellos aspectos relativos a la temática de su asignatura, dejando el resto del proyecto como un mero ejercicio de intenciones. Esto generaba cierto descontento entre el alumnado y una cierta repetición de tareas en cada proyecto (redacción de documentos, presentaciones, etc.). En el Proyecto de Innovación Docente anterior se logró que las cuatro asignaturas trabajaran en un proyecto único, de forma que cada una se centraba en los aspectos del proyecto que le atañían y logrando que éste se desarrollara de forma completa y real, llegando a tener un prototipo funcional de un robot explorador de rescate.

Tras un año de experiencia, se han detectado dos nichos de mejora. Por un lado, la inclusión de una quinta asignatura, Dirección de Proyectos (DP), centrada en los aspectos organizativos y de gestión de un proyecto y en el análisis de producto y mercado. Esta temática no cubre aspectos técnicos del robot, como hacen las otras cuatro, pero encaja muy bien con el desarrollo de un proyecto complejo como el que ahora se desarrolla. Constituye por tanto una situación de sinergia muy provechosa: los alumnos pueden poner en práctica las técnicas propias de la DP en el desarrollo de un proyecto real, no en el de uno ficticio como se venía haciendo hasta ahora; por su parte, el desarrollo del proyecto mejora al contar con el apoyo de profesores expertos en los temas de gestión. Cabe destacar que esta inclusión supone el penúltimo paso (a falta de una asignatura) para lograr un semestre completamente centrado en el desarrollo del robot, algo perseguido desde la Comisión Académica del Máster de cara a fomentar competencias y formas de trabajo propias del desempeño en la empresa. A eso hay que añadir el hecho de que el siguiente semestre (i.e. el cuarto) se centra en prácticas en empresa y la realización del Trabajo Fin de Máster, dando como resultado un segundo año muy orientado al desempeño laboral.

La segunda mejora busca optimizar el aprovechamiento de las horas de prácticas. Cada parte (asignatura) del proyecto avanza a un ritmo distinto del resto. Estos ritmos son además variables en función del momento temporal y de la situación particular de cada grupo de estudiantes. Sin embargo, las horas de prácticas semanales asignadas a cada asignatura son fijas. Se busca, por tanto, organizar estas horas de forma dinámica, de manera que en cada semana las asignaturas que precisan de una mayor carga de trabajo puedan disponer de las horas de prácticas de las asignaturas que en esa semana tienen una carga de trabajo en el proyecto menor. La condición es que al final del semestre, las horas de prácticas que ha tenido cada asignatura sean iguales, o muy próximas, a las que tenían asignadas en el plan docente. De esta forma, se busca maximizar el rendimiento de cada hora presencial de prácticas, logrando que cada grupo de alumnos trabaje en aquellos aspectos que más lo necesiten y que más avance vayan a brindar al proyecto en cada momento.



## 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

Este Proyecto de Innovación docente (PID) es la continuación de un PID anterior, entendiendo como continuación la introducción de modificaciones e ideas nuevas que buscan potenciar los beneficios docentes obtenidos y sacar provecho de nichos donde es posible la mejora. Por ello, para comprender adecuadamente los objetivos planteados en este PID se hace necesario describir los perseguidos en el PID anterior:

- Plantear a los alumnos la realización de un proyecto completo y complejo, alejado de las simplificaciones y limitaciones docentes habituales y, por el contrario, más cercano a los procedimientos, formas de actuación, documentación, etc., de uso en el mundo laboral.
- Coordinar 4 asignaturas de Máster para lograr que los alumnos trabajen en un único proyecto común de gran envergadura (en lugar de 4 proyectos independientes más pequeños) que abarque los contenidos, competencias, etc., de todas ellas.

Estos objetivos se mantienen para el PID actual, complementados por los 2 objetivos perseguidos este año (descritos detalladamente en el siguiente apartado). Estos no tienen otra finalidad que mejorar la actividad planteada y su eficacia docente:

- Inclusión de la asignatura Dirección de Proyectos (DP) en la actividad.
- Coordinación más efectiva de la asignación de prácticas de las 4 asignaturas originales. DP, tanto por su reciente entrada como por su temática y forma de participación en el proyecto, queda fuera de este aspecto. Esta mejora busca un mecanismo de reparto dinámico de las horas de prácticas de cada semana, el lugar de un reparto semanal fijo.

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

El primero objetivo de este PID no ha sufrido ninguna modificación respecto a lo propuesto inicialmente. La asignatura DP fue incluida en la propuesta en los términos y condiciones planteados, sin necesitar de ninguna acción correctora durante el semestre. El método de evaluación de sus resultados tampoco sufrió ningún cambio respecto a lo planteado en un comienzo (i.e. encuesta anónima, entrevista con el alumnado y comparación de los resultados académicos con el año pasado). De forma resumida, las condiciones de participación en el PID eran no entrar en el reparto dinámico de prácticas, fomentar y supervisar entre los alumnos el uso de técnicas y herramientas de coordinación y gestión en el desarrollo del proyecto, y emplear al robot para el planteamiento y desarrollo de los contenidos prácticos propios de la asignatura: análisis de mercado y *stakeholder*, estudio de viabilidad, etc.

El segundo objetivo también se llevó a cabo y se evaluó de la forma descrita. No obstante, el sistema de gestión de permutas de horas de prácticas entre asignaturas sí sufrió cambios



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

relevantes respecto a lo planteado inicialmente. En un principio se había planteado una reunión semestral o quincenal entre los profesores con la idea de que, en función de las necesidades de los alumnos, del estado de avance de sus respectivos proyectos (i.e. robots), de su previsión de trabajo futuro, etc., los profesores reasignaran, cada semana o quincena, las horas totales de prácticas entre las 4 asignaturas. Por ejemplo, si los alumnos necesitaran invertir más horas en la parte de electrónica del robot para poder avanzar adecuadamente, y fueran a invertir pocas horas en la parte de telemática, la asignatura de Integración de Sistemas Telemáticos (IST) podría ceder parte o todas sus horas de prácticas a Integración de Sistemas Electrónicos (ISE) durante esa semana o quincena. Estos cambios siempre se debían realizar bajo la premisa de que al final de curso, el número de horas de prácticas presenciales usadas por cada asignatura fueran las oficiales. Esto, a su vez, implica que, en el ejemplo anterior ISE debía ceder posteriormente horas a otras asignaturas y que IST debía tomar horas.

Si bien el planteamiento parecía adecuado en base a lo visto el año pasado, en este año resultaba ineficiente debido a una variable no contemplada inicialmente: la heterogeneidad entre los grupos. El año pasado sólo se formaron dos grupos de 4 alumnos, ambos de una competencia, actitud y aptitud similares. Ambos avanzaron al mismo ritmo e incluso colaboraron entre sí en ciertas tareas. Bajo esa premisa, sí es posible reasignar las horas de prácticas en conjunto ya que ambos grupos necesitaban los mismos trasvases de horas presenciales de prácticas entre asignaturas. Este año, se formaron 5 grupos de 3 ó 4 alumnos por grupo. Al margen del mayor número y el problema de supervisión que eso implica, sus ritmos de avance fueron dispares y los planes de trabajo no homogéneos. Eso hacía completamente imposible encontrar una reasignación semanal de prácticas única que beneficiara a todos los grupos. En una semana determinada, cierto número de grupos necesitaba más horas de ISE, otros más de ISP y otros más en alguna de las otras asignaturas.

La única solución viable era una reasignación ad-hoc para cada grupo en cada semana, lo que implicaba que, en muchos casos, todos los profesores debían estar presentes en todas las horas de prácticas. Esto, además de imposible por coincidencia de horario con otras asignaturas, cuadruplicaba (grosso modo) las horas de prácticas asignadas a los profesores. La solución fue la de dar libertad a los grupos para que, en aquellas horas de prácticas en las que el profesor correspondiente no tuviera planificado un taller o un seminario sobre un aspecto específico del robot, los grupos trabajaran en aquello que consideraran oportuno, fuera de la asignatura en cuyas prácticas estaban o no. Por un lado, esto hizo innecesario la reunión semanal de los profesores, ya que eran los grupos quienes, de forma dinámica, asignaban sus horas de trabajo a las distintas asignaturas, pudiendo darse el caso de que en unas mismas prácticas un grupo trabajara en aspectos relativos a dos o más asignaturas. Por otro lado, podía ocurrir que trabajaran en un aspecto determinado del robot y el profesor presente en el aula no pudiera echar un mano o solventar dudas. Al tener siempre la opción de realizar otras tareas (proyecto multidisciplinar) o de salir del aula para buscar al profesor correspondiente, esto no supuso un problema. Por último, bajo estas nuevas condiciones, el reparto de horas trabajadas en el aula en una asignatura determinada pueden no coincidir con las asignadas



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

oficialmente. No obstante, teniendo en cuenta que los requisitos impuestos al robot y el trabajo necesario para llegar a diseñarlo y construirlo están bien sopesados por los profesores, al final del semestre todos los grupos han trabajado en cada asignatura la cantidad de horas programadas, bien en las horas de prácticas presenciales, bien en las horas de trabajo no presencial.

## **2 Contribución del proyecto al plan estratégico de la Universidad y repercusiones en la docencia.** *Para la elaboración de este apartado describir el grado de cumplimiento de los compromisos adquiridos del punto 5 de la solicitud del proyecto.*

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

En este apartado sólo se harán referencia a los puntos del Plan Estratégico que tienen un porcentaje superior a 0%.

- FAE 5. Si bien el Aprendizaje Basado en Proyecto (ABP) no puede ser considerado como una técnica docente novedosa en sí misma, ya que son muchas las asignaturas, centros y universidades que la emplean de forma habitual desde hace bastantes años, el hecho de coordinar varias asignaturas para que trabajen en un mismo proyecto sí puede catalogarse como interesante y relativamente novedoso. El hecho de que esa iniciativa haga que gran parte de un semestre (en términos de carga lectiva) se centre exclusivamente en dicho proyecto también resulta una novedad.
- FAE 7. Los resultados académicos de los alumnos se evalúan de forma pormenorizada en la evaluación de la actividad. No obstante, sí puede asegurarse que los resultados de los alumnos (entendiendo como tales el conocimiento adquirido y las competencias desarrolladas), y especialmente su motivación de cara a la realización de las tareas, ha mejorado notablemente. Asimismo, y en estrecha relación con el punto anterior (FAE 5), esta actividad puede considerarse perfectamente como una experiencia formativa innovadora.
- FAE 14. El trabajo en equipo, el análisis crítico de soluciones, la organización del trabajo en un proyecto multidisciplinar, y el discurso oral (los alumnos deben realizar dos presentaciones orales de su trabajo ante todos los profesores) son las 4 competencias transversales que más se potencian en este PID.

En resumen, los porcentajes asignados a cada elemento han sido los adecuados y el grado de cumplimiento en cada uno de ellos ha sido satisfactorio, en virtud de que no ha sido preciso introducir cambios o eliminar partes del PID propuesto.

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

Las repercusiones en cuanto al nivel de incidencia del PID en la docencia (punto 5.1.1 de la solicitud) han sido las esperadas.



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

- Los porcentajes de contenidos afectados por el PID para cada una de las 5 asignaturas fueron los expresados en la solicitud y no fue necesario realizar ningún cambio: no ha sido necesario añadir ni quitar contenidos nuevos para que el desarrollo del PID fuera satisfactorio.
- Respecto a los porcentajes de evaluación, tampoco fue preciso cambiarlos y son los planteados en la Solicitud. De nuevo, dado el grado de aceptación por parte del alumnado y el buen desarrollo de la iniciativa, para el próximo año el diseño y construcción de robot (i.e. PID) tendrá un mayor peso en varias de las asignaturas.
- El porcentaje de alumnos que participaron en el PID fue del 100%, lo que es lógico dado su carácter obligatorio.

Las repercusiones en el entorno de la docencia (punto 5.1.2.) tampoco han variado sustancialmente respecto a lo planteado en la solicitud, haciéndose sólo mención aquí a las que les fue otorgado un porcentaje distinto al 0%

- El aumento de colaboración entre centros, departamentos, áreas, etc. sí es una repercusión notable del presente PID. En concreto, en él participan el Área de Tecnología electrónica (ATE) y el Área de Teoría de la Señal y la Comunicaciones (TSC), ambas del DIEECS. Asimismo, también participan el Área de Ingeniería Telemática (Departamento de Informática) y el Área de Proyectos de Ingeniería (Departamento de Explotación y Prospección de Minas). El porcentaje de un 30% sigue siendo adecuado.
- Los resultados del presente PID todavía no han podido ser publicados, pero el anterior PID ha generado una ponencia en el congreso SAAEI 2019 (<http://www.saaei.org/edicion19/#/programa/>). Se trata de un congreso de ámbito nacional centrado en distintos aspectos de la electrónica y algunas de sus sesiones son orientadas a la docencia. Por lo tanto, es fácil suponer que esta mejora pueda ser de nuevo presentada en dicho foro. Por otro lado, los resultados del anterior PID y del presente, siendo uno la mejora del otro, ya tienen entidad conjunta suficiente para ser publicados en un congreso de carácter puramente docente, como es el TAAE. Por último, se pretende seguir con el PID dados sus resultados muy positivos. Por lo tanto, se sigue juzgando como posible que llegue a generar una publicación en una revista JCR docente (*IEEE Transactions on Education*), en la que se suele pedir que los proyectos docentes tengan una continuidad de unos 5 años para poder extraer resultados cualitativos y cuantitativos (estadísticos) fiables, además de haber tenido un proceso de mejora continuado durante los mismos. Dadas las publicaciones realizadas, y las planteadas a futuro, un 10% de relevancia de este aspecto dentro del PID es adecuado.
- La utilización de herramientas y aplicaciones tecnológicas avanzadas es relativamente notable (Impresoras 3D, herramientas de diseño 3D y de diseño de PCBs, etc.). En relación al año pasado, la inclusión de la asignatura DP ha permitido incluir *software* para la gestión y planificación de proyectos (Project, Office 365 de Uniovi, etc.). El peso de este aumento, en relación al total, teniendo en cuenta su frecuencia de uso y complejidad de aprendizaje se ajusta al 10% planteado.
- Existen diversos caminos a explorar de cara a mejorar y ampliar la iniciativa. Por un lado, está la inclusión de una sexta asignatura. Este es el objetivo principal, ya que permitiría que todas las asignaturas del tercer semestre del Máster de Ingeniería de Telecomunicación trabajaran en un proyecto único. Existe, además, la particularidad



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

que a este tercer semestre le sigue otro en el que los alumnos desarrollan su TFM y realizan prácticas en empresa. El resultado global sería un segundo y último año centrado en el desarrollo de proyectos más que en el estudio de asignaturas de corte tradicional. Esto supondría una mejora sustancial del Máster, tanto desde un punto de vista formativo y docente, como desde un punto de vista de aumentar su atractivo entre los alumnos de Grado. Otro aspecto interesante de cara a la mejora es ir dando más peso al robot en los contenidos y evaluación de cada asignatura. El objetivo sería llegar a un 70-80% en todas las asignaturas, bien introduciendo nuevas cosas a hacer en el robot relacionadas con alguno de los temas que ahora se imparten de forma tradicional en las asignaturas, bien modificando alguno de los temas teóricos para que tengan cabida a ser impartidos y aprendidos mediante el desarrollo del robot. Una tercera mejora sería el planteamiento de proyectos distintos a cada grupo, de forma que todos se relacionaran entre sí. Por ejemplo, uno de los equipos podría desarrollar el robot explorador, otro la estación de mando central que supervisa a los robots exploradores, otro el sistema de comunicación entre dos puntos mediante una antena de orientación variable, etc. De estos tres planteamientos, el primero es el que de hecho se pretende abordar en la preparación del curso que viene. El segundo se abordará también, tal y como se explica más adelante. El tercero es un planteamiento probable, pero en un margen de tiempo mayor (3-5 años). Por lo tanto, la relevancia de este punto en el proyecto es la de mayor peso y ajustada al 50% planteado en la solicitud.

### 3 Memoria del Proyecto

#### 3.1 Marco Teórico del Proyecto

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) en el sistema universitario español ha puesto de manifiesto el carácter excesivamente teórico que tienen algunas asignaturas de carreras técnicas [Martins], [Magdalena]. Además, cuando las prácticas no están adecuadamente planteadas y organizadas, tienden a ser vistas por los alumnos como un simple requisito que se debe cumplir intentando gastar la mínima cantidad de tiempo y atención posible. De este modo, la finalidad de las prácticas se desvirtúa y los alumnos no sacan todo el provecho que podrían de las mismas. Esto tiene dos graves consecuencias. Por un lado, ciertas competencias transversales dejan de ser potenciadas a pesar de su vital importancia: trabajo en grupo, análisis crítico de soluciones, planificación del trabajo, etc. Por otro, los alumnos pierden la oportunidad de poner en práctica los conocimientos que van adquiriendo a lo largo de la carrera, lo que hace que tiendan a incorporarlos de un modo excesivamente teórico, no desarrollando la conveniente habilidad para emplearlos en los problemas y situaciones reales a los que se enfrentarán una vez egresen de la universidad.

El aprendizaje basado en proyectos (ABP o PBL de su término inglés) constituye una herramienta eficaz para eliminar estas dos consecuencias negativas. No sólo permite a los alumnos poner en práctica los conocimientos adquiridos para alcanzar la solución a problemas reales, sino que además todo ello se hace embebido en una dinámica de trabajo en grupo y colaborativo [Costa], [Mantri], [Rui Hong]. Esto es aún más notorio en asignaturas en las que,



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

debido a su temática, es posible suministrar a los alumnos equipos reales en los que probar el funcionamiento de las soluciones desarrolladas [Huan], [Shamlan], [Archibald]. Es decir, en asignaturas en las que es posible disponer de laboratorios con un número suficiente de equipos y con cierta autonomía por parte del alumno (lo que implica que no debe haber peligro para el alumno o los equipos si realiza esas pruebas sin supervisión directa de los profesores).

Dentro de las posibles temáticas que un ABP puede tener, la robótica resulta realmente interesante. Por un lado, se trata de una temática atrayente, con un elevado nivel de captación de interés [López-Martín], [Sancho]. Por otro, los avances obtenidos durante su desarrollo resultan tangibles y llamativos para el alumno (movimiento de las piezas mecánicas y de los motores, comportamiento cada vez más “inteligente” del robot a medida que mejora su programación, etc.), y le ayudan a mantener un nivel de motivación elevado. Por último, es una temática en la que es sencillo integrar distintas disciplinas [Archibald], [Huan], [López], algo fundamental cuando se pretende llevar a cabo una iniciativa como la planteada aquí.

### **3.2 Metodología utilizada**

Se citan sólo las nuevas tareas surgidas a raíz de los cambios propuestos respecto al PID anterior (PIN-18-A-003)

Para la inclusión de la asignatura DP:

- Fue preciso pensar y analizar los cambios necesarios en el Proyecto Común para permitir la incorporación de DP.
- Fue preciso, del mismo modo pensar y analizar los cambios necesarios en DP para poder incorporarse al proyecto común. Principalmente, esto implicó un replanteamiento de los contenidos prácticos de la asignatura, que ahora pasaban a basarse en el desarrollo del robot. Del mismo modo, parte de los contenidos teóricos se transformaron en aspectos prácticos aplicables al proyecto común.
- El Coordinador mantuvo una supervisión continuada, junto con los profesores de DP, para asegurar que la incorporación de la asignatura se producía en los términos deseados de calidad del aprendizaje y satisfacción del alumnado, tal y como se establecieron en los dos puntos anteriores. Se vigiló especialmente que las nuevas tareas a realizar en la asignatura DP de cara a construir el robot no supusieran un exceso de las horas de trabajo autónomo que tenían asignadas los alumnos en la Guía Docente.
- Toda la organización de tareas, planificación, etc. del Proyecto Común pasó a depender directamente de la asignatura DP, al ser parte de su contenido. No obstante, los profesores de las otras 4 asignaturas mantuvieron la supervisión para asegurar que las planificaciones realizadas por los alumnos no eran erróneas y tendentes a retrasos excesivos en los aspectos del desarrollo técnico.

Para la asignación dinámica de las horas prácticas:





- Fue preciso realizar modificaciones en los horarios de prácticas para poder asegurar que todos los intercambios de horas podían realizarse sin incurrir en incompatibilidades horarias con otras clases de los profesores implicados.
- En virtud del cambio de planteamiento explicado en la sección 1.2, en lugar de reuniones semanales, los profesores mantenían un contacto continuo para asegurarse que el avance de todos los grupos en cada una de las partes del robot estaba dentro de los márgenes aceptables. Si se detectaba una desviación excesiva en alguna asignatura (poco o mucho trabajo finalizado), el profesor responsable de la misma era el encargado de hablar con el grupo e indicarle, bien que necesitaban hacer un esfuerzo (invertir más horas) en su parte para mantenerse en un cronograma viable, bien que podían emplear parte de las horas de prácticas de su asignatura en otras.
- Al finalizar el semestre, los profesores de DP, en virtud de la evolución de su parte del Proyecto Común, valoraron junto con el coordinador la posibilidad de entrar en la asignación dinámica de prácticas. Esta valoración ya se ha hecho y se ha concluido continuar como este año, con DP quedando fuera de dicha asignación dinámica.

### 3.3 Resultados alcanzados

**3.3.1 Valoración de indicadores** detallando los instrumentos utilizados para recoger la información, se valora la inclusión de tablas o figuras que faciliten la comprensión de lo expuesto. Al menos un indicador se vinculará con el grado de satisfacción del alumnado que participe en el proyecto.

#### **Tabla resumen (a incluir obligatoriamente)**

(Por claridad, los resultados obtenidos se detallan después de la tabla)

Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos fijados
1	Diferencia entre notas medias	Se comparará la nota media de los alumnos este curso académico (2019-2020) en las 5 asignaturas con la nota media obtenida en años anteriores (cuando no se desarrollaba el Proyecto Común).  Se analizarán con detalle los resultados de la asignatura Dirección de Proyectos	<u>(Nota actual)-(Nota años anteriores)</u> [-1,0;-1,5]→Malo [-0,5;-1,0]→No satisfactorio [-0,5;0,5]→No definitorio [0,5;1,0]→Satisfactorio [1,0;1,5]→Bueno
2	Encuesta realizada a los alumnos del curso académico 2019-2020	La encuesta se realizará al finalizar el cuatrimestre y será un cuestionario anónimo. Este cuestionario tiene como objetivo evaluar todos los aspectos relativos al Proyecto Común (i.e. el desarrollo y construcción del robot) y a las 5 asignaturas involucradas en el mismo. En concreto, este cuestionario evaluará:  - Todos los aspectos analizados el año pasado (Proyecto de Innovación Docente anterior) para asegurar que se sigue en el nivel de calidad alcanzado el año pasado: satisfacción del alumnado con el proyecto común propuesto,	<u>Las cuestiones se plantean en el rango 0-10.</u> [0;6]→Malo [6;7,5]→Aceptable [7,5;9]→Bueno [9;10]→Muy bueno



Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos fijados
		<p>opinión individualizada sobre cada asignatura, grado de coordinación entre asignaturas, nivel de motivación alcanzado, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La inclusión de la asignatura Dirección de Proyectos en el desarrollo del Proyecto Común (objetivo del actual Proyecto de Innovación Docente). Será una evaluación similar a la que se lleve a cabo sobre las otras 4 asignaturas pero con un mayor nivel de detalle y en la que se tratará de identificar posibles problemas o mejoras a realizar en años siguientes (en caso de resultar su inclusión, en términos generales, positiva): grado de coordinación con el resto de asignaturas, nivel motivación alcanzados en esta asignatura en particular, relevancia de los aspectos incluidos en el Proyecto Común por parte de la asignatura, grado de implicación de los profesores, etc.</li> <li>- El reparto dinámico de prácticas (objetivo del actual Proyecto de Innovación Docente). Se analizará la opinión de los alumnos, se solicitarán propuestas de mejora e indicación de problemas a solucionar, se solicitará una comparación con el planteamiento anterior, etc.</li> </ul> <p>En definitiva, el cuestionario planteado para el Proyecto de Innovación Docente anterior se mantendrá por la necesidad de realizar un seguimiento riguroso sobre una actividad de reciente creación (el curso académico pasado fue el primero en el que se llevó a cabo) y se ampliará con preguntas específicas sobre la inclusión de la asignatura Dirección de Proyectos y el reparto dinámico de las horas de prácticas entre asignaturas, ambos objetivos del actual Proyecto de Innovación Docente.</p>	

Las notas de este curso respecto a la media de las obtenidas en los años en los que no se hizo este proyecto conjunto son:

- Integración de Sistemas Electrónicos: 6,6/7,4
- Integración de Sistemas de Radiolocalización: 8,7/7,3
- Integración de Sistemas Telemáticos: 7,33/7,71
- Integración de Sistemas de Comunicaciones: 7,8/7,4
- Dirección de Proyectos: 7,63/8,8
- 

El grado de satisfacción de los alumnos, en función de la asignatura, son los siguientes:

- Integración de Sistemas Electrónicos (ISE): 9,2
- Integración de Sistemas de Radiolocalización (ISR): 8,8
- Integración de Sistemas Telemáticos (IST): 6,5



- Integración de Sistemas de Comunicaciones (ISC): 6,8
- Dirección de Proyectos (DP): 7,4

Otros aspectos evaluados de forma numérica fueron:

- Grado de coordinación entre profesores: 6,3
- Tareas fijadas y duración de las mismas: 8,5
- Utilidad de las presentaciones de seguimiento: 9,1
- Relevancia del robot de cara a potenciar las 5 asignaturas: 8
- Métodos de evaluación del robot por parte del profesorado: 8,5
- Grado de motivación del alumnado: 8,3
- Satisfacción con lo aprendido y puesto en práctica: 8,3
- Recomendación de seguir con la actividad: 9
- Preferencia de esta metodología sobre el método tradicional: 9

Los aspectos relativos a los dos objetivos del proyecto también se evaluaron mediante tres preguntas de respuesta numérica:

- La inclusión de DP resulta interesante y positiva: 7
- La inclusión de DP en la actividad hace más interesante el tercer semestre: 7
- La flexibilidad de trabajar en lo que se considere oportuno en las sesiones de prácticas con independencia de qué asignatura ostenta dichas horas es positivo: 9,5

### **3.3.2 Observaciones más importantes sobre la experiencia relacionando los resultados con los objetivos del proyecto evitando afirmaciones que no estén fundamentadas en lo realizado, redundancias o reiteraciones.**

Respecto a la evolución de las notas, en términos generales el resultado es positivo. No obstante, es preciso realizar un análisis detallado para alguna de ellas. Si se toma como ejemplo ISE, parece que la metodología propuesta no le resulta positiva, ya que la nota media obtenida este año (6,6), es más baja que la nota media de todos los años en los que **no** se empleó la estrategia docente aquí propuesta (7,4). Eso, entre otras cosas, iría en contra de los resultados de la encuesta, que indican un grado de satisfacción con ISE muy alto (9,2) y unos niveles de motivación, preferencia por la metodología propuesta, etc. en la horquilla 8,3-9,0. Es necesario, por tanto, encontrar una explicación a esta dualidad. Si se continúa con el ejemplo de ISE, la nota que obtuvieron los alumnos el año pasado (año en el que se puso en marcha esta iniciativa docente) fue de 8,8, notablemente superior a la media de los años anteriores (7,4). La hipótesis más razonable es que son variaciones aceptables desde un punto de vista estadístico debido al bajo número de alumnos que integran cada curso, lo que hace que los resultados no puedan ser analizados desde una perspectiva cuantitativa válida. Dicho de otro modo, son variaciones debidas a aspectos ajenos a la metodología. Por ejemplo, el rendimiento del grupo de estudiantes de cara a la asignatura. Una disminución de éste sí justificaría un empeoramiento de los resultados académicos y, a la vez, el mantenimiento de los buenos resultados en la encuesta (elevada motivación, etc.). Esto encajaría con el hecho de que este grupo de estudiantes vienen en su mayoría de especialidades no electrónicas (telemática, sistemas de comunicaciones), lo que implicaría una mayor dificultad para el desarrollo de las tareas asociadas a ISE en el robot. Si bien esta es la más plausible, es



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

adecuado plantear otras hipótesis posibles también, como es un empeoramiento de la metodología propuesta para la asignatura respecto al año pasado, aunque esto se juzga como improbable. El equipo de profesores de dicha asignatura no ha variado, sus contenidos, formas de dar la clase, aspectos relativos al robot, etc. tampoco. Además, como ya se ha dicho, la encuesta refleja una elevada motivación y aceptación por parte del alumnado, en especial en dicha asignatura. Existe una tercera hipótesis: la metodología propuesta no es la adecuada para ISE y el hecho de que el año anterior, primer año de puesta en práctica del proyecto común, los alumnos obtuvieran una nota media más alta que cuando no se empleó esta metodología se debe a que el grupo de alumnos tenía un rendimiento y una motivación muy elevadas, no a la calidad pedagógica de la actividad propuesta. Determinar cuál de las tres hipótesis es la acertada se juzga como una de las tareas fundamentales a realizar el año que viene, ya que actualmente no se disponen de los datos necesarios para realizar un examen objetivo y cuantitativo más minucioso (lo que puede implicar el análisis y evolución de las notas en otras asignaturas del Máster y/o del Grado por parte de los grupos de estudiantes objeto del estudio).

El resto de los resultados de la encuesta, al margen de inclinar la balanza hacia el lado de la hipótesis optimista, también arroja una serie de resultados interesantes. Los alumnos están satisfechos con las 5 asignaturas, si bien destacan ISE e ISR sobre el resto, con una nota general de 9,2 y 8,8 respectivamente. Estas dos asignaturas son las más relacionadas con el diseño físico del robot, su construcción y puesta en funcionamiento, etc. Por el contrario, las otras tres asignaturas están más centradas en los aspectos organizativos o de programación sobre ordenador (servidores, página web, base de datos, etc.). Por lo tanto, son las asignaturas más “lúdicas” (i.e. con montaje *hardware* además de diseño) las que más se benefician desde la perspectiva de la percepción de los alumnos.

Es preciso destacar también es la nota obtenida por DP, la asignatura de nueva incorporación. Su nota, elevada, parece indicar lo acertado de su inclusión y la opinión positiva de los alumnos a este respecto. Esto ha sido específicamente preguntado en la parte final de cuestionario, y los alumnos han evaluado con un 7,0 la idoneidad de incluir la asignatura en el PID.

El planteamiento del Proyecto Común resulta positivo de cara a motivar al alumno e incrementar su satisfacción con el proyecto desarrollado, logrando un ambiente de trabajo positivo, con notas en estos ámbitos todas superiores al 8,3. Esto incluye también cuestiones como la recomendación por parte del alumnado de seguir con la actividad y preferencia frente a métodos docentes más tradicionales (9,0).

La nota asignada a la coordinación entre asignaturas es relativamente baja (6,3). La explicación se puede hallar en las entrevistas que el Coordinador de la actividad (y que no es profesor de ninguna de las asignaturas) mantuvo con los alumnos. Los alumnos sugirieron un planteamiento claro de los entregables y su peso en la evaluación. A este respecto, hay que destacar que fueron definidos de antemano por los profesores, pero al ser un proyecto de gran



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

envergadura, con ciertos cambios técnicos respecto al robot del curso pasado, y en su segundo año de andadura, hubo que realizar algunas modificaciones según evolucionaba el proyecto, bien para hacer frente a aspectos no previstos, bien por el hecho de detectar una oportunidad de mejora inmediata. Es previsible que estas acciones correctoras no sean necesarias, o se vean muy reducidas, en años posteriores, al tener más experiencia acumulada. También será un ejercicio para el año que viene hacer entender a los alumnos que en proyectos de esta envergadura, los cambios y los imprevistos son inevitables, tanto a nivel técnico como docente.

La asignación dinámica de prácticas también se ha valorado como positiva (con 9,5 sobre 10), pero se debe recalcar que esta nota corresponde al planteamiento que realmente se implementó, mucho más sencillo que el inicialmente propuesto (véase sección 1.2). No obstante, hay dos aspectos a tener en cuenta. Por un lado, se trata de alumnos de Máster, lo que implica que, en términos generales, son alumnos con una capacidad de organización de tareas, gestión de tiempos, etc. elevada, haciendo innecesario que sean los profesores los que planifiquen su trabajo. No obstante, esto también implica que la metodología propuesta puede no funcionar adecuadamente en asignaturas de primeros años del Grado.

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

**Recursos creados por los propios alumnos y difundidos en distintos foros:**

<http://simbaproject.live/>

<https://www.facebook.com/l4.MasterTeleco/>

**Artículo docente publicado en el congreso SAAEI:**

<http://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/52774>

**3.4 Conclusiones, discusión y valoración global del proyecto.** Se destacarán los puntos fuertes y débiles del proyecto contrastándolas con los resultados de otros estudios referenciados en el apartado 3.1 sin reiterar los datos ya comentados en otros apartados.

La experiencia ha resultado, en términos generales, muy positiva. En relación al planteamiento inicial, juntar asignaturas de un mismo semestre, la valoración y los resultados fueron positivos el año pasado y han continuado siéndolo éste. Esto ya ha sido indicado por otros autores que han llevado a cabo actividades similares [Archivald], con resultados igual de satisfactorios, pero también con problemas similares a la hora de implementarlo. Uno de los principales es la mayor necesidad de tiempo e implicación por parte del profesorado. Esto supone un riesgo en caso de que alguna de las asignaturas cambie su profesorado y el nuevo equipo no esté tan implicado como el anterior o, directamente, no quiera participar en la experiencia. No obstante, esto está siendo debatido por la Comisión Académica del Máster, planteado como



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

solución que sea ésta la que designe a los profesores de dichas asignaturas. De esta forma se evita que el proceso de elección de docencia de cada Departamento pueda implicar un cambio no controlado de los profesores de estas cinco asignaturas. Por otro lado, si son los profesores los que desean dejar de impartir las asignaturas, el Máster podría elegir a otros que estuvieran comprometidos con la propuesta conjunta.

La inclusión de la asignatura DP ha sido muy satisfactoria. Además, se trata de una asignatura no centrada en los aspectos técnicos de la construcción del robot, algo no contemplado por [Archival], [Costa] o [Huan], y que añade cierto grado de dificultad a su correcta inclusión y coordinación. Esto se ha conseguido, entre otros aspectos, gracias a los grados de libertad adicionales de los que goza dicha asignatura dentro de la estructura, dada su temática no centrada en los aspectos constructivos del robot.

El reparto dinámico de prácticas presenciales también ha resultado satisfactorio, siendo no algo contemplado en la literatura en general, si bien necesitó de ciertos ajustes adicionales y modificaciones respecto al planteamiento inicial. La libertad de los alumnos de trabajar en las horas de práctica en aquellos temas (asignaturas) que quisieran, sin importar a qué asignatura estuvieran asignadas las mismas, ha sido el aspecto clave que ha permitido que fuera una iniciativa satisfactoria.

Otro aspecto relevante de la actividad es la sinergia que se consigue, como ya se ha descrito anteriormente, a la hora de no repetir tareas. Por otro lado, también permite dar más solidez al desarrollo de ciertas competencias transversales, cuya importancia resulta fundamental tal y como queda patente en [López]. En dicho artículo la potenciación de las competencias transversales se realiza en el ámbito de una única asignatura, lo que limita las horas y peso que el desarrollo de dichas competencias puede tener. En este caso, son cinco las asignaturas las que "ceden" horas para potenciar las competencias transversales, logrando un efecto multiplicador no sólo en tiempo, sino en número de ellas (trabajo en equipo, análisis crítico de soluciones, expresión oral, presentación pública).

Un aspecto que se debe tener muy en cuenta es la viabilidad de la propuesta si no todos los alumnos están matriculados de las 5 asignaturas. Aún cuando parece un problema de fácil solución, haciendo que en cada grupo haya al menos un alumno matriculado en cada asignatura, puede haber problemas asociados: imposibilidad de conformar los grupos, descompensación en las tareas a realizar dentro de cada grupo, etc. Estos problemas, además, no sólo afectarían al desarrollo de la actividad, sino al aprendizaje de los propios alumnos. Si en un grupo de 4 alumnos, todos ellos se matriculan de las 5 asignaturas, cada uno de ellos realizaría 1/4 del trabajo en cada asignatura. Si uno de ellos está matriculado de sólo una asignatura, este alumno debería realizar, por normativa, 1/4 del trabajo correspondiente a la asignatura en la que se matricula. Por el contrario, sus compañeros deberían realizar 1/4 del trabajo en dicha asignatura y 1/3 en las otras cuatro, lo que aumenta su carga de trabajo por encima de lo necesario. Hacer que el alumno matriculado de una asignatura haga todo lo



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

relativo a ésta no es una solución pedagógicamente eficiente. Por lo tanto, la solución planteada ha sido introducir en las Guías Docentes la condición de estar matriculados de las 5 asignaturas para poder ser evaluados mediante esta estrategia docente. En caso contrario, el alumno sería evaluado siguiendo la metodología tradicional, donde cada asignatura plantea su propio proyecto y este es desarrollado de una forma más teórica.

#### **4 Bibliografía**

[Archibald] J. K. Archibald and R. W. Beard, "Competitive robot soccer: a design experience for undergraduate students," presented at Frontiers in Education, 2002. FIE 2002. 32nd Annual, 2002.

[Costa] L. R. J. Costa, M. Honkala, and A. Lehtovuori, "Applying the Problem-Based Learning Approach to Teach Elementary Circuit Analysis," Education, IEEE Transactions on, vol. 50, pp. 41-48, 2007.

[Huan] D. Huan and T. Inanc, "Low cost mobile robotics experiment with camera and sonar sensors," presented at American Control Conference, 2009. ACC '09., 2009.

[López] D. López, F. Sánchez, J. L. Cruz, and A. Fernández, "Developing non-technical skills in a technical course," presented at Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports, 2007. FIE '07. 37th Annual, 2007

[López-Martín] A. J. López-Martin, "Attracting Prospective Engineering Students in the Emerging European Space for Higher Education," Education, IEEE Transactions on, vol. 53, pp. 46-52, 2010.

[Magdalena] R. Magdalena, A. J. Serrano, J. D. Martín-Guerrero, A. Rosado, and M. Martinez, "A Teaching Laboratory in Analog Electronics: Changes to Address the Bologna Requirements," Education, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 456-460, 2008.

[Mantri] A. Mantri, S. Dutt, J. P. Gupta, and M. Chitkara, "Design and Evaluation of a PBL-Based Course in Analog Electronics," Education, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 432-438, 2008.

[Martins] M. J. Martins, J. M. Thiriet, O. Bonnaud, M. Hoffmann, M. Robert, J. Benlloch, and G. Jervan, "A survey of the evolution of the Bologna Process in EIE in Europe," presented at EAEEIE Annual Conference, 2008 19th, 2008.

[Rui Hong] C. Rui Hong, D. D. C. Lu, and S. Sathikumar, "Project-Based Lab Teaching for Power Electronics and Drives," Education, IEEE Transactions on, vol. 51, pp. 108-113, 2008.

[Sancho] P. Sancho and B. Fernandez-Manjon, "Experiences in using a MUVE for enhancing motivation in engineering education," presented at Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE, 2010.

[Shamlan] S. V. Shamlan, K. Killfoile, R. Kellogg, and F. Duvall, "Fun with Robots: a student-taught undergraduate robotics course," presented at Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. Proceedings 2006 IEEE International Conference on, 2006.