

Aprendizaje Basado en Retos en el campo de la geotecnia: reparación de un deslizamiento de ladera

Challenge Based Learning in geotechnics: repair works after a slope failure

Jesús González Galindo¹, Salvador Senent Domínguez¹, Antonio Soriano Martínez¹, María Isabel Reig Pérez¹, María Arias Casado¹, Rafael Jiménez Rodríguez¹

jesus.gonzalezg@upm.es, s.senent@upm.es, antonio.soriano.martinez@upm.es, mariaisabel.reig@upm.es, m.ariasca@alumnos.upm.es, rafael.jimenez@upm.es

¹Dpto. Ingeniería y Morfología del Terreno
ETSI de Caminos, CC y PP. Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

Resumen- Para mejorar las competencias en el área de geotecnia de los alumnos de la ETSI de Caminos de la UPM se ha llevado a cabo un Proyecto de Innovación Educativa basado en la metodología del Aprendizaje Basado en Retos. El objetivo principal fue proporcionar a los alumnos una experiencia profesional en el campo de la ingeniería geotécnica, de tal forma que aumentase su confianza en los conocimientos adquiridos de cara a su incorporación al mundo laboral. El reto planteado fue la reparación de una rotura de talud, y el proceso seguido asemejó al que se realizaría en una empresa de ingeniería. Para facilitar la labor del alumno y mejorar la calidad de la experiencia, se organizaron, a lo largo del trabajo, reuniones con especialistas del sector. En este artículo se describe la metodología planteada, así como los resultados obtenidos. Aunque los alumnos valoraron positivamente la propuesta, no se pudo completar la actividad debido al abandono generalizado aproximadamente a la mitad de la misma. En el documento se analizan las causas de este abandono, siendo la principal de ellas la elevada carga de trabajo de los alumnos en la época final del curso.

Palabras clave: *Aprendizaje activo, Estabilidad de taludes, Competencia profesional.*

Abstract- To improve the geotechnical competences of students at the Civil Engineering School of UPM, we conducted a Project for Innovative Education based on the “Challenge Based Learning” methodology. Its main objective was to provide the students with a professional experience in geotechnical engineering, so that they increased their confidence on the geotechnical skills acquired during their degree, prior to their incorporation to industry. The proposed challenge was to design the repair works after slope failure, following similar approaches to those employed in industry. To facilitate the work of the students, and to improve their experience, several meetings with industry experts were arranged. This article describes the methodology employed, and the results obtained. Although the students valued the experience positively, only a few could complete the activity, due to a generalized dropout at approximately mid-length of the project. This paper analyzes the reasons for such dropouts, with the main one being the high work load that students had during the final part of the semester.

Keywords: *Active learning, Slope Stability, Professional competence.*

1. INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Basado en Retos (ABR) o Challenge Based Learning (CBL), es una metodología de aprendizaje activo que “*involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, relevante y de vinculación con el entorno*” (Observatorio de Innovación Educativa, 2016), es decir, nace al proponer al alumno un reto al que ha de enfrentarse. El ABR recoge muchas de las ventajas del aprendizaje activo. Como indican González-Hernando et al. (2016), los alumnos perciben un aprendizaje más profundo, aumentando la responsabilidad hacia su aprendizaje, incrementa su creatividad y su flexibilidad para resolver problemas, favorece el trabajo en equipo, dando una perspectiva multidisciplinar, y conecta el aula con el mundo laboral. No obstante, como también indican estos autores, conlleva una serie de dificultades puesto que exige una mayor dedicación en tiempo, un aprendizaje más complejo y una mayor coordinación entre alumnos y entre alumnos y profesores, además del habitual rechazo al cambio antes nuevas metodologías.

El ABR resulta muy similar a otras metodologías como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABPrb). Como indica Lynch (2017), en todas ellas el alumno se enfrenta a un problema complejo, que no tiene una solución clara y única. Aunque no hay una diferenciación categórica entre estas metodologías (Observatorio de Innovación Educativa, 2016; Lynch, 2017), casi todos los autores remarcen que en el ABR los alumnos tienen que dar una solución concreta y factible a un problema real. A pesar de que ya hay experiencias en el siglo pasado del ABPr y del ABPrb (e.g., Kilpatrick, 1918; Walsh, 1978), los orígenes del ABR se pueden asociar, como indica Fidalgo et al. (2017), a la Instrucción Basada en Retos (CBI por sus siglas en inglés) del Centro de Investigación en Ingeniería (Cordray et al., 2009) y a la empresa Apple y su proyecto Challenge Based Learning (Apple, 2009).

El ABR ya se ha hecho un hueco en el sistema universitario español, con diversidad de enfoques y de procedimientos de aplicación. Así, por ejemplo, Molina et al. (2018) integran en la

metodología a alumnos de diferentes titulaciones y escuelas, los cuales tienen que identificar un reto dentro de un área de trabajo. Por el contrario, Soriano-Peláez et al. (2018), aplican la metodología ABR en una asignatura concreta a partir de retos propuestos por expertos, en este caso, por empresas del sector.

Por otro lado, la enseñanza de la Geotecnia en la universidad española suele tener un marcado carácter práctico. La mayoría de los currículos en los grados de Ingeniería Civil se enfocan en las soluciones constructivas habituales de la ingeniería del terreno, como los taludes, los muros o las cimentaciones. Sin embargo, muchas veces los egresados muestran carencias al enfrentarse a un problema real al principio de su carrera profesional, motivadas, en muchas ocasiones casos, por la baja percepción de sus habilidades. Es decir, no identifican lo que han trabajado durante la carrera con el problema que tienen que resolver. El ABR parece, en consecuencia, una metodología adecuada para subsanar esta deficiencia. No obstante, las aplicaciones del ABR en el campo de la Geotecnia son muy limitadas englobándose en metodologías activas, mezcla de ABR con ABPrb y ABPr. Como ejemplo a nivel internacional, Pinho-Lopes y Macedo (2015) plantean a sus alumnos problemas reales de ingeniería civil que no tienen una solución cerrada y que han de resolver por grupos; sin embargo, definen su metodología como ABProy. A nivel nacional, no se conoce ninguna experiencia de ABR en el campo de la Geotecnia. Aunque sí existen propuestas-aplicaciones de ABProb (p.ej., Jimenez, 2013) y de ABProy (p.ej., Pastor et al., 2018), estos casos no son asimilables a ABR.

En este trabajo se presenta la experiencia llevada a cabo, en el marco de un Proyecto de Innovación Educativa (PIE), durante el curso 2018-2019, del uso de la metodología de ABR dentro de la asignatura de Procedimientos de Cimentación de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. A partir de las necesidades que motivaron el PIE, se expone la metodología propuesta y los resultados obtenidos.

2. CONTEXTO

A. Enseñanza tradicional

La enseñanza de la Geotecnia en el Grado en Ingeniería Civil y Territorial de la ETSI de Caminos, CC y PP (UPM) se divide en tres asignaturas: dos de ellas (Mecánica del Suelo y Geotecnia) son de carácter obligatorio y se imparten en el tercer curso; Procedimientos de Cimentación, de cuarto curso, es obligatoria para los alumnos de la especialidad de Construcciones Civiles. Estas asignaturas tratan desde conceptos teóricos sobre el comportamiento del terreno hasta el diseño y análisis de diferentes soluciones constructivas, como muros de contención o pantallas de pilotes. La metodología de enseñanza es, en general, bastante tradicional, mediante lecciones magistrales y clases de resolución de problemas. Asimismo, la evaluación se realiza principalmente mediante exámenes parciales y finales de tipo teórico-práctico.

Entre las habituales reclamaciones por parte de los alumnos está la falta de contacto con el mundo profesional. Por un lado, dudan de la utilidad de los conocimientos adquiridos “*Esto que aprendemos, ¿sirve para algo?*” y, por otro lado, sienten que tienen carencias en aspectos como la formación en programas informáticos. Estas limitaciones surgen durante su etapa de estudiante y se perciben al iniciarse su actividad profesional, puesto que les cuesta identificar el problema que tienen que

resolver con lo que han trabajado durante la carrera y se sienten inseguros al enfrentarse a un problema mediante herramientas informáticas.

Para subsanar estas necesidades, la Unidad Docente de Geotecnia está llevando a cabo varios Proyectos de Innovación Educativa con el objetivo de probar nuevas metodologías de enseñanza y analizar su adecuación, tanto desde el punto de vista del alumno como del profesor. Durante el curso pasado, 2017-2018, se desarrolló en la asignatura Procedimientos de Cimentación un PIE sobre la utilización de la metodología de Aula Invertida para el aprendizaje de programas de ordenador habituales en el campo de la geotecnia. Los resultados de dicha experiencia fueron muy positivos (González-Galindo et al., 2018), por lo que en el curso 2018-2019 se ha repetido la actividad extendiéndola a otras asignaturas.

En esta misma asignatura, Procedimientos de Construcción, se está realizando durante este curso un PIE denominado “*Reparación de deslizamientos de laderas, un reto para conectar la docencia y el mundo profesional*”, con el empleo de la metodología de ABR. De manera general, se pretende que los alumnos se enfrenten a un caso real en el campo de la geotecnia, una inestabilidad de un talud, y que desarrollen una solución siguiendo una metodología similar a la que realizarían si estuviesen en una empresa de ingeniería, manteniendo un contacto continuo con profesionales del sector.

B. Proyecto de Innovación Educativa

El objetivo general del PIE es proporcionar a los alumnos, mediante la metodología de ABR, una experiencia profesional en el campo de la ingeniería geotécnica que complemente su formación. De manera concreta se pretende:

- a) Desarrollar y aplicar una metodología de ABR en el área de la ingeniería geotécnica.
- b) Evaluar el efecto de dicha metodología en el proceso de aprendizaje y conocer la percepción que tienen de la misma tanto los alumnos como los profesores.
- c) Aumentar la confianza de los alumnos en los conocimientos adquiridos en las asignaturas de geotecnia, de cara a su aplicación al incorporarse al mundo laboral.
- d) Mejorar la calidad de la docencia, promoviendo que el alumno desarrolle una serie de habilidades relacionadas con la práctica profesional:
 - Análisis de un problema real en el que no están claramente definidos todos los datos.
 - Búsqueda de soluciones y análisis de alternativas en función de diferentes tipos de criterios (económicos, técnicos...).
 - Justificación y defensa de la solución elegida.
- e) Mejorar el criterio de los alumnos en la toma de decisiones mediante el intercambio de ideas y experiencias con ingenieros geotécnicos de reconocido prestigio.

3. DESCRIPCIÓN

El planteamiento general del PIE era enfrentar a los alumnos a un deslizamiento real y pedirles diseñar una solución real. Para facilitar la labor del alumno, se organizarían, a lo largo del desarrollo del trabajo, reuniones con especialistas del sector.

Estos, como representantes de los diferentes agentes que intervienen en este tipo de proyectos, les ayudarían a resolver sus dificultades y les aportarían su criterio y experiencia.

La actividad se dividió en las fases descritas a continuación.

1. Propuesta de la actividad y formación de grupos. Debido a la elevada carga de trabajo de los alumnos, se propuso la actividad como voluntaria, de tal forma que conllevaría una calificación adicional en la nota del curso. Los alumnos fueron divididos en grupos de 3, realizando los profesores dicha división. Puesto que no estaba claro el nivel de participación, no se quiso condicionar la selección de la actividad a que los alumnos necesitasen, en primer lugar, formar los grupos. A cada uno de los grupos se le asignó como tutor un profesor de la Unidad Docente.
2. Presentación del reto. Como se ha indicado, los alumnos debían enfrentarse a una rotura real de un talud: deslizamiento en una estación de AVE (Figura 1). Este tipo de fallos tiene multitud de soluciones posibles, desde un saneo y retaluzado, disminuyendo la inclinación del mismo, hasta diferentes tipos de refuerzo (mediante anclajes, muros de escollera, etc.). Además, para dar una solución completa hay que concretar varios aspectos, como el alcance de la reparación, el procedimiento constructivo, plazos, costes, etc. La presentación del caso fue realizada al finalizar una de las clases de Procedimientos de Cimentación, únicamente a los alumnos que participaban en la actividad. En ella, uno de los profesores presentó el caso mediante fotos y motivó a los alumnos en la búsqueda de “su solución”, destacando la variedad de alternativas y la incertidumbre real que surge en una oficina de proyectos antes este tipo de problemas. A los alumnos se les comunicó verbalmente un esquema temporal de la actividad indicando las fechas de las entregas parciales.



Figura 1. Fotografía del deslizamiento de ladera estudiado por los alumnos.

3. Diseño de la reparación del talud. Cada grupo realizaría el trabajo de manera autónoma, pudiendo acudir al tutor para recibir orientación y resolver dudas. Con el fin de dirigir la tarea se propusieron las siguientes etapas:
 - a) Análisis de la información geotécnica. Para esta etapa el alumno recibió los datos tomados in situ de la zona de la rotura y la información del desmonte disponible en el proyecto constructivo. El alumno debía establecer la estratigrafía del talud y los parámetros geotécnicos. A partir de este análisis, debían valorar las posibles causas de la inestabilidad. Durante esta etapa se realizó una visita

al Laboratorio de Geotecnia del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) con el fin de conocer la experiencia de un centro puntero en la caracterización del terreno.

- b) Estudio de alternativas. Partiendo de las causas que provocaron la rotura y de los condicionantes particulares de la obra, los alumnos debían plantear posibles soluciones para reparar el deslizamiento del talud. Para ayudarles en esta tarea, se realizó una visita a la empresa Keller Cimentaciones, donde, además de visitar el parque de maquinaria (Figura 2), se realizó una reunión con varios técnicos de la empresa donde se discutieron diferentes alternativas constructivas para la estabilización de taludes.



Figura 2. Grupo de alumnos durante la visita al parque de maquinaria de la empresa Keller Cimentaciones.

- c) Selección de la alternativa. Como resultado de esta etapa, cada grupo debía elegir la solución que considerase más adecuada para la reparación del talud. Para ello debían analizar las alternativas propuestas bajo criterios técnicos, constructivos y económicos. Durante esta etapa, estaba prevista una visita a la empresa Ggravity Engineering, ingeniería asociada a la constructora Dragados, con el fin de que los alumnos pudiesen conocer la experiencia de un profesional sobre diferentes soluciones constructivas y plantear dudas sobre los condicionantes de ejecución, rendimientos, etc. Sin embargo, como se comentará en el siguiente apartado, debido a los resultados de la etapa anterior, se decidió cancelar la actividad.
- d) Diseño de la solución. Los alumnos debían llevar a cabo la definición y justificación de la solución adoptada. Estaba previsto que los alumnos empleasen las herramientas de modelización disponibles en el departamento (<https://www.youtube.com/channel/UCGdXS-IBTrGiTbjirfy69w/videos>) así como realizar una visita a la empresa Ingeniería del Suelo, especialista en el estudio mediante modelos numéricos de este tipo de problemas.
4. Presentación del trabajo. Cada grupo debía presentar ante sus compañeros, en una de las clases de la asignatura, la solución adoptada para la reparación del talud.

Estaba previsto valorar la actividad a partir de una encuesta a los alumnos, en la que se reflejase y se pudiese evaluar su nivel de confianza respecto a sus conocimientos sobre geotecnia y su interés en desarrollar su actividad profesional en el campo de la geotecnia. Asimismo, se quería analizar las calificaciones

en la asignatura comparando entre los alumnos que sí habían y no habían seguido la actividad. Debido a que se tuvo que cancelar la actividad, se orientó la encuesta a analizar las causas que habían producido el abandono de la actividad por parte de los alumnos. Las preguntas formuladas a los alumnos fueron las siguientes:

1. ¿Cuál fue la razón por la que te apuntaste de modo voluntario a la realización de esta actividad?
2. Indica la razón por la que te apuntaste/no te apuntaste a la visita al CEDEX.
3. Indica el motivo por el que te apuntaste/no apuntaste a la visita al parque de maquinaria de Keller.
4. Indique si te pareció interesante la visita al CEDEX. ¿Cambiarías algo?
5. Indica qué te pareció interesante de la visita al parque de maquinaria de Keller. ¿Cambiarías algo?
6. Indicar sinceramente las razones por las que no has concluido las propuestas realizadas durante el desarrollo de la actividad.
7. Indicar algunas ideas para poder mejorar la actividad en próximos cursos.
8. ¿Consideras que se debería repetir la actividad en próximos cursos?

4. RESULTADOS

A. Participación

La actividad, voluntaria, fue seleccionada por 13 alumnos de los 73 matriculados en la asignatura. Esto representa un 18% del total y un 24% de los alumnos que habitualmente asisten a clase (54), puesto que la asistencia no es obligatoria. Debido a la dificultad de organizar las reuniones en las empresas y a la falta de experiencia en la Unidad Docente con la nueva metodología, se había limitado el número de alumnos a 15. Por tanto, todos los alumnos que mostraron interés en realizar la actividad fueron admitidos

La cifra de participación anterior se puede comparar con la otra actividad voluntaria propuesta en la misma asignatura sobre el aprendizaje de programas informáticos mediante la metodología de Aula Invertida (AI). Tanto en el curso 2017-2018 como en el actual, donde se ha repetido la actividad, la participación ha estado entorno al 78% de los alumnos que habitualmente asisten a clase. Parecen claras las razones para el diferente nivel de interés entre ambas actividades, puesto que, por un lado, la actividad descrita en este trabajo implicaba un mayor esfuerzo y disponibilidad de tiempo (la actividad de Aula Invertida exigía únicamente, además del visionado de una serie de videos, la asistencia a una única clase adicional); por otro lado, la utilidad de la actividad sobre los programas informáticos, desde el punto de vista de los alumnos, es muy clara, mientras que en la actividad con la metodología de ABR se pretendían unos objetivos menos evidentes. Asimismo, sólo tres alumnos se apuntaron a las dos actividades; es decir, eligieron que actividad realizar como una alternativa entre dos opciones, decantándose mayoritariamente por la de AI.

Dentro de la encuesta, la cual fue contestada por 10 alumnos (77% de los participantes en la actividad). Cinco alumnos indicaron en la primera pregunta, sobre la motivación para

realizar la actividad, que su participación en la misma se debió a su interés por la geotecnia y por el deseo de conocer la experiencia de profesionales del sector, de tal forma que les ayudase a dilucidar si les resultaba atrayente este campo para su actividad profesional. Para tres alumnos la principal razón para apuntarse a la actividad fue su reflejo en la calificación final mientras que dos alumnos simplemente se apuntaron para ver de qué iba la actividad. En resumen, las tres causas que motivaron a participar al alumno fueron: (i) disponer de un contacto real con el desarrollo profesional; (ii) mejorar la calificación de la asignatura; y (iii) curiosidad.

B. Desarrollo de la actividad

Una vez que los alumnos solicitaron su participación en el PIE, los profesores organizamos los grupos. (Hubo una pequeña modificación en la composición de dos grupos a petición de los alumnos). Asimismo, la presentación del reto se realizó en una tutoría, al terminar el horario de clases, a la que acudieron todos los alumnos del PIE.

La primera etapa “Análisis de la información geotécnica” del “Diseño de la reparación del talud” fue realizada por la totalidad de los grupos. Todos ellos llevaron a cabo la entrega prevista en la que proponían un perfil geotécnico del talud y los correspondientes parámetros de cálculo. De manera general, los alumnos analizaron correctamente la información geotécnica del Proyecto, proponiendo unos parámetros geotécnicos adecuados, pero tuvieron mayores dificultades en la determinación de la estratigrafía del terreno. A la visita al Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, propuesta durante esta etapa, asistieron 8 alumnos. La mayoría de los que no asistieron fue por coincidencia con entregas de otras asignaturas del semestre (ver Apto. 4.C). A los que asistieron les pareció interesante la visita, tanto desde el punto de vista del trabajo que estaban realizando, al poder comentarlo con la persona que les atendió, como por conocer los tipos de ensayos que se pueden realizar en el laboratorio.

Durante la segunda etapa “Estudio de alternativas” se produjo el abandono de la actividad por parte de los alumnos, de tal forma que ningún grupo realizó la entrega correspondiente a esta etapa. Únicamente una alumna, de manera independiente a su grupo, continuó con el trabajo. La visita a la empresa Keller Cimentaciones fue realizada por 9 alumnos. El interés de los alumnos estaba, principalmente, en ver la maquinaria habitual en trabajos de geotecnia, la cual conocen de clase, pero nunca la habían visto en la realidad. Igualmente, valoraron positivamente la discusión que se llevó a cabo con varios ingenieros de la empresa en la que se comentaron diferentes técnicas de estabilización de taludes. Antes de terminar esta etapa, los alumnos manifestaron su intención de abandonar la actividad. Aunque se propuso realizar la visita a las oficinas de la empresa Ggravity Engineering, ningún alumno se inscribió.

Como se ha indicado, solamente una alumna desarrolló el estudio de alternativas y llevó a cabo una solución razonable para la reparación del deslizamiento producido. El trabajo, aunque con un alcance limitado, sí respondía al reto planteado y proponía una solución factible. En la Figura 3 se muestra un esquema de la solución planteada mediante un refuerzo con hormigón proyectado y bulones.

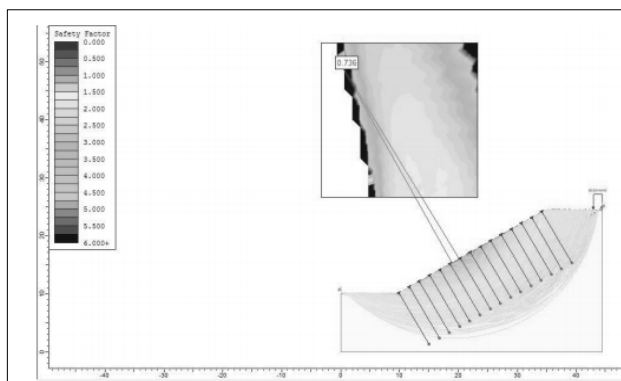


Figura 3.- Comprobación de la solución propuesta, por uno de los alumnos, para la reparación del talud.

La siguiente tabla resume el desarrollo de la metodología, con la participación en las diferentes actividades.

Tabla 1

Actividades realizadas y participación

Actividad	Participación (n° alumnos)
Tutoría conjunta	13 (100%)
Visita al CEDEX	8 (62%)
Entrega 1. Análisis de información	13 (100%)
Visita a Keller Cimentaciones	9 (69%)
Entrega 2. Estudio de alternativas	1 (7%)
Entrega 3 Propuesta de solución	1 (7%)

C. Análisis de las causas que motivaron la cancelación de la actividad

Los resultados obtenidos muestran que hubo un planteamiento erróneo de la actividad que condujo a que no se pudiera desarrollar completamente y que, por lo tanto, no se alcanzasen los objetivos previstos. A continuación, a partir de las respuestas recogidas en la encuesta (preguntas 6 y 7), se describen las principales causas de que, bajo nuestro punto de vista, no se pudiera completar la actividad.

- Importancia del grupo de trabajo. Cuatro alumnos indicaron que tuvieron dificultades con su grupo de trabajo, tanto en lo referente a la comunicación como para las reuniones. Incluso en algunos casos (2 alumnos) manifestaron que hubiesen preferido realizar la actividad de manera individual. Es sabido que la afinidad entre los componentes del grupo del trabajo quizás más aún en este caso al tratarse de una actividad totalmente voluntaria, en la que si un alumno perjudica al resto con su actitud no tiene ninguna repercusión. Como se ha indicado, los profesores organizamos los grupos una vez apuntados los alumnos, pero probablemente hubiese sido mejor que los propios alumnos se apuntasen a la actividad con un grupo ya formado.
- Disponibilidad de tiempo (Planificación). La asistencia a las reuniones con los especialistas del sector en sus respectivos centros de trabajo fue menor de la esperada. Cuatro alumnos indicaron que las faltas no fueron por falta de interés, sino

porque tenían otras actividades (becas, laboratorios...). Cada visita ocupaba, debido a los desplazamientos, una mañana entera y aunque el horario de clases es por la tarde, los alumnos no disponían de tanto tiempo. Obviamente, los profesores no podemos controlar las actividades de los alumnos fuera del horario de clases y si son muchas o pocas, sin embargo, quizás una planificación completa y facilitada al alumno desde el principio ayude en este sentido. (Debido a que había que acomodarse a las agendas de los profesionales, las fechas de cada vista se fijaron una vez iniciada la actividad).

- Carga de trabajo de los alumnos (Situación temporal). Los alumnos siguieron la actividad hasta mediados de abril, es decir, hasta justo antes de las vacaciones de Semana Santa. Después de ésta, centraron sus esfuerzos en los exámenes y en el Trabajo Fin de Grado. Según indicaron 9 alumnos, ésta fue la principal causa para abandonar la actividad. Parece imprescindible, entonces, acotar la actividad de tal forma que se termine antes de las vacaciones de Semana Santa. Sin embargo, en esta ocasión no fue posible por el retraso al comenzar la actividad (se inició a mediados de marzo), las dificultades al organizar las reuniones con los expertos externos y por la flexibilidad que se dejó para realizar las entregas, puesto que se permitió retasarlas a demanda de los alumnos. Creemos que una organización más completa con un seguimiento más riguroso, empezando antes la actividad, podría mejorar este aspecto.
- Falta de contacto entre los alumnos y los tutores. Pensando en no sobrecargar a los alumnos con más clases, se planteó que el contacto entre cada grupo y su tutor se realizase, principalmente, mediante correo electrónico. (Aunque, por supuesto, con la posibilidad de tener tutorías presenciales). Además, tres de los cuatro profesores que tutorizaban grupos no impartían docencia en la asignatura de Procedimientos de Cimentación. Se ha comprobado que la falta de un encuentro personal entre profesores y alumnos ha producido una falta de motivación en estos últimos. Cuatro alumnos comentaron en la encuesta que no entendían la figura del tutor o que no tuvieron ningún contacto con él. Parece necesario, para futuras ediciones, potenciar la figura del tutor.
- Responsabilidad del alumno hacia la tarea. La actividad era voluntaria y si un alumno la abandonaba durante su desarrollo no tenía ningún tipo de repercusión; podría seguir optando a tener la máxima calificación en la asignatura. Además, ésta no es complicada y tiene un alto porcentaje de aprobados. Sería sencillo establecer una relación directa entre el seguimiento de la actividad y la calificación y penalizar si el alumno no la termina adecuadamente. Sin embargo, nos parece más adecuado, partiendo de una mejor organización de la actividad, apelar a la responsabilidad del alumno (realizando, por ejemplo, un contrato de aprendizaje) y cuidar el aspecto motivacional (planteamiento del reto, resultados de la actividad, atención de los tutores, etc.).

5. CONCLUSIONES

Se ha presentado el desarrollo de una actividad, fundamentada en la metodología del Aprendizaje Basado en Retos (ABR), para mejorar las competencias de los alumnos en el área de geotecnia y aumentar su confianza en los

conocimientos adquiridos de cara a su incorporación en el mundo laboral.

Aunque los alumnos valoraron positivamente la propuesta y el intento de conectar la formación académica con el mundo profesional, los resultados obtenidos no han sido los esperados puesto que no se pudo completar la actividad debido al abandono de los alumnos aproximadamente a la mitad de la actividad. La principal causa de este abandono fue la elevada carga de trabajo de los alumnos en la época final del curso, acompañada de otros factores como las dificultades en el grupo de trabajo, la disponibilidad de tiempo y la falta de contacto entre los alumnos y sus tutores.

Parece claro que una mejor organización de la actividad, cuidando el aspecto motivacional, mejorará la experiencia de los alumnos reduciendo el abandono. Siguiendo la estructura del Apto. 3.C, se plantean algunas mejoras:

1. Importancia del grupo de trabajo: formación de grupos de trabajo por los alumnos, con anterioridad a la solicitud de la actividad.
2. Planificación: programación completa de la actividad antes de su inicio, de manera que los alumnos conozcan que dedicación temporal exige la actividad.
3. Situación temporal: organización y seguimiento de la actividad de tal forma que se desarrolle alejada de exámenes.
4. Contacto alumno-tutor: realización de tutorías presenciales entre cada grupo de trabajo y su tutor.
5. Responsabilidad del alumno: formalización de un contrato de aprendizaje para que haya un compromiso mutuo, tutor – alumno, para completar la actividad.

AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar aquí nuestro agradecimiento a la Universidad Politécnica de Madrid, la cual financia esta investigación mediante el PIE IE1819.0405.

Igualmente, queremos agradecer a los siguientes profesionales, así como a sus respectivas empresas por posibilitar el PIE y por su colaboración durante el desarrollo del mismo: José Estaire Gepp (Cedex), José Antonio Alonso Pollán (Ggravity Engineering, Goran Vukotic (Keller Cimentaciones), José Sánchez Martín (Ingeniería del Suelo).

REFERENCIAS

Apple Inc. (2009). Challenge Based Learning. Take Action and make a difference. Recuperado de: http://cbl.digitalpromise.org/wp-content/uploads/sites/7/2016/08/CBL_Paper_2008.pdf

Cordray, D. S., Harris, T. R., y Klein, S. (2009). A Research Synthesis of the Effectiveness, Replicability, and Generality of the VaNTH Challenge-based Instructional Modules in Bioengineering. *Journal of Engineering Education*, 98(4), 335-348.

Fidalgo, A., Sein-Echaluce, M.L., García, F.J. (2017). Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura

académica universitaria. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 25, 1-8.

González-Galindo, J., Senent, S., Soriano, A., Crespo, M.J., Laín, R., Reig, M.I., Galera, J.M., Cepeda, I., Jiménez, R. (2018). Flipped Classroom, a useful method to learn geotechnical software. En ICERI2018. Conferencia llevada a cabo en el congreso 11th annual International Conference of Education, Research and Innovation, IATED Academy, Seville.

González-Hernando, C., Martín-Villamor, P.G., Souza-De Almeida, M., Martín-Duránte, N., López-Portero, S. (2016). Ventajas e inconvenientes del aprendizaje basado en problemas percibidos por los estudiantes de Enfermería. *FEM*, 19(1), 47-53.

Jiménez-Perálvarez, J.D. (2013). Aprendizaje de Ingeniería del Terreno mediante Metodología Activa ABP y el uso de las NTIC. Propuesta de proyecto en el Curso Incorporación de Metodologías Activas al Aula Universitaria. Granda, España: Universidad de Granada.

Kilpatrick, W.H. (1918). The project method. *Teachers College Record*, 19(4), 319-335.

Lynch, M. (2017). What is the Difference Between Problem, Project, and Challenge Based Learning? The advocate. Recuperado de <https://www.theedadvocate.org/difference-problem-project-challenge-based-learning/>

Molina, A., Rodríguez, M.E., García, C., Rodríguez-Chueca, J.J., Pérez, J. (2018). Retoinnova-ambiental: nuevas metodologías de aprendizaje para promover la aplicación de competencias en medio ambiente y sostenibilidad. En IE18UPM. Conferencia llevada a cabo en el Ciclo de Jornadas 2018 Tendencias de Innovación Educativa y su implantación en la UPM, Madrid.

Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2016). Aprendizaje basado en retos. *Edu Trends*.

Pastor, J.L., García-Barba, J., Pérez, J.I., Rodrigo, V., Santamarta, J.C. (2018). Adecuación del contenido curricular de la asignatura Geotecnia de Obras Hidráulicas del Grado en Ingeniería Civil a la nueva normativa técnica de seguridad en presas y embalses. En R. Roig-Vila (Coordinadora), *Memorias del Programa de Redes-I3CE de calidad, innovación e investigación en docencia universitaria. Convocatoria 2017-18*. Alicante, España: Universidad de Alicante.

Pinho-Lopes, M., Macedo, J. (2016). Project-based learning in Geotechnics: cooperative versus collaborative teamwork. *European Journal of Engineering Education*, 41(1), 70-90.

Soriano-Peláez, F., Gil-Lopesino, E., Castillo-Vinuesa, E. (2018). Investigación sobre El Modelo. En JIDA'18. Conferencia llevada a cabo en las VI Jornadas sobre innovación docente en arquitectura, EINA-UNIZAR, Zaragoza.

Walsh, W.J. (1978). The McMaster programme of medical education, Hamilton, Ontario, Canada: developing problem-solving abilities. *Public Health Papers* 70: 69-77