

Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura académica universitaria

Ángel Fidalgo Blanco
Universidad Politécnica de
Madrid
Madrid, España
angel.fidalgo@upm.es

**María Luisa Sein-Echaluce
Lacleta**
Universidad de Zaragoza
Zaragoza, España
mlsein@unizar.es

**Francisco José García
Peñalvo**
Universidad de Salamanca
Salamanca, España
fgarcia@usal.es

Resumen: Hacer que el alumnado se involucre en la búsqueda de soluciones a retos globales a nivel mundial se consigue mediante el Aprendizaje Basado en Retos. Este método incluye el aprendizaje cooperativo, la visión de los problemas que afectan de forma global a toda la humanidad y la visión aplicada de diversas materias académicas. Este tipo de aprendizaje se suele englobar en acciones realizadas por el centro educativo, ya que necesita integrar conocimientos de varias asignaturas y además se suelen llevar a cabo en periodos extra-académicos. En este trabajo se desarrolla una metodología que permite aplicar el Aprendizaje Basado en Retos dentro del contexto de una asignatura y durante el horario académico. Esta metodología integra los siguientes métodos: Challenge Based Learning y Challenge Based Instruction. El sistema propuesto es sostenible ya que se puede aplicar de forma continua durante varios cursos académicos, incorpora todas las ventajas del Aprendizaje Basado en Retos y permite que el alumnado tenga una visión de la asignatura orientada a resolver problemas reales en los que el alumnado está implicado.

Palabras clave: Aprendizaje basado en retos; aprendizaje cooperativo; sistema de gestión del conocimiento; aprendizaje activo.

Abstract: Involving students in finding global solutions to global challenges is achieved through Challenge Based Learning. This method includes cooperative learning, the vision of the problems that affect in a global way to all the humanity and the applied vision of diverse academic subjects. This type of learning is usually included in actions carried out by the educational center, since it needs to integrate knowledge of several subjects and it is also usually carried out in extra-academic periods. In this work, a methodology is developed that allows to apply the Learning Based on Challenges within the context of a subject and during the academic timetable. This methodology integrates the following methods: Challenge Based Learning and Challenge Based Instruction. The proposed system is sustainable since it can be applied continuously for several academic courses, it incorporates all the advantages of Learning Based on Challenges and allows students to have a vision of the subject oriented to solve real problems in which students are involved.

Key words: Challenge Based Learning, cooperative learning, learning management system, active learning.

1. Introducción

En 2008 la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos [1] reunió a un grupo de expertos para identificar los grandes retos a solucionar en el próximo siglo. Se identificaron 14 grandes retos agrupados en cuatro áreas: sostenibilidad de la vida en la tierra, protección contra amenazas,

promoción de una vida saludable y vivir y aprender con alegría. Entre las características de los retos se destaca su globalidad y que sus soluciones requieren trabajo multidisciplinar.

Este planteamiento ha sido adoptado por diversos gobiernos para definir sus planes de mejora. De esa forma, el Programa Estatal Español de

Investigación, Desarrollo e Innovación (2013-2016) se orientó a la consecución de retos, entendidos como los problemas de la sociedad cuya solución se busca mediante el desarrollo de actividades de investigación fundamental científica y técnica [2].

La aplicación de este enfoque en el contexto de la formación se denomina “Aprendizaje Basado en Retos” (ABR) y tiene su origen en dos instituciones concretas: Apple y el Centro de Investigación en Ingeniería VaNTH ERC.

La empresa Apple [3] llevó a cabo en 2008 el proyecto denominado “Apple Classrooms of Tomorrow-Today”. En dicho proyecto se aplicó un método en el que el alumnado trabajaba en equipo, no solo entre los compañeros, sino también con profesorado y externos especialistas en el área de ámbito del trabajo [4]. Apple denominó a este método *Challenge Based Learning* (CBL).

El instituto VaNTH ERC, formado por las universidades de Vanderbilt, Northwestern, Texas, Harvard y por el Massachusetts Institute of Technology (MIT), implementó un método denominado *Challenge Based Instruction* (CBI). Este método tiene como marco de referencia la idea de *How People Learn* (HPL) que integra aprendizaje centrado en el alumnado, en el conocimiento, en la evaluación, en la comunidad [5] y en el diseño instruccional *Software Technology Action Reflection* (STAR) *Legacy Cycle*. Dicho ciclo se basa en el trabajo colaborativo del alumnado para la resolución de un problema a través de las fases: reto, generación de ideas, aportación de visiones, investigación, prueba de la destreza y publicación de la solución [6].

Habitualmente el ABR se basa en abordar el aprendizaje a partir de un tema genérico y plantear una serie de retos, relacionados con ese tema, que el alumnado debe alcanzar. Dichos retos conllevan el aporte de soluciones concretas de las que se pueda beneficiar la sociedad o una parte de ella. Para ello el alumnado dispone de herramientas tecnológicas, recursos (internos y externos a la asignatura) y, por supuesto, de expertos que les ayudan en el proceso (el profesorado) [7].

Así pues, el ABR se inspira en la búsqueda de soluciones a grandes desafíos globales y originados en contextos externos a la formación. Sin embargo,

su proceso de aprendizaje y su forma de implementación toma sus principios de modelos de aprendizaje activo, como el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje vivencial [3]. Por todo ello, se puede afirmar que el ABR integra elementos de investigación, de interdisciplinaridad y de aprendizaje orientado al alumnado. El ABR construye un entorno de aprendizaje activo [8] donde:

- El alumnado debe investigar problemas con varias soluciones, desarrollar el proceso y elegir el camino óptimo [9]
- El alumnado se involucra en problemas basados en la vida real [9] y de interés mundial [4][10]
- El alumnado debe identificar las cuestiones esenciales y el conocimiento que puede utilizar [11]
- El profesorado debe cumplir los roles de: experto, colaborador de aprendizaje, facilitador de información y de nuevos modelos de pensamiento [3]. También se propicia la participación de otras personas, con los perfiles adecuados, en colaboración con el profesorado.

Entre numerosos estudios, el informe Edutrends [3] realiza una recopilación de beneficios del ABR, que se incluyen a continuación, y en los que el alumnado:

- Logra una comprensión más profunda de los temas, aprende a diagnosticar y definir problemas antes de proponer soluciones, así como a desarrollar su creatividad.
- Se involucra, tanto en la definición del problema que se aborda, como en el proceso empleado para resolverlo.
- Se sensibiliza ante una situación dada, desarrolla procesos de investigación, logra crear modelos y materializarlos y trabaja colaborativa y multidisciplinariamente.
- Se acerca a la realidad de su comunidad y establece relaciones con gente especializada que contribuye a su crecimiento profesional.
- Fortalece la conexión entre lo que aprende en el entorno académico y lo que percibe del mundo que le rodea [9].
- Desarrolla habilidades de comunicación de alto nivel, a través del uso de herramientas sociales y técnicas de producción de medios, para crear

y compartir las soluciones que ha desarrollado [9].

Sin embargo, en los escasos estudios que existen sobre la aplicación del método ABR en asignaturas concretas, se encuentran un conjunto de limitaciones importantes:

- Los proyectos globales se suelen alejar de los contenidos concretos de la asignatura [8].
- Las evaluaciones tradicionales suponen una barrera, ya que el alumnado se centra más en el examen que en el aprendizaje en sí mismo [12].
- La mayor parte de las experiencias de ABR se encuentran en la periferia del plan de estudios, por tanto es difícil asociarlo a una asignatura concreta. Únicamente se suelen realizar en asignaturas específicamente diseñadas para enseñar el ABR, o en proyectos fin de Master [13].
- La reacción del alumnado ante este enfoque es desconocida, ya que no hay indicadores para su evaluación [14].
- La participación de personas con distintos roles, además del profesorado, provoca dificultades para que el alumnado se adapte a los diferentes enfoques [8].
- Los resultados de los proyectos globales se suelen obtener una vez el curso académico ha finalizado.

Este trabajo propone la integración de los modelos CBL y CBI de tal forma que se pueda aplicar un ABR al contexto específico de una asignatura, con un alcance local y en el entorno del alumnado. Así pues, el objetivo de este trabajo de investigación es comprobar si el alumnado es capaz de identificar retos en su entorno, encontrar e implementar una solución a los mismos y compartir su propia experiencia para mejorar el propio aprendizaje basado en retos. Y para ello, se integran dos tipos de retos: un *reto específico*, donde los alumnos trabajan en un reto elegido por ellos y un *reto común* que se basa en el manejo de un sistema de gestión de conocimiento.

Los *retos específicos* se basan en una adaptación del modelo CBL para que dicho método se pueda aplicar en cualquier asignatura de universidad.

El *reto común* se ha diseñado con dos objetivos: manejar una tecnología informática de forma

cooperativa (sistema de gestión de conocimiento) y utilizar dicha tecnología para mejorar el propio ABR. Este reto se basa en el método STAR Legacy Cycle.

En la sección 2 se expone el modelo propuesto y las fases de aplicación. La sección 3 describe el contexto de aplicación. Se continúa con la exposición de los resultados parciales en la sección 4, para finalizar con las conclusiones en la sección 5.

2. Metodología

Los modelos CBL y CBI surgen en contextos académicos distintos. CBL surge en el ámbito educativo no universitario y CBI en el contexto universitario. Como se puede ver en la figura 1, ambos modelos son equivalentes. La diferencia radica en que, mientras el modelo CBL es secuencial y tiene un principio y un final, el modelo CBI se basa en una espiral continua.

Ambos modelos constan de tres fases de ejecución y, por ejemplo, veamos el modelo CBI (parte derecha de la figura 1). Se observa la Fase 1 como fase preparatoria, donde se plantea el trabajo a realizar; es decir, se plantea el reto, se generan ideas y se presentan múltiples perspectivas. La Fase 2 es la fase de desarrollo y validación, que consta de la investigación, revisión y la prueba de destrezas y, por último, la Fase 3 que incluye la publicación de la solución.

En ambos modelos las tres fases constan de unos pasos cuya ejecución hacen posible la consecución de cada fase. Así pues, ahora sobre el modelo CBL (parte izquierda de la figura 1), se muestra que la Fase 1 se compone de la idea general (F1.1), la pregunta esencial que se quiere responder (F1.2) y el planteamiento del reto (F1.3). La Fase 2 de desarrollo y resolución consta de: preguntas guías, actividades guías y recursos guías útiles para el desarrollo (F2.1), la solución que se propone (F2.2), la implementación de la misma (F2.3), la evaluación de dicha solución (F2.4), y su validación (F2.5). Por último, la Fase 3 consta de la publicación de la implementación realizada (F3.1) y la publicación que incluye la reflexión (F3.2).

En el modelo CBL, la Fase 3 de publicación marca el final del trabajo y, sin embargo, en el modelo

CBI la última fase de publicación (F3) enlaza con la fase preparatoria (F1), ahora ya con un planteamiento mejorado del reto y un nuevo ciclo de desarrollo y publicación.

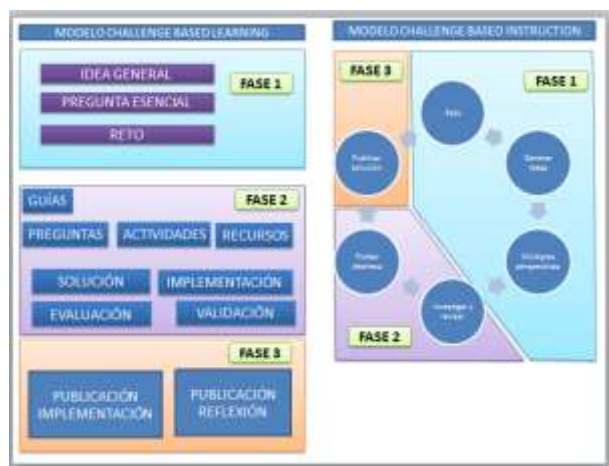


Figura 1. Equivalencia de los modelos CBL y CBI

El *reto específico* (del CBL) se refiere a problemas que precisan soluciones en el ámbito académico y/o de aprendizaje del alumnado. Por tanto, este reto está dirigido a la comunidad formada por el alumnado de la asignatura, el alumnado futuro (que cursará esa asignatura) y el alumnado pasado (ex-alumnos de esa asignatura). Los retos específicos pueden llevarse a cabo de forma independiente al reto común que se explica a continuación.

El *reto común*, del CBI, se podría denominar *meta-reto* ya que trabaja con los resultados de los demás retos y se utiliza para facilitar la realización de nuevos retos. Este reto común consiste en conseguir una mejora del propio aprendizaje basado en retos. Se utiliza la experiencia del propio alumnado para mejorar el proceso de aprendizaje. Este meta-reto lo utiliza el método CBI y está basado en la utilización de un sistema de gestión de conocimiento (SGC), donde el alumnado debe identificar, clasificar y organizar el conocimiento que ha adquirido en el ABR, así como los resultados obtenidos [15].

El modelo propuesto se expone a continuación dividido en tres apartados: Modificación del modelo CBL, integración de los modelos CBL y CBI y definición de las fases para la aplicación del modelo propuesto.

2.1. Modificación del modelo CBL

En primer lugar se adaptan los objetivos, de cada paso del modelo CBL, para transformar un reto global en un reto específico. La propuesta es que este reto sea aplicable en una asignatura, durante el periodo de impartición y que además aporte soluciones en el contexto del propio alumnado. La tabla 1 muestra la adaptación para cada paso del modelo CBL. En la adaptación se incluye un paso más dentro de la Fase 3 de publicación (la F3.3), que se basa en la publicación del proceso seguido por el alumnado en las Fases 1 y 2.

Tabla 1. Modificación del modelo CBL

PASOS	CBL	MODELO PROPUESTO
<i>F1.1-Idea general</i>	Global. Público objetivo: el mundo.	Específico. Público objetivo: el alumnado
<i>F1.2-Pregunta esencial</i>	Interés del alumnado y necesidad de la comunidad	Interés del alumnado y necesidad en su vida cotidiana académica y de aprendizaje
<i>F1.3-Reto</i>	Implica una solución que genera una acción concreta y significativa	Implica una solución que genera una acción concreta y significativa
<i>F2.1-Preguntas Guías, Actividades Guías y Recursos Guías</i>	Generado por el alumnado. Necesario para el desarrollo	Generado por el alumnado de forma cooperativa. Necesario para el desarrollo
<i>F2.2-Solución</i>	Factible para ser implementada en la comunidad	Servicio o producto útil para la comunidad.
<i>F2.3-Implementación</i>	El alumnado prueban la eficacia de la implementación en un ambiente auténtico	El alumnado prueba la eficacia en su entorno.
<i>F2.4-Evaluación</i>	Evaluación del proceso y del producto	Evaluación del alumnado (individuo), proceso y producto.
<i>F2.5-Validación</i>	El alumnado juzga el éxito de la solución	El alumnado valida la solución en base a utilidad real y conocimiento aportado
<i>F3.1-Publicación Implementación</i>	Para comunicar su solución con el mundo	Producto o servicio real on-line y con acceso público.
<i>F3.2-Publicación Reflexión</i>	Reflexión del aprendizaje	Reflexión sobre el proceso de realización del aprendizaje. Se realiza en video y se comparte de forma pública y on-line.
<i>F3.3- Publicación del Proceso (Fases Intermedias)</i>		Se aportan resultados de las distintas fases del método CBL (Fases 1 y 2)

2.2. Integración de los modelos CBL y CBI

La figura 2 muestra la integración de los métodos CBL y CBI y se basa en utilizar las características más significativas de ambos. Por un lado, el método CBL aporta una secuenciación muy precisa de los pasos que el alumnado debe realizar. El punto débil de este método es que plantea la realización de un reto único, no tiene en cuenta la experiencia de las soluciones realizadas anteriormente.

El método CBI se basa en una espiral donde cada ciclo mejora el anterior (mejora continua). Por tanto, la idea es que la Fase 3 (Publicación) se realice en un SGC para reutilizar la experiencia del alumnado que ha realizado el ABR (a las publicaciones definidas en el método CBI se añade la publicación de ejemplos del proceso). Los recursos generados en la Fase 3 son incluidos por el alumnado en el SGC. Posteriormente, durante una nueva convocatoria de ABR el alumnado puede utilizar los recursos del SGC que le proveerá de soluciones a retos, ejemplos de los distintos pasos del proceso y reflexiones para la ayuda a la toma de decisiones, pensamiento crítico y enfoque del trabajo.

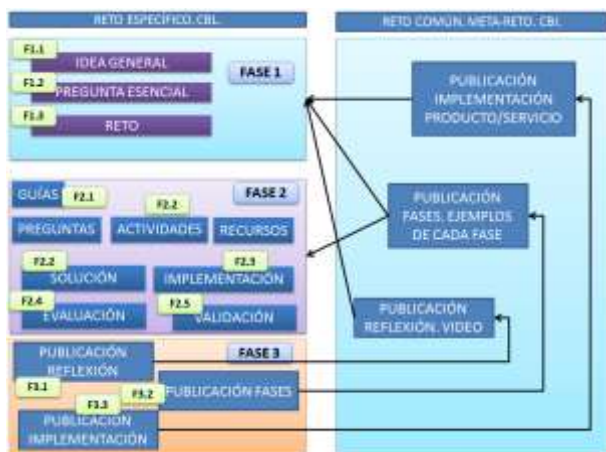


Figura 2. Integración método CBL + CBI

2.3. Aplicación del modelo propuesto

Las etapas del modelo propuesto (combinación de CBL y CBI) son las siguientes:

ETAPA 1

1.1 Presentación del método ABR propuesto: se explica el contexto al que se dirige y se muestran resultados de cursos anteriores en cada uno de los tipos de ámbitos de aplicación.

- 1.2 Formación de los equipos de trabajo.
- 1.3 Elaboración de idea general, preguntas esenciales (utilidad y necesidad) y definición del reto.
- 1.4 Acceso libre al SGC para acceder a soluciones alcanzadas en cursos anteriores para retos similares.

ETAPA 2

- 2.1 Desarrollo del trabajo en equipo: mapa de responsabilidades, cronograma y normativa.
- 2.2 Acceso al SGC para ver ejemplos de las fases. Se pueden utilizar ejemplos de cualquier reto.

ETAPA 3

- 3.1 Ejecución del trabajo realizando la investigación, trabajando con agentes externos y manejando tecnología (wikis, almacenamiento on-line, sistemas e-learning y edición y publicación de videos).
- 3.2 Acceso libre al SGC para estudiar ejemplos previos sobre cómo se ha organizado la ejecución del trabajo.

ETAPA 4

- 4.1 Finalización del servicio o producto, habitualmente en un wiki, blog, red social o página web.
- 4.2 Organización de la documentación empleada.
- 4.3 Elaboración de videos.

ETAPA 5

- 5.1 Clasificación de los recursos generados en el ABR.
- 5.2 Introducción de los recursos y su clasificación en el SGC.

De forma paralela a las etapas, el profesorado realiza pruebas de evaluación formativa y evaluación sumativa y mensualmente se realizan reuniones de todo el alumnado del curso para compartir experiencias. Estas reuniones se realizan en horario de clase y dentro del horario oficial asignado a la asignatura por el centro educativo.

3. Contexto de aplicación

El trabajo de investigación se desarrolló en la asignatura “Informática y Programación” del Grado de Ingeniería de la Energía de la Universidad Politécnica de Madrid. La asignatura se impartió en el segundo semestre del curso 2015-2016. Con un total de 183 matriculados, participaron en la experiencia 169 alumnos, que formaron 28 equipos de trabajo con una media de 6 alumnos por equipo.

Cada equipo elige un reto en una de estas cuatro áreas: vida académica, aprendizaje, salidas profesionales y conocimiento del grado. El objetivo del reto es mejorar el contexto universitario donde se encuentra incluida la asignatura o ella misma.

La asignatura tiene una duración de 60 horas, de las cuales se dedican al ABR 5 sesiones presenciales de 2 horas cada una. En la primera sesión se explica el método ABR y se forman los equipos de trabajo (etapas 1.1 y 1.2). En la segunda sesión se explican las características de los retos, la formulación de preguntas y definición del reto. Así mismo se muestra y se enseña a manejar el SGC (etapas 1.3 y 1.4). En la tercera sesión se realiza evaluación formativa y cooperativa (entre todos los equipos) del resultado de la etapa 1.3 y 1.4. Así mismo, se explican los procesos a realizar en las etapas 2.1 y 2.2. En la cuarta sesión se realiza evaluación formativa de los resultados de las etapas 2.1 y 2.2. Así mismo, se explican los procesos correspondientes a las etapas 3.1 y 4.1, 4.2 y 4.3. En la quinta sesión se realiza evaluación formativa de las soluciones aportadas al reto.

Durante la semana siguiente, de forma on-line y fuera del horario académico el alumnado clasifica, sube y organiza en el SGC la publicación de todo el conocimiento acumulado durante el ABR: ejemplos de cada fase, resultado final obtenido y reflexión sobre el proceso. Así mismo el resultado final se publica en wikis, blog, redes sociales y páginas web.

Una semana después de la última sesión, el profesorado realiza una evaluación sumativa que tiene en cuenta la implicación individual, el proceso realizado y los resultados. Esta evaluación se realiza siguiendo las pautas del método CTMTC [16] de trabajo en equipo, ayudado por un sistema de *Learning Analytics* que permite realizar el seguimiento individual de los miembros de cada equipo [17].

La integración de los métodos CBI y CBL, para que se pueda aplicar el ABR en el contexto de una asignatura, tiene por objeto comprobar que se rompen las limitaciones del ABR en cuanto a su globalidad. Para ello se debe comprobar si el alumnado es capaz de plantear un reto asociado a su contexto e implementar una solución eficaz del mismo, así como compartir recursos para mejorar el propio ABR.

4. Resultados

En esta sección se presentan resultados finales del trabajo de investigación. En cuanto a la evaluación del progreso, a través de pasos evaluables, 28 equipos finalizaron los pasos relativos a la *Idea general*, a la *Pregunta esencial*, y al *Reto*. Además 24 equipos finalizaron los pasos relativos a los *Recursos guías*, a la *Solución* y a la *Implementación* y 22 equipos finalizaron todos los pasos, incluido el paso de *Validación y Reflexión*, que es un paso extra.

Es decir, 24 equipos han conseguido implementar una solución real al reto (16 de ellos de forma notable ya que 4 equipos obtuvieron la calificación final de *Suspense*, 8 equipos con *Aprobado*, 12 equipos con *Notable* y 4 equipos con *Sobresaliente*).

Los equipos que no han conseguido implementar una solución eficaz al reto son 4 y se debe a que no han realizado de forma correcta la elaboración de los recursos guías, debido a la mala gestión del trabajo en equipo y por consiguiente la solución y la implementación del reto. Así mismo, hay 6 equipos (los 4 suspensos y 2 de los aprobados) que no han reflexionado sobre la validación de la solución obtenida.

Otros resultados cuantitativos obtenidos hasta la fecha actual se refieren el número de interacciones estudiante-estudiante realizadas en los foros del sistema e-learning empleado (Moodle). En ese sentido existen 4684 mensajes en total, para 169 usuarios, con una media de 27,71 mensajes por usuario.

Así mismo, se considera un resultado, referente al proceso, sobre el número de equipos que han establecido contacto con otras instituciones o personal fuera del contexto de la asignatura. En este caso los 6 equipos que no han superado la solución no incluyeron la experiencia de otras personas en su trabajo.

Respecto al número de recursos de aprendizaje del método ABR propuesto en este trabajo se han obtenido 127 recursos correspondientes a las fases 1 y 2. Lo que hace una media de 5 recursos por equipo de trabajo.

5. Conclusiones

Con los datos obtenidos se ha demostrado que el ABR se puede aplicar en el contexto del entorno académico del alumnado. Un 100% de los equipos logro identificar un reto asociado a su entorno y un 85,71% de los equipos consiguió aportar una solución real al reto, de los cuales el 66,66% apporto una solución notable.

Otro de los resultados obtenidos es la eficacia del método ABR para fomentar el trabajo cooperativo. Los resultados de aprendizaje muestran que los componentes de cada equipo comparten información y colaboran, en la puesta en común, a través de los foros de debate asociados a cada etapa. La media de 27,71 mensajes por persona a través de los foros lo demuestran, así como los 5 recursos de media que cada equipo de trabajo comparte, tanto con sus compañeros como con la sociedad.

En este sentido, se reafirman las conclusiones de Johnson et al. [9] sobre la tendencia a desarrollar habilidades de comunicación a través de herramientas sociales. Por tanto, la adaptación realizada en este trabajo de investigación mantiene todas las ventajas y beneficios del ABR aplicado a retos globales.

Otro aspecto importante del ABR es el acercamiento a la realidad. Han sido 24 grupos los que han establecido contacto con usuarios distintos de los de su clase. Esta característica es un aspecto positivo ya expresado en el informe del Instituto Tecnológico de Monterrey [3].

Las líneas futuras de trabajo se agrupan en dos líneas: la investigación sobre el efecto de la cooperación del alumnado con personas externas a su asignatura y sobre la validación del método propuesto.

Los equipos con mejor calificación final han implementado la solución teniendo en cuenta la experiencia de otras personas ajenas a su curso. Sin embargo, los que han suspendido no habían incluido la experiencia de otras personas. Por tanto, se debe realizar una investigación sobre la relevancia de incluir personas externas al equipo para alcanzar una solución realista.

Se debe continuar trabajando en la validación, del método ABR aquí propuesto, en los próximos cursos ya que el alumnado futuro tendrá a su

disposición los recursos generados por sus propios compañeros.

Agradecimientos

Al Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo y a la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León por su apoyo y al Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI). Finalmente, los autores deseamos agradecer a los patrocinadores de nuestros respectivos equipos de investigación el apoyo recibido (LITI, <http://www.liti.es>; GRIAL, <http://grial.usal.es>; y GIDTIC, <http://gidtic.com>). Así como la labor de revisión del trabajo por Javier Pinilla.

Referencias

- [1] National Academy of Engineering (2008). 14 Grand Challenges for Engineering [Online]. Disponible en <http://www.engineeringchallenges.org/8996.aspx>.
- [2] Ministerio de Economía y Competitividad (2016). Resolución de convocatoria de ayudas a proyectos de I+D+I incluidos en el Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad [Documento PDF]. Disponible en http://www.idi.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Ayudas/PE_2013_2016/PE_IDi_Orientada_a_los_Retos_de_la_Sociedad/FI_CHEROS/Proyectos_I_D_Retos_2016/Convocatoria_proyectos_de_IDI_Retos_2016.pdf.
- [3] Tecnológico de Monterrey (2015). Reporte Edu Trends “Aprendizaje basado en retos” [Documento PDF]. Disponible en <https://goo.gl/dA3ux8>.
- [4] Apple (2011). Challenge Based Learning. Take Action and make a difference [Documento PDF]. Disponible en http://www.challengebasedlearning.org/public/admin/docs/CBL_Paper_October_2011.pdf.
- [5] Bransford, J.D, Brown, A.L, y Cocking R.R “How people learn: Brain, mind, experience and school” en National Academy press. Whashington, DC. 2000.

- [6] Cordray, D.S, Harris, T.R y Klein S. “A Research Synthesis of the Effectiveness, Replicability and Generality of the VaNTH Challenge-based Instructional Modules in Bioengineering”. *Journal of Engineering Education*, Vol 98 n 4 pp335-348. 2009
- [7] Cordray, D. S., Harris, T. R., y Klein, S. A., “Research Synthesis of the Effectiveness, Replicability, and Generality of the VaNTH Challenge-based Instructional Modules in Bioengineering,” en *Journal of Engineering Education*, vol. 98 no. 4, pp 335-348, 2009.
- [8] Whitney Brooke Gaskins, Jeffrey Johnson, Cathy Maltbie y Anant Kukreti, “Changing the Learning Environment in the College of Engineering and Applied Science Using Challenge Based Learning,”. *International Journal of Engineering Pedagogy*, vol. 5, no. 1, pp 33-41, 2015.
- [9] Johnson, L. F., Smith, R. S., Smythe, J. T. y Varon, R. K., “Challenge-Based Learning: An Approach for Our Time,” *The New Media Consortium*, Austin, Texas, 2009.
- [10] Educause (2012, Jan) Seven Things You Should Know About Challenge Based Learning [Documento PDF]. Disponible en <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>
- [11] Rillero, P. y Padget, H., “Supporting Deep Conceptual Learning,” en *T.H.E. Journal*, vol. 39, no. 9., pp 37-40, Nov 2012 [Online]. Disponible en <http://online.qmags.com/TJL1112#pg37&model>
- [12] Savery, J. & Duffy, T., “Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework,” en *Constructivist learning environments: Case studies in instructional design*, B. Wilson, Ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Educational technology publications, Inc., 1996, pp 134 – 147.
- [13] Malmqvist, J., Rådberg, K.K., y Lundqvist, U., “Comparative Analysis of Challenge-Based Learning Experiences,” en *Proceedings of the 11th International CDIO Conference*, Chengdu, Sichuan, P.R. China, 2015. Disponible en http://rick.sellens.ca/CDIO2015/final/14/14_Paper.pdf.
- [14] Marin, C., Hargis, J. y Cavanaugh, C., “iPAD LEARNING ECOSYSTEM: Developing Challenge-Based Learning using Design Thinking,” en *Turkish Online Journal of Distance Education*, vol. 14, no. 2, April 2013.
- [15] Sein-Echaluce, M, Fidalgo, A, y García-Peñalvo, F.J. “A Knowledge Management System to Classify Social Educational Resources” en: *International Journal of Engineering Education*, Vol 32, n 2, pp 1024, 1035, 2016.
- [16] Fidalgo, A, Leris, D, Sein-Echaluce, M y García-Peñalvo, F.J. “Monitoring Indicators for CTMTC: Comprehensive Training Model of the Teamwork Competence” en *International Journal of Engineering Education*, vol 31, n 3. Pp 829-838, 2015.
- [17] Fidalgo, A, Leris, D, Sein-Echaluce, M, García-Peñalvo, FJ y Conde M.A. “Using Learning Analytics to improve teamwork assessment”, *Computers in Human Behavior*, Vol 47, pp 149-156, 2015.