



## EXPERIENCIA DE METODOLOGÍA CBL EN ROBÓTICA EDUCATIVA UNIVERSITARIA

Experience of CBL Methodology in University Educational Robotics

LUIS MIGUEL MUÑOZ MORGADO

Universitat Politècnica de Catalunya, España

---

### KEY WORDS

*STEM  
CBL  
Educational robotics  
Challenges  
Multidisciplinary*

### ABSTRACT

*Given the diversity of scientific disciplines that encompasses robotics of university degree, its teaching entails a particular effort for teachers and students. This can cause deficiencies in the acquisition of the fundamentals that can lead to a disassociation between theory and practice. The involvement of the student in the development of a practical application where the fundamentals are a necessary tool allows being a motivating instrument. For this purpose, in this paper is introduced the methodology based on challenges, analysing the impact on the results as well as the acceptance and perception received by the students. The results of the study show an improvement in the deep involvement of students, both in theoretical concepts, as in their practical application, as well as greater motivation to focus the subject and keep attendance until the end.*

---

### PALABRAS CLAVE

*STEM  
CBL  
Robótica educativa  
Retos  
Multidisciplinariedad*

### RESUMEN

*La diversidad de disciplinas que engloba la robótica en el ámbito universitario conlleva un esfuerzo particular para profesores y alumnos. Esto puede provocar deficiencias en la adquisición de los fundamentos y una desvinculación entre parte teórica y práctica. Se busca la implicación del alumno en el desarrollo de una aplicación práctica donde los fundamentos sean una herramienta necesaria. En este trabajo se introduce la metodología basada en retos asociada a la Robótica universitaria, analizando el impacto sobre los resultados, así como la aceptación y la percepción recibida por los estudiantes. Los resultados del estudio nos muestra una mejora en la implicación profunda del alumnado, tanto en los conceptos teóricos, como en su aplicación práctica, así como una mayor motivación para enfocar la asignatura y mantener la asistencia hasta el final.*

Recibido: 19/06/2019  
Aceptado: 19/09/2019

## 1. Introducción

La robótica es una disciplina de la técnica, considerada como una ciencia particular, que engloba aspectos provenientes de diferentes disciplinas. Con un fuerte desarrollo en los últimos años, así como una elevada y creciente demanda en los diferentes sectores de la industria y del ámbito social, hace que la demanda de personal cualificado crezca en igual medida.

La formación y educación en robótica ha ido incorporándose en diferentes estudios, tanto preuniversitarios como universitarios, y es omnipresente en carreras tecnológicas, particularmente en ingenierías del ámbito industrial. No obstante, los beneficios de la educación en robótica van más allá de la adquisición de los conocimientos afines a las demandas del mercado. Esto es debido a que la educación en robótica requiere un aprendizaje multidisciplinar (matemáticas, física, informática, electrónica, mecánica, ...), demanda un fuerte trabajo en equipo, la solución de problemas complejos, la creatividad, así como la interacción con el entorno y con las personas (Moreno et al., 2012; Monsalves, 2011).

Otra característica que de la educación en robótica es que se adapta perfectamente a las nuevas metodologías de enseñanza, especialmente las que tratan de un aprendizaje activo y colaborativo. Así, algunos de los métodos más empleados de forma efectiva son (Nurbekova et al., 2018): el trabajo en equipo, el trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en proyectos o problemas, los métodos constructivistas, los basados en juegos, el diseño de aprendizaje o el aprendizaje creativo.

Un método de aprendizaje activo, que se observa muy eficaz en las enseñanzas tecnológicas, es el aprendizaje basado en retos o CBL (Challenge Based Learning). Aplicado con éxito en el aprendizaje para el desarrollo de software (Binder et al., 2017; Moresi et al., 2017), la educación en ciberseguridad (Cheung et al., 2011), en ingeniería biomédica (Giorgio & Brophy, 2001) o ingeniería aeronáutica (O'Mahony et al., 2012). La enseñanza universitaria en robótica es por tanto un perfecto candidato para la aplicación de la metodología CBL.

Este trabajo se centra en la asignatura obligatoria de robótica cursada en el último

curso de la carrera de Ingeniería en Automática industrial y Electrónica perteneciente a la *Universitat Politècnica de Catalunya* (España). En esta asignatura los alumnos ponen en práctica la mayoría de conceptos teórico-prácticos adquiridos en las asignaturas a lo largo de la carrera (informática, electrónica, automática, matemáticas, física, mecánica, instrumentación...), con lo que es un ejemplo de integrador de la educación en STEM (Science Technology, Engineering and Mathematics).

La asignatura ofrece una perspectiva de la actualidad de la robótica y profundiza en aspectos tanto teóricos del modelado de los robots como de aspectos prácticos de programación (Sánchez y Guzmán, 2012). Por su característica multidisciplinar los alumnos presentan dificultades en adquirir los conceptos teóricos de la asignatura. A lo largo del curso decrece la asistencia a las clases teóricas hasta el 50%. Es un problema porque, aunque el número de aprobados es alto, la nota media es baja (la parte de laboratorio les ayuda a aprobar). Los alumnos aprenden a "hacer", pero el hecho de no adquirir de forma consolidada los fundamentos teóricos les impide poder resolver problemas más complejos o diferentes a los que se resuelven a modo de "receta". Los alumnos restan importancia a los conceptos teóricos que aprecian como lejanos de las aplicaciones reales y pierden cierto interés en esta parte. Todo ello conlleva una pérdida de la visión global del conocimiento.

Los indicios del problema se observan en una nota global baja y ausencia progresiva a las clases teóricas. Solo saben resolver ejercicios similares en formato receta. No saben extrapolar el conocimiento hacia conocimiento significativo.

Puede hacerse algo en esta situación estimulando la búsqueda de soluciones nuevas puede provocar que el alumno tenga una inmersión más profunda en la materia de la asignatura. Introduciendo metodologías de aprendizaje activo permitirá que el conocimiento adquirido sea más sólido.

Puede esperarse un cambio con esto, en general la introducción de metodologías de aprendizaje activo y colaborativo está demostrado que genera cambios positivos en el aprendizaje en comparación con una enseñanza tradicional basada en clases magistrales.

El cambio se produce tanto dentro de los profesores como fuera. El profesorado debe enfocar activamente el desarrollo de la asignatura a esta metodología, introduciendo los ajustes necesarios en el calendario, la evaluación, el desarrollo de las clases presenciales y el laboratorio. El alumnado también experimenta una nueva forma de aprendizaje, tanto en aspectos pedagógicos como el aprendizaje colaborativo y significativo, como en aspectos didácticos (*brainstorming*, rompecabezas, roles...). Así mismo la escuela en su conjunto puede recibir un impacto indirecto sobre la actividad de la asignatura, que tal vez pueda extenderse a otras.

El motivo de escoger este problema reside en que los fundamentos teóricos de la asignatura en cuestión son especialmente fundamentales para aquellos alumnos que desean continuar su formación (Master). Si se solucionase el problema la nota media de la asignatura subiría, se mantendría la asistencia del alumnado y aumentaría su motivación para continuar el Master u otros cursos de especialización.

## 2. Diagnóstico inicial

Las evidencias que marcan el punto de partida son: la nota teórica en relación a la práctica en los cursos anteriores, y la asistencia (en este caso solo una estimación orientativa, ya que solo se tiene constancia de algunos informes de asistencia a laboratorio y de algunas actividades en las clases de teoría).

En la Tabla 1 se recoge un resumen de estos resultados obtenidos de los cinco últimos cursos. Con respecto a la nota media de la asignatura, puede observarse que la parte de teoría (T) se mantiene en un valor bajo en relación a la nota de laboratorio (L), y además se mantiene en un valor constante. La nota de teoría es la que hace bajar la media total. La asistencia durante la primera mitad (1P) se ha mantenido en valores por encima del 85%. Al ir descendiendo a lo largo del curso, la asistencia promedio después del primer parcial (2P) hasta al final, desciende por debajo del 60%.

Tabla 1. Evolución de la nota y la asistencia (%)

Año	2014	2015	2016	2017	2018
(T/L)	62/80	51/81	52/82	48/80	47/80
(1P/2P)	90/60	85/60	85/55	90/50	85/50

## 3. Objetivos

Los objetivos a alcanzar con la intervención son: Adquirir conocimiento significativo (que no quede en un “aprendizaje superficial”). El desarrollo de un proyecto elaborado, en donde se tienen que emplear los conocimientos teóricos, motivará a los alumnos a que los conocimientos estén consolidados, con lo que van a tener la necesidad de aprender de forma significativa, y no simplemente aplicar procedimientos preestablecidos. Esto será reflejado en el documento que desarrollen, y deberá repercutir en la nota de la parte teórica de la asignatura.

Aumentar su motivación en su estudio. Se les hará pequeñas encuestas sobre el grado de satisfacción y motivación a lo largo del curso, con el fin de ver la progresión de la intervención que se está realizando.

Mantener una asistencia a clase durante todo el curso. Esta va a ser medida en todas las sesiones a lo largo del curso.

Conseguir que los alumnos sean activos por sí mismos en la asignatura. Las actividades estarán enfocadas al aprendizaje activo. El seguimiento en las actividades y clases presenciales, así como las encuestas de satisfacción y motivación, deberán permitir verificar que el aprendizaje sea activo como se espera, y revisar lo necesario en caso contrario.

Mantener el interés en otras asignaturas optativas relacionadas. Existe una asignatura de características similares en el grado (Sistemas de Producción Integrados) en donde también se podría aplicar la metodología de forma similar. Se hará referencia a los contenidos de otras asignaturas, haciendo hincapié en las asignaturas de Master que tienen continuación con esta asignatura.

## 4. Propuesta

La propuesta está basada en la metodología de aprendizaje basada en retos o CBL (Challenge Based Learning), (Johnson et al., 2009). En esta metodología se insta a los estudiantes que resuelvan un problema partiendo de una idea inicial, el cual se establece un reto, y siguiendo un proceso bien estructurado, hasta acabar en la solución, su implementación (si es viable), y la correspondiente

evaluación. Esta metodología fue introducida por Apple para sus empleados, y comparte ciertas características con las metodologías basadas en proyectos y problemas (Apple, 2011).

Es una colaboración educativa que promueve la profundización en los contenidos que se estudian, identificando y resolviendo retos en un entorno cercano, y compartiendo los resultados con la comunidad. Este método ha sido empleado con éxito en universidades tecnológicas como el Tecnológico de Monterrey (EduTrends, 2015), y es una referencia en algunos simposios sobre enseñanza (Johnson et al., 2009). Comparte aspectos relacionados con el aprendizaje basado en problemas (Chapman, 1996) y es susceptible de ser utilizado conjuntamente con otras técnicas de aprendizaje (Klinger et al., 2000).

### **La idea**

En la idea inicial, se pretende resolver un problema en donde los estudiantes, la escuela, la universidad, la comunidad, o el entorno cercano, se vean beneficiados de alguna manera. Esta idea suele estar relacionada con aspectos sociales, educativos, medioambientales, o de salud, entre otros. Dado que la asignatura a la que va destinada está centrada en la robótica, se plantea un reto con el objetivo de acercar la robótica tanto al entorno de los estudiantes, como a los visitantes de distintas edades que se acerquen a la escuela. En futuras ediciones puede plantearse la idea de una competición de robots.

### **El reto**

En esta primera edición, la idea que se aborda está orientada a aspectos educativos, y tiene un alcance dentro de la universidad. Se les propone a los alumnos que reflexionen sobre la presencia de un robot, que sea capaz de comunicarse o interactuar/jugar con los estudiantes o visitantes de la escuela. Este robot debe servir de escaparate a los estudios que se hacen en la escuela, así como servir como plataforma de estudio o investigación. Debe contemplar un aspecto social, el cual deba permitir interactuar de forma segura con personas de distintas procedencias y edades. Así mismo, debe de poder permitir mostrar su funcionamiento y la ciencia que hay detrás de él. Adicionalmente se utilizan

herramientas de simulación y virtualización de robots que apoyan a la comprensión del funcionamiento de la aplicación. Este es el planteamiento inicial que se presenta al inicio del curso y que le da forma al reto.

### **Formación de grupos**

Se forman diferentes grupos de trabajo e investigación, de entre 3 y 5 alumnos. Los grupos son heterogéneos, para ello previamente se recogen las fortalezas y debilidades de cada alumno al principio de curso, y el profesor propone agrupaciones. Se insta a que hagan una reflexión e investigación inicial sobre las ideas iniciales planteadas durante la definición del reto, para que cada grupo pueda establecer diferentes propuestas.

### **Preguntas guía**

Durante el proceso en que los grupos de trabajo investigan sobre sus propuestas, se deben de establecer una serie de preguntas que sirvan de guía y puedan responder a los requisitos planteados en el reto. El profesor plantea algunas de ellas y los estudiantes añaden o modificarán lo que convenga:

1. ¿Dónde deberá estar el robot?
2. ¿Debe ser físico, virtual, las dos cosas?
3. ¿Debe ser articulado o móvil?
4. ¿Cómo debe ser la interface persona-robot?
5. ¿De qué recursos se disponen?

### **Actividades guía**

Planteadas las preguntas guía se deben de asociar a dichas preguntas las actividades correspondientes que permitan dar respuesta a las preguntas. Esta fase requiere que en la asignatura se hayan mostrado ciertos fundamentos, con lo que la introducción de la asignatura, y las primeras actividades de laboratorio, resuelvan aspectos estrechamente relacionados con las preguntas guía. Para ello las clases magistrales se vienen complementadas con metodologías basadas en debates, puzzles entre otras.

### **Recursos guía**

Aprovechando la plataforma del campus virtual de la universidad, se facilita documentación,

herramientas de software, enlaces web y material audiovisual.

### **Solución**

En este punto, cada grupo presenta en clase brevemente su o sus propuestas las cuales son defendidas. En ese momento se determina la solución definitiva que se lleva cabo. Un aspecto que se debe plantear es, si se trata de una solución única que debe resolverse a lo largo del curso entre todos los grupos, o si bien, cada grupo debe implementar la suya propia.

### **Implementación**

Una vez bien definida la solución escogida, el resto del curso se utiliza para su implementación. Primeramente, se establece una planificación temporal y un repartimiento del trabajo entre los distintos miembros del grupo y entre los distintos grupos (en el caso de un proyecto común). El reparto de trabajo viene dado en función del rol de cada miembro (líder, investigador, programador, instalador). Es decir, el líder coordina y actúa de comodín, el investigador realiza búsqueda bibliográfica y de documentación, el programador ejecuta tareas de software y el instalador tareas de hardware. Se dedican unos minutos del tiempo de clase y laboratorio a lo largo del resto del curso para el planteamiento y resolución de dudas.

### **Seguimiento**

Para incentivar al alumnado a la asistencia e implicación en el trabajo tienen que considerar que:

El profesor proporciona material adicional y explicaciones a cada grupo particular que son claves para el desarrollo del trabajo. Se propone que un día antes de cada sesión los alumnos listen sus dudas de tal modo que si los integrantes de otro grupo las resuelven se vean compensados en la nota. En cualquier caso, es una motivación adicional para asistir a clase ya que los primeros minutos se dedican a resolver estas dudas. La parte práctica solo la pueden desarrollar en el laboratorio debido a los materiales disponibles, si bien las partes de software y virtual pueden continuarla fuera de clase. Se realiza control de asistencia. El profesor

observa el avance de cada grupo en cada una de las partes de trabajo.

### **Publicación**

Tras la finalización, se insta a los grupos de trabajo que publiquen un video y/o reporte sobre su trabajo realizado.

### **Presentación**

El último día de clase cada grupo hace una presentación en clase sobre su trabajo y, si procede, una presentación a la comunidad de la escuela del resultado final.

### **Evaluación**

El peso del reto respecto a la evaluación global de la asignatura se encuentra entorno al 30% del total. Se debe evaluar cada punto (propuestas, solución, implementación, publicaciones y presentación).

Actualmente se utilizan clases expositivas, problemas en grupo y presentación de un tema en grupo. La metodología propuesta utiliza un desarrollo similar de la actividad en el aula, pero reestructurada para adaptarla al aprendizaje basado en retos. Para reforzar la metodología a llevar acabo se complementarán las clases magistrales con debates, puzzles y clase invertida.

Las habilidades y conocimientos que necesitan los estudiantes para poder alcanzar los objetivos en general son los mismos que se les exigen para el desarrollo de la asignatura como se hacía hasta la fecha. Por otro lado, se ha venido observando que deberían tener conocimientos básicos físico-matemáticos (operaciones con matrices, cinemática y dinámica básica.) pero presentan dificultades la mayoría. Hasta ahora el profesor debe repasar algunos conceptos básicos. Se propone una actividad cooperativa para que los alumnos se ayuden entre sí (resolución de problemas en clase por parejas), interviniendo el profesor en caso necesario.

#### **4.1. Análisis de la propuesta**

La propuesta cumple los 7 principios de calidad de Chickering & Gamson, (Chickering & Gamson, 1987):

*P1: Estimular el contacto profesores-alumnos*

Lo cumple ya que se establece un seguimiento en las clases de teoría y laboratorio, con lo que la comunicación profesor-alumno aumenta.

*P2: Estimular la cooperación entre alumnos*

Lo cumple, han de trabajar en grupo para el desarrollo de los retos, así como en las actividades cooperativas y participativas propuestas en clase.

*P3: Estimular el aprendizaje activo*

Lo cumple, gracias a la búsqueda de soluciones y al trabajo práctico en grupo y en las clases presenciales.

*P4: Proporcionar realimentación (feedback) a tiempo*

Lo cumple, se realiza seguimiento a lo largo de todo el curso en todas las etapas, por lo tanto, el feedback es continuo.

*P5: Dedicar tiempo a las tareas más relevantes*

Lo cumple, el tiempo invertido es para adquirir conocimiento para solucionar un problema real (o cercano a ser real), incluso aunque este conocimiento sean fundamentos teóricos de obtención de modelos matemáticos, los alumnos verán el vínculo entre la teoría y la solución práctica.

*P6: Comunicar expectativas elevadas a los alumnos*

Lo cumple, los alumnos tienen libertad para ir más o menos lejos en la solución adoptada. El profesor les guiará sobre el grado de complejidad de sus propuestas. Por otro lado, dentro del grupo cada alumno puede dedicarse a aspectos más afines a sus intereses i/o habilidades.

*P7: Respetar los diferentes talentos y formas de aprendizaje*

Lo cumple, durante la formación de grupos se insta a los alumnos a que formen grupos con habilidades complementarias para que de esta

forma queden compensados y se puedan ayudar entre ellos.

Por otro lado, también es una intervención sostenible, es decir, si se acaba la financiación del proyecto, al profesor le cambian de asignatura, entran nuevos profesores, cambia el director de la escuela/departamento, es solo un cambio de planteamiento de la asignatura. Los contenidos de la misma y los recursos de la escuela son los mismos.

También es transferible. Dentro de las asignaturas de tipo tecnológico, que generalmente están también asociadas a actividades prácticas o de laboratorio puede extenderse la misma metodología. Para llevarse a cabo tan solo se necesita la voluntad e implicación para hacerlo. En cualquier caso, debe presentarse de forma atractiva para los alumnos y sin que esto conlleve una carga extra de trabajo.

Las evidencias que pueden generarse para mostrar lo que está ocurriendo, serán la nota de la parte teórica, asistencia a clase, encuestas de valoración de la asignatura y resultados del reto.

Los indicadores de éxito serán a través de las mejoras observadas en estos ítems, nota de la parte teórica, asistencia a clase, encuestas de valoración de la asignatura.

Para poder demostrar que la intervención es la que está provocando el cambio puede hacerse por comparación con los resultados de años anteriores. Otra alternativa es definir la actividad como algo voluntario, a escoger por el alumno, de esta manera se podría obtener un resultado comparativo dentro del mismo curso.

Para refrendar lo que se dice algunas encuestas pueden hacerse vía el campus virtual de la asignatura, quedando constancia de quien ha realizado la actividad.

#### **4.2. Estrategias pedagógicas y didácticas**

Las estrategias pedagógicas sobre las que se sustentará este trabajo contemplan:

*El aprendizaje colaborativo.* Que permitirá compensar las debilidades de algunos alumnos al trabajar en equipo. Gracias a la formación de equipos, la distribución de roles, responsabilidades y actividades, y la ayuda dentro del equipo.

*Los agrupamientos flexibles.* Que juntamente con el aprendizaje colaborativo, permitirá mayor grado de individualización de la enseñanza y aprendizaje, agrupándolos según niveles, contenidos y objetivos.

*El aprendizaje significativo.* Que permitirá relacionar nueva información con los conocimientos previos, interrelacionando lo aprendido en las distintas asignaturas afines y conectándolo con casos reales.

En cuanto a las estrategias didácticas, se utilizan y proponen:

*El juego de roles.* Se reparten tareas en el grupo de forma semanal según los roles que van tomando cada uno de sus miembros (líder, programador, instalador o investigador).

*El brainstorming.* Que permitirá a los grupos en las etapas iniciales realizar propuestas y soluciones diversas al problema que deben abarcar.

*El rompecabezas.* Periódicamente, un alumno de cada grupo se reúne en clase junto con otros de otros grupos, para analizar plantear algún problema y que éste pueda ser solucionado desde distintos puntos de vista.

*El debate.* Durante las clases de teoría, y que junto con los rompecabezas, se plantearán diversos problemas que surjan y que serán comentados entre todos.

*El ensayo.* Durante la fase de elaboración de la documentación se les propone documentar su trabajo siguiendo un formato de artículo científico (tipo IEEE).

*La Oratoria.* Cada grupo expondrá, en una presentación oral, al final su trabajo y las soluciones aportadas.

#### 4.3. Acciones de futuro

La asignatura sobre la que se actúa pertenece al cuatrimestre de primavera, se programa la actividad hasta su comienzo en febrero, desarrollándola hasta finalizar el curso, evaluándola entonces y, si el resultado es favorable volver a plantearla en próximas ediciones readaptando los cambios que correspondan para seguir con la mejora continua.

Se recogen y analizan las evidencias, debe evaluarse el impacto sobre la carga de trabajo. Gracias a la comunicación continua profesor-

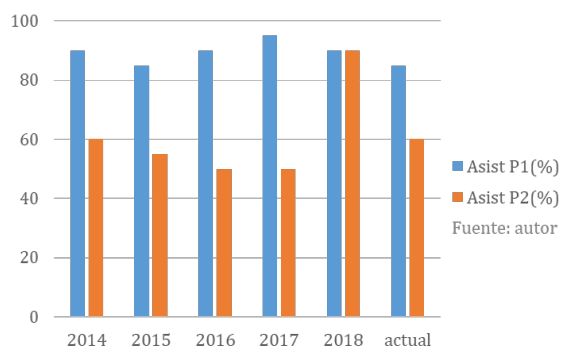
alumno puede obtenerse el feedback oportuno y las plantillas que queden en atenea que permiten trazabilidad. Se preverán también encuestas para obtener de primera mano la opinión y valoración de los alumnos respecto a la actividad (ver Anexo). A partir de los resultados y de los inconvenientes o problemas surgidos se podrá reajustar la metodología para próximas ediciones.

En la próxima edición del curso se cambiará el tipo de reto a realizar. Otra de las propuestas planteadas sería un torneo o concurso de robots.

## 5. Resultados

A continuación, se describen los resultados obtenidos de las encuestas, asistencia y evaluación de la asignatura. En cuanto a la asistencia, como se muestra en la Figura 1, puede observarse la evolución de la asistencia, en tanto por ciento del total de alumnos, a lo largo de los últimos cursos, y para las dos partes de la asignatura (hasta el primer parcial y después del primer parcial hasta el final). La asistencia a las clases presenciales se ha mantenido durante la primera parte tal y como ha ido sucediendo en todos los cursos anteriores. Lo que se observa es que esta también se ha mantenido durante la segunda parte, que es uno de los objetivos que se buscaba.

Figura 1. Evolución de la asistencia en los últimos cursos hasta el primer y segundo parcial.



Hay que tener en cuenta, que la parte práctica de la primera parte hasta el primer parcial se ha desarrollado de forma muy parecida a como se ha hecho en cursos anteriores, en el sentido de que se trataba de prácticas independientes, en

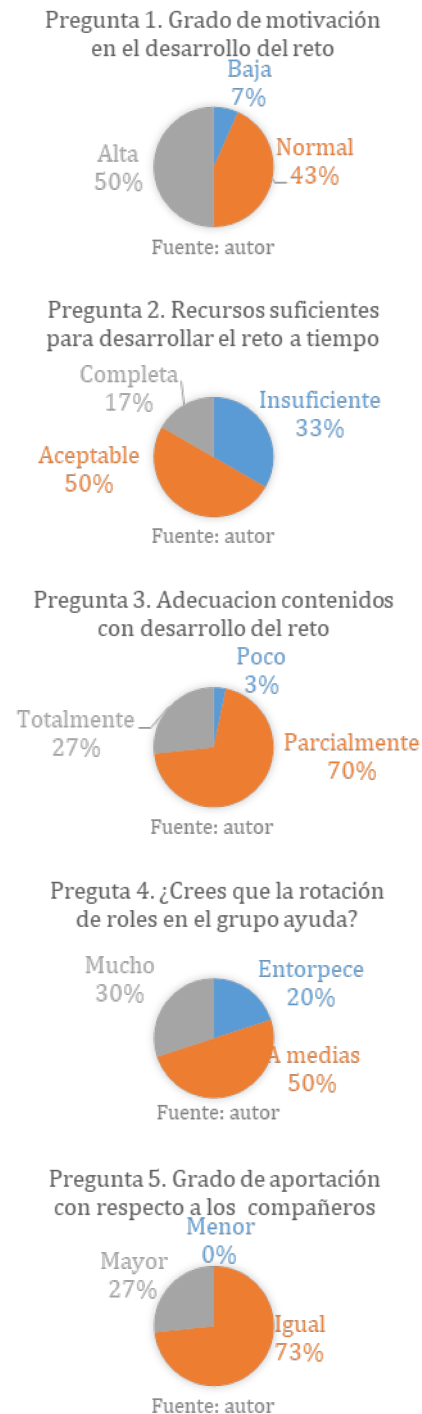
este caso con el objetivo de aprender a utilizar las herramientas que serán necesarias para el desarrollo del proyecto-reto más adelante. Estas prácticas han sido evaluadas de la misma forma que en cursos anteriores.

Es en la segunda parte donde ha habido un cambio completo en la forma en que se han desarrollado las sesiones de laboratorio. Los alumnos han pasado de tener una sesión completamente guiada por el profesor a tener que organizarse el trabajo y repartirse las tareas para solucionar cada una de las partes del proyecto asignado. Inicialmente ha supuesto un esfuerzo extra por parte del profesor para proporcionar a cada grupo la documentación adicional específica para su proyecto que normalmente viene acompañada de ejemplos y explicaciones particulares. No obstante, el número de horas consumidas en este inicio está acorde con las predichas en la planificación inicial.

También se ha notado un cambio en el desarrollo de las clases presenciales teóricas, no tanto por la explicación de los contenidos, sino que los alumnos parecen más abiertos a intervenir y a implicarse en dichos contenidos, sobre todo cuando se encuentra el vínculo con su proyecto. Esto es satisfactorio para el profesor, por un lado, la clase se mantiene con una elevada asistencia, y por otro se hace más dinámica y participativa.

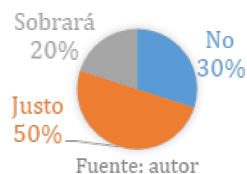
La Figura 2 muestra los resultados a una encuesta de motivación y satisfacción (ver Anexo) para las siete primeras preguntas donde el alumno de forma anónima contesta la respuesta entre tres que más se adecua según su experiencia. El test se realizó a 30 alumnos y los resultados se muestran en porcentajes sobre cada respuesta. Los resultados se analizan empleando la prueba de Chi-cuadrado con 2 grados de libertad  $\chi^2$  (hay 3 posibles respuestas), para contrastar las frecuencias observadas con las esperadas de acuerdo con la hipótesis nula (los resultados no son significativamente diferentes. El valor de  $p$  dará la probabilidad de la hipótesis nula, y se considerará un nivel de significación de 0.05 (si  $p < 0.05$  se rechaza la hipótesis nula).

Figura 2. Resultado en % del test de motivación y satisfacción realizado sobre 30 alumnos.

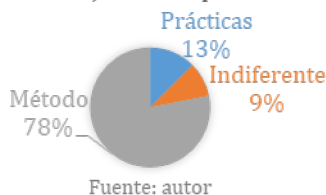




Pregunta 6. ¿Crees que tu grupo acabará el reto a tiempo?



Pregunta 7. Prefieres este método de trabajo frente a prácticas



Para la pregunta 1 (Indica tu grado de motivación en el desarrollo del reto) se observa que el grado de motivación es entre “normal” (43%) y “alto” (50%), tan solo 2 alumnos (7%) contestaron “bajo”, ( $X^2 = 14.7, p < 10^{-4}$ ).

Para la pregunta 2 (Indica en qué medida la información y recursos aportados por el profesor son suficientes para desarrollar el reto en el tiempo planificado). Prevalece la respuesta “aceptable” (50%), ( $X^2 = 7.5, p = 0.02$ ), pero una tercera parte de los alumnos contestó “insuficiente”. No obstante, hay que tener en cuenta que se insta a los alumnos a que busquen información por su cuenta que complementa lo que falta para solucionar la aplicación.

Para la pregunta 3 (Indica en qué medida se adecuan los contenidos de la asignatura con el desarrollo del reto), prevalece la respuesta “parcialmente” (70%), ( $X^2 = 30.9, p < 10^{-4}$ ). Hay que tener en cuenta que un proyecto-reto particular no cubre todos los contenidos de la asignatura y que incluso se han de tener en cuenta aspectos que no se han tratado, con lo que el resultado tiene sentido.

Para la pregunta 4 (¿Crees que la rotación de roles en el grupo ayuda?) prevalece la respuesta “a medias” (50%), algunos (20%) contestaron “entorpece” y un 30% contestó “mucho”, ( $X^2 = 6.3, p = 0.04$ ). Esto indica que la gestión del rol si bien tiene potencial, no se ha hecho un seguimiento constante para verificar el funcionamiento de los roles, indicando que en

general no parece que les haya sido de ayuda. La plantilla de reparto de tareas semanal era una medida para motivar y organizarse el tema de los roles, pero inicialmente como algo interno para cada grupo. Tal vez en próximos cursos forzar de alguna manera a que lo rellenen a través de una tarea en el campus virtual.

Para la pregunta 5 (Indica tu grado de aportación con respecto al resto de compañeros del grupo). Ningún alumno contestó “menor”, el (73%) contestó igual, y el (27%) que son 8 alumnos contestó “mayor”, ( $X^2 = 37.2, p < 10^{-4}$ ). Es decir, dado que 8 grupos, en promedio 1 alumno de cada grupo piensa que hace una mayor aportación que sus compañeros, pero ninguno que hace una aportación menor.

Para la pregunta 6 (¿Crees que tu grupo acabará el reto a tiempo?), la mayoría (50%) indica que irá justo, aunque una proporción importante (30%) está indicando de que no, ( $X^2 = 6.3, p = 0.04$ ). Tampoco es un resultado desalentador, aunque probablemente se deba mejorar el asunto de la planificación en el futuro.

Para la pregunta 7 (En qué medida prefieres este método de trabajo frente a prácticas convencionales) el 83% indico su preferencia por este método, ( $X^2 = 46.5, p < 10^{-4}$ ), tan solo cuatro alumnos indicaron su preferencia por las prácticas y a 3 alumnos les resultó indiferente, lo que indica que el método CBL tiene buena aceptación.

La pregunta 8 (Indica algún aspecto que incluirías o eliminarías o cualquier aspecto que quieras resaltar) se reservó para que los alumnos indicasen abiertamente algún aspecto que no fuera recogido por otras vías. Algunas de estas sugerencias fueron:

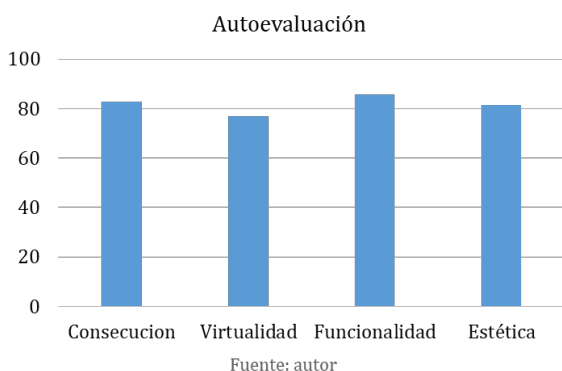
- *El desarrollo del trabajo práctico debería haberse empezado antes para no ir tan justo de tiempo.*
- *No hay un manual adecuado para utilizar los programas y robots.*
- *Lo de los roles no funciona o no está bien organizado.*
- *En el temario faltan conceptos de visión por ordenador.*
- *El trabajo era demasiado complejo.*
- *El proyecto era demasiado fácil.*
- *Este método debería de implementarse en otras asignaturas de la carrera.*

- *Pocos recursos para trabajar, poco donde elegir.*
- *He tenido que hacerlo yo casi todo, debería distribuirse mejor el trabajo.*

Algunas de estos comentarios indican que hay que mejorar mucho para próximos cursos. No obstante, se ha observado en general, que los alumnos trabajan de forma motivada, que se sienten motivados desarrollando una aplicación práctica y que es un método que se debería implementar en otras asignaturas.

Una de las medidas incluidas es el test de autoevaluación (ver Anexo). En la Figura 3 se presentan los promedios de los resultados de las preguntas que requieren una respuesta en porcentaje (preguntas 1, 5, 8 y 9) indicando que la percepción de los alumnos para cada uno de estos ítems es de entorno al 80%.

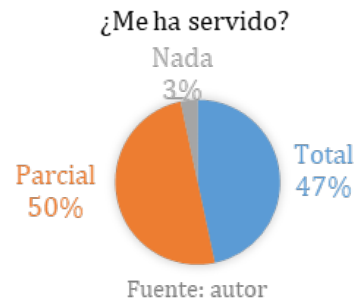
Figura 3. Resultado del test de autoevaluación para las preguntas con respuesta porcentual.



La pregunta 3 es la que permite que cada alumno evalúe de forma ordinal que presentaciones les ha parecido mejor. Con estos datos el profesor obtiene las puntuaciones promedio para cada presentación y da una nota a dichas presentaciones proporcional al orden de peor a mejor valoración.

El resultado a la pregunta 4 (Tal como está diseñada la asignatura creo que me ha ayudado a aprender de forma significativa y fácil) se muestra en la Figura 4, un alumno contestó que no le ha servido de nada, el resto entre que le ha servido parcialmente o totalmente.

Figura 4. Resultado del test de autoevaluación para la pregunta 4.



## 6. Discusión y conclusiones

Tras la finalización del curso, y realizada la evaluación de cada una de las partes, se obtuvo para la evaluación de la parte práctica (teniendo en cuenta la nota de las prácticas de la primera parte y la parte del proyecto-reto) una nota promedio de 8.2, similar a la obtenida en los cursos anteriores. En cuanto a la parte de teoría, un promedio de 3.8 para el primer parcial, donde todavía no se empezó el desarrollo del reto, y un promedio de 7.2 para el segundo parcial/final, que es donde se observa un cambio significativo respecto a cursos anteriores. En la prueba parcial los alumnos tienen la opción de recuperar la parte no aprobada del primer parcial. La nota resultante de la parte de teoría ha sido de 7. Esto da una nota promedio global de la asignatura de 7.4 (teoría 60%, práctica 40%).

Aunque se observa una mejora en la nota global de la asignatura, el resultado más relevante que puede observarse más allá de los números reside en la mayor implicación observada por los alumnos en la asignatura, mayor interés en relacionar la teoría con el desarrollo práctico, mayor facilidad a desarrollar problemas de distinto tipo lejos de aplicar recetas de problemas tipo, así como una buena disposición a trabajar en grupo y exponer sus resultados.

Puede concluirse que la introducción de la metodología basada en retos es un esquema que permite mejorar la implicación del alumnado, implicándose en profundidad, tanto en los conceptos teóricos, como en su aplicación práctica, así como una mayor motivación para enfocar la asignatura y mantener la asistencia hasta el final.

Por las características de la metodología, este estudio es susceptible a ser aplicado de forma similar en otros contextos o asignaturas, preferentemente del ámbito científico-tecnológico. El CBL es un método que permite aplicar con éxito estrategias didácticas en una enseñanza activa, colaborativa y participativa, que permite resolver problemas y carencias

propias de los métodos tradicionales. Es especialmente destacable vincular los avances y presencia de las tecnologías emergentes (robótica, industria 4.0, inteligencia artificial...) con los retos a desarrollar, que motivan especialmente al alumno y lo mantiene activo en el aprendizaje.

## Referencias

- Apple Inc., (2011). *Challenge based learning: A classroom guide*. Recuperado de [https://images.apple.com/education/docs/CBL\\_Classroom\\_Guide\\_Jan\\_2011.pdf](https://images.apple.com/education/docs/CBL_Classroom_Guide_Jan_2011.pdf)
- Binder, F., Nichols, M., Reinehr, S. y Malucelli, A. (2017) Challenge Based Learning Applied to Mobile Software Development Teaching. *IEEE 30th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEET), Savannah, GA*, 57-64. doi: 10.1109/CSEET.2017.19
- Bravo, F. y Forero, A. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 13(2), 120-136.
- Chapman, N. (1996). *The Rough Guide to Problem-Based Learning in Engineering*. Oxford, England: Oxford Brookes University.
- Cheung, R., Cohen, J., Lo, H. y Elia, F. (2011). Challenge Based Learning in Cybersecurity Education. *Proceedings of the International Conference on Security and Management (SAM), (WorldComp), Athens* 1-6. Recuperado de <http://world-comp.org/p2011/SAM5063.pdf>
- Chickering, A.W. y Gamson, Z.F. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. *American Association of Higher Education Bulletin*, (7), 3-7.
- EduTrends, (2015). Aprendizaje basado en Retos. Recuperado de <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/edutrends-aprendizaje-basado-en-retos.pdf>
- Giorgio, T. y Brophy, S. (2001). Challenge-based learning in biomedical engineering: a legacy cycle for biotechnology. *ASEE - Annual Conference Proceedings*, 2705-2711. Recuperado de <https://peer.asee.org/challenge-based-learning-in-biomedical-engineering-a-legacy-cycle-for-biotechnology.pdf>
- Johnson, L., Smith, R., Smythe, J. y Varon, R. (2009). *Challenge-Based Learning: An Approach for Our Time*. Austin, TX: *The New Media Consortium*. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED505102.pdf>
- Klinger, A., Finelli, C. y Budny, D. (2000). Improving the Classroom Environment. *Proceedings of the 30th Annual IEEE/ASEE Frontiers in Education Conference, Kansas City, MO, October* 18-21. <http://dx.doi.org/10.1109/FIE.2000.897528>
- Monsalves, S. (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*, 32 (90), 81-117. <http://www.redalyc.org/pdf/659/65920055004.pdf>
- Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J., Quintero, J., Pittí, K. y Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 74-90. <https://www.redalyc.org/pdf/2010/201024390005.pdf>
- Moresi, E., Filho, M., Barbosa, J., Lopes, M., Morais, M., Santos, J., Borges, M. y Osmala, W. (2017). The use of challenge based learning in mobile application development. *12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisbon*, 1-6. doi: 10.23919/CISTI.2017.7975800
- Nurbekova, Z., Mukhamediyeva, K., Davletova, A. y Kasymova, A. (2018). Methodological system of educational robotics training: Systematic literature review. *Espacios*, 39(15), 28-36. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n15/a18v39n15p28.pdf>
- O'Mahony, T., Vye, N., Bransford, J., Sanders, E., Stevens, R., Stephens, R., Richey, M., Lin, K. y Soleiman, M. (2012). A Comparison of Lecture-Based and Challenge-Based Learning in a Workplace Setting: Course Designs, Patterns of Interactivity, and Learning Outcomes. *Journal of the Learning Sciences*, 21(1), 182-206. doi: [10.1080/10508406.2011.611775](https://doi.org/10.1080/10508406.2011.611775)
- Rugarcia, A., Felder, R.M., Woods, D.R., y Stice, J.E. (2000). The Future of Engineering Education. I. A Vision for a New Century. *Chem. Engr. Education*, 34(1), 16-25.

## Anexo

### Encuesta de motivación y satisfacción

1. Indica tu grado de motivación en el desarrollo del reto  
Baja\_\_ Normal\_\_ Alta\_\_
2. Indica en qué medida la información y recursos aportados por el profesor son suficientes para desarrollar el reto en el tiempo planificado  
Insuficiente\_\_ Aceptable\_\_  
Completa\_\_
3. Indica en qué medida se adecuan los contenidos de la asignatura con el desarrollo del reto  
Poco\_\_ Parcialmente\_\_  
Totalmente\_\_
4. ¿Crees que la rotación de roles en el grupo ayuda?  
Entorpece\_\_ A medias\_\_  
Mucho\_\_
5. Indica tu grado de aportación con respecto al resto de compañeros del grupo  
Menor\_\_ Igual\_\_  
Mayor\_\_
6. ¿Crees que tu grupo acabará el reto a tiempo?  
No\_\_ Justo\_\_  
Sobraré\_\_
7. En qué medida prefieres este método de trabajo frente a prácticas convencionales:  
Prefiero las prácticas\_\_  
Indiferente\_\_  
Prefiero este método\_\_
8. Indica algún aspecto que incluirías o eliminarías o cualquier aspecto que quieras resaltar

**Test de autoevaluación**

1. Indica el porcentaje de consecución de los objetivos:

\_\_\_%

2. Indica tu grado de participación respecto a tus compañeros de grupo:

Mucho menor\_\_\_ Menor\_\_\_  
Igual\_\_\_ Mayor\_\_\_  
Mucho mayor\_\_\_

3. Da un valor de orden (1 mejor 8 peor) a las presentaciones:

Manipulador guiado \_\_\_  
Juego de ajedrez \_\_\_  
Robot seguidor \_\_\_  
Robot que huye \_\_\_  
Robot teleoperado \_\_\_  
Illumination helper \_\_\_  
Tres en raya \_\_\_  
Golfsphero \_\_\_

4. Tal como está diseñada la asignatura creo que me ha ayudado a aprender de forma significativa y fácil:

Totalmente\_\_\_  
Parcialmente\_\_\_  
No me ha servido de nada\_\_\_

5. En qué medida el comportamiento del entorno virtual crees que es un reflejo del entorno real:

\_\_\_%

6. Destaca cual ha sido el aspecto que ha supuesto una mayor dificultad en la implementación práctica de vuestro reto

7. Destaca cual ha sido el aspecto que ha supuesto una mayor dificultad conceptual

8. Valora en qué grado valoraríais vuestra solución desde el punto de vista de la funcionalidad

\_\_\_%

9. Valora en qué grado valoraríais vuestra solución desde el punto de vista de la estética

\_\_\_%