

09-006

CURRENT SITUATION AND REFLECTIONS ABOUT FINAL YEAR PROJECT IN THE SPANISH CIVIL ENGINEERING DEGREES

Moreno Escobar, Begoña; Jadraque Gago, Eulalia; Alegre Bayo, Francisco Javier; Martínez Montes, Germán; Ordóñez García, Javier

Universidad de Granada

Order CIN/307/2009, of 9 February, which establishes the requirements for the verification of official university degrees that qualify for the civil engineering profession, indicates that the FINAL YEAR PROJECT have to synthesize and integrate the skills acquired throughout the degree. After ten years from the new degrees regulation it could be a good moment to analyze what is the current situation regarding the final dissertation in the Spanish civil engineering schools. It will be checked the differences in their development, loads, tutorials, evaluation systems and other aspects that may affect the acquisition of required skills by the Order CIN. This paper presents the result of a study carried out in the different schools, as well as the reflections and conclusions obtained from the results.

Keywords: *Civil Engineering; Final Year Project; Teaching; Evaluation; Competencies*

SITUACIÓN ACTUAL Y REFLEXIONES SOBRE LOS TRABAJOS FIN DE GRADO EN LAS ESCUELAS DE INGENIERÍA CIVIL DE LAS UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS

La Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas, indica que el Trabajo Fin de Grado (TFG) debe ser un proyecto en el que se sintetizan e integran las competencias adquiridas en las enseñanzas a lo largo de la titulación. Teniendo en cuenta que han transcurrido diez años desde que se adaptaron las titulaciones de ingeniería a los requisitos marcados por esta Orden, nos encontramos en un buen momento para analizar cuál es la situación actual sobre la docencia del TFG en las distintas escuelas de ingeniería civil de las universidades públicas españolas, comprobando si existen diferencias en cuanto a su desarrollo, cargas docentes, tutorías, sistemas de evaluación y otros aspectos que puedan afectar al grado de adquisición de las competencias a las que nos obliga la citada Orden CIN. Para ello, en el presente trabajo se presenta el resultado de un estudio realizado en las distintas escuelas, así como las reflexiones y conclusiones obtenidas partiendo de los resultados.

Palabras clave: *Ingeniería civil; TFG; Docencia; Evaluación; Competencias*

Correspondencia: F. Javier Alegre Bayo (fjalegre@ugr.es)



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Consideraciones generales sobre el Trabajo Fin de Grado

Las ingenierías cuentan con una larga tradición en el desarrollo de los proyectos fin de carrera (PFC). La Ley de 20 de julio de 1957 de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas (España, 1957) integró en la Universidad todas las “Escuelas Especiales” existentes denominándolas Escuelas Técnicas Superiores y Facultades Universitarias, organizando el conjunto de las enseñanzas técnicas dentro de un sistema coordinado y dinámico, en el que los conocimientos se distribuyeron apropiadamente en especialidades y grados. En este marco general figuraba como condición para obtener el título la superación de un PFC definido como un “trabajo de conjunto sobre las materias características de su especialidad en el que se acredite la formación adquirida”.

La implantación de las nuevas titulaciones en las universidades españolas como consecuencia de la incorporación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) comenzó en el curso 2008/2009 y llegó respaldada por modificaciones legislativas como el Real Decreto (R.D.) 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales (España, 2007a), parcialmente modificado por el R.D. 861/2010, de 2 de Julio (España, 2010).

Este nuevo escenario educativo ha supuesto importantes cambios en la docencia de las titulaciones de grado. Entre ellos se encuentra la aparición del Trabajo Fin de Grado (TFG) como materia obligatoria en todos los grados. El R.D. citado lo define como un trabajo que debe realizarse en la fase final del plan de estudios y estar orientado a la evaluación de competencias asociadas al título. Establece, por otra parte, que ha de tener un mínimo de 6 créditos y un máximo del 12,5 por ciento del total de los créditos del título.

Esta definición tan sucinta generó la necesidad de desarrollar una normativa reguladora. Dicho desarrollo no ha venido de la mano de las comunidades autónomas, como sucedería en otros ámbitos educativos, sino que han sido las universidades las que, haciendo uso de su autonomía, se han dotado de reglamentaciones internas específicas de aplicación general (Battaner, González & Sánchez, 2016). Posteriormente, los entes de gobierno de cada titulación las han adaptado según sus características. Se asiste pues a un desarrollo dispar de la regulación de los TFG dentro incluso de cada una de la universidades. Ello ha generado algunos conflictos en las universidades de carácter generalista frente a las tecnológicas, dada la diversidad de contextos temáticos en los que se pueden enmarcar estos trabajos.

De hecho, actualmente se admiten tipologías como estudio de casos, teóricos o prácticos; trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.; trabajos de creación artística; bibliográficos; guías prácticas clínicas; informes o proyectos de naturaleza profesional; trabajos derivados de prácticas externas; planes de empresa; desarrollo de un portafolio que demuestre el nivel de adquisición de competencias o, incluso, un examen de competencias específicas de la titulación (Universidad de Granada, 2015).

En muchos casos, el TFG ha provocado la adopción de modalidades y métodos docentes no puestos en práctica anteriormente por el profesorado. En este punto, la experiencia acumulada durante años en los PFC por las titulaciones técnicas ha facilitado la adaptación al nuevo marco generado por la incorporación al EEES.

En España, la ingeniería civil se enmarca en lo que se denomina profesiones reguladas, las cuales solo pueden ejercerse bajo el cumplimiento de unos requisitos y normas que pueden ser de aplicación nacional o europea. La condición básica para el ejercicio de una profesión regulada es poseer la titulación oficial que reconoce que se ha superado la formación necesaria que capacita al profesional. De hecho, el Ministerio de Educación y Ciencia especifica que los títulos oficiales deben tener una orientación profesional, y que las

competencias profesionales deben estar integradas y mencionadas en el Suplemento Europeo al Título (Sánchez et al., 2015).

La Orden CIN/307/2009 (España, 2009), que establece a nivel nacional esos requisitos, define el TFG como un “proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería Civil de naturaleza profesional en el que se sinteticen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas”.

Antes de la implantación del EEES los estudiantes presentaban predominantemente proyectos de ingeniería clásicos de diseño frente a los estudios técnicos, organizativos, económicos o trabajos teórico-experimentales -proyectos de investigación- (Ortiz-Marcos, Sánchez & Cobo, 2010). La definición de la Orden CIN/307/2009 delimita la tipología, aunque no de una forma precisa, hacia los proyectos de construcción.

Respecto a las metodologías docentes y las técnicas evaluativas utilizables, la Orden CIN especifica que ha de realizarse individualmente y efectuar su presentación y defensa ante un tribunal universitario. Es fácil suponer que la elección de ambos aspectos vino condicionada por la larga tradición en el desarrollo de los PFC. Por un lado, se ha utilizado mayoritariamente la tutoría individual, aunque no de forma exclusiva. Por otro lado, en España, en la mayoría de las escuelas los estudiantes de PFC han sido evaluados sobre la base de un informe escrito final de su trabajo más una presentación pública ante un tribunal compuesto por varios profesores expertos (Filella et al., 2012).

El desarrollo de un TFG representa el primer contacto del estudiante con la actividad profesional (Martínez et al., 2007; Núñez et al., 2013). Supone un cambio en la docencia ya que es la primera vez, en la mayoría de los casos, que no están "aprendiendo" pasivamente sentados en las clases, recibiendo notas y ejemplos elaborados, memorizando el material y luego escribiendo un examen para demostrar su "competencia" (Haldenwang, Slatter y Pearce, 2006).

Por ello, es fundamental la labor del tutor que oriente y dinamice el proceso de aprendizaje y, a la vez, muestre un conocimiento actualizado de la actividad profesional. Por este motivo, en las escuelas técnicas de ingeniería españolas es habitual contar para esta docencia con “profesores asociados”, especialistas de reconocida competencia que ejercen su actividad profesional fuera del ámbito académico universitario (España, 2007b) y que ofrecen una visión generalista y a caballo entre la Academia y el ejercicio profesional.

Así pues, una vez establecido el marco normativo y después de seis años de desarrollo de la docencia de los TFG en la ingeniería civil, se pueden examinar las condiciones de su implantación y caracterizar los escenarios de su implementación, identificando motivos y causas, a partir de los cuales se extraerán las oportunas conclusiones.

2. Objetivos y metodología del trabajo

El objetivo general de esta comunicación es analizar la implantación de los TFG en las escuelas de ingeniería civil de las universidades públicas españolas.

Para ello, se considera necesario establecer los siguientes objetivos específicos:

- Examinar las características de los trabajos realizados así como la cualificación del profesorado.
- Revisar las modalidades y métodos del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Contrastar los sistemas de evaluación empleados.

La metodología a seguir para alcanzar los objetivos propuestos contempla dos vertientes. Por un lado, se ha realizado una encuesta sobre diversos aspectos relacionados con la

docencia del TFG en las escuelas de ingeniería de las universidades públicas en las que se imparte el grado en ingeniería civil. Se trata de ofrecer una perspectiva de la regulación de esta “nueva” materia diseñada por las universidades españolas. Se ha completado parte de la información no obtenida con una revisión de la normativa universitaria disponible en la web.

Por otro lado, para el cumplimiento del objetivo propuesto es esencial contrastar el panorama descrito en la encuesta con la experiencia que ha supuesto la implementación de los TFG en otros centros universitarios de ámbito internacional, con más tradición en planes de estudio orientados a desarrollar resultados de aprendizaje y competencias propias de cada área. Con este fin se ha efectuado una revisión bibliográfica para identificar, evaluar e interpretar el estado del arte del objeto de esta investigación, estableciendo así una base sólida al desarrollo posterior del trabajo (Shaw, 1995).

Los términos de búsqueda han sido: Civil Engineering y Final Year (o Degree) Project como ejes principales, combinándolos con términos como evaluation, teaching-learning method, etc..

Una vez comprobado el contenido y la relación directa con el objeto de la investigación se ha llevado un estudio detallado del que se han extraído los principales hallazgos de cada publicación, agrupándolos de forma ordenada y tabulada, permitiendo así un análisis crítico posterior.

3. Resultados

Se muestran a continuación los resultados obtenidos tras el análisis de los datos extraídos de la encuesta enviada durante el curso académico 2017/18 a las escuelas de universidades públicas en las que se imparte el título que habilita para la profesión de ingeniero técnico de obras públicas. La relación de universidades-escuelas es la siguiente: UA-EPS-Alicante, UBU-EPS-Burgos, UCA-EPS-Algeciras, UC-ETSICCP-Santander, UCLM-ETSICCP-Ciudad Real, UCO-EPS-Belmez, UEX-EP-Cáceres, UGR-ETSICCP-Granada, UJA-EPS-Linares, UDC-ETSICCP—La Coruña, ULL-EPSI-La Laguna, ULPGC-EIIC-Las Palmas de Gran Canaria, UNIOVI-EP-Mieres, UPV-EI-Guipuzkoa, UPV-EI-Bilbao, UPCT-ETSICCPyIM-Cartagena, UPC-ETSICCP-Barcelona, UPM-ETSICCP-Madrid, UPM-ETSI-Madrid, UPV-ETSICCP-Valencia, USAL-EPS-Ávila, USAL-EPS-Zamora, USC-ETSI-Santiago de Compostela, US-ETSI-Sevilla y UNIZAR-EUP-La Almunia.

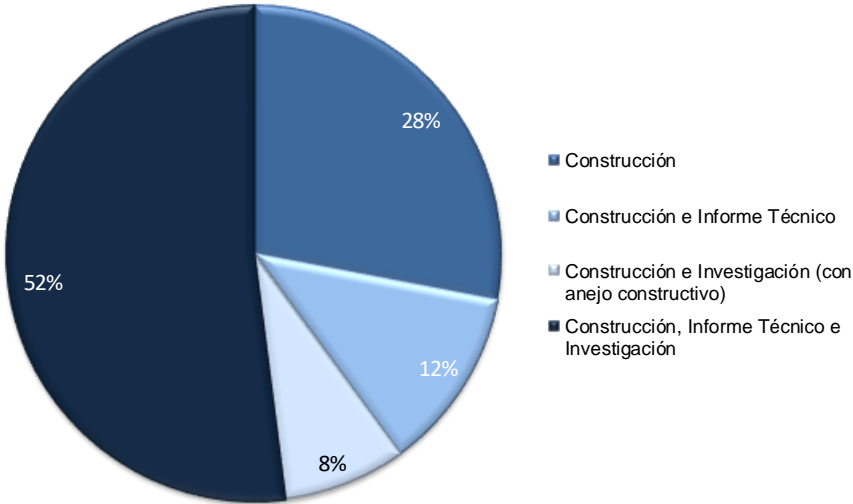
De las 25 escuelas existentes, se obtuvo respuesta en un 72% de los casos, siendo necesario en el resto realizar un análisis de la información disponible a través de sus páginas web (Reglamento sobre la realización del TFG de la Universidad, Normativas específicas del TFG en la titulación y Plan de Ordenación docente de la Universidad, entre otros documentos).

La finalidad del estudio realizado es obtener información que nos permita analizar si hay grandes diferencias en cuanto al desarrollo del TFG, carga docente, tutorías, sistema de evaluación y metodología docente, que puedan afectar al grado de adquisición de las competencias a las que obliga la Orden CIN/307/2009. Para ello, la encuesta se ha estructurado en tres bloques:

- Características de los trabajos (tipología, carga docente) y cualificación del profesorado.
- Modalidades y métodos del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Sistema de evaluación.

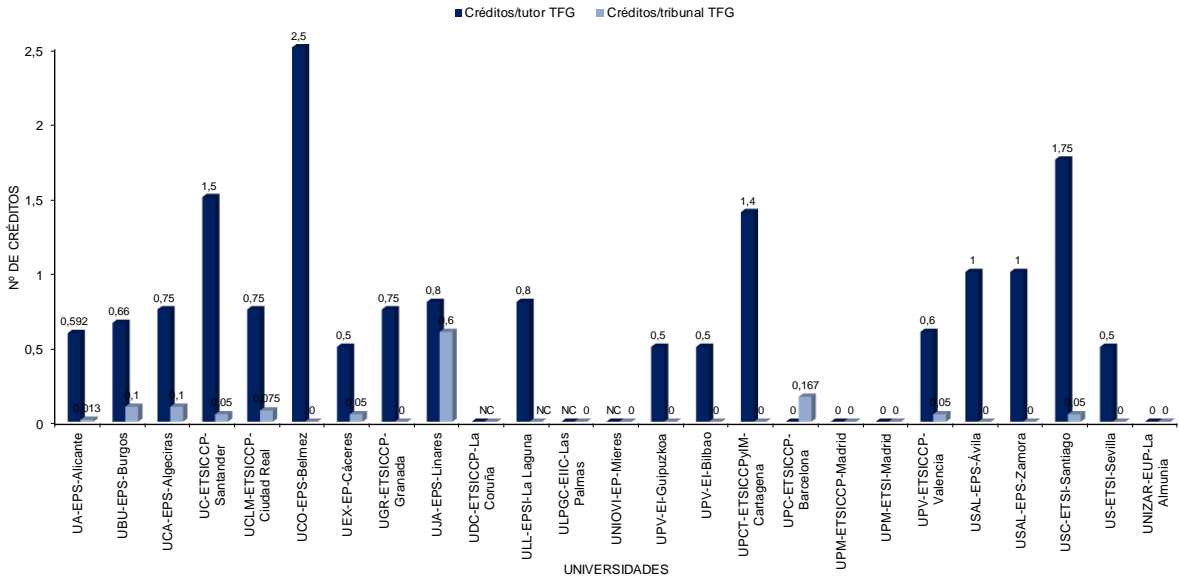
En cuanto a la tipología de TFG, todas las escuelas incluyen la realización de un proyecto de construcción en el ámbito de las tecnologías específicas de la ingeniería civil, siendo en un 28% de las escuelas la única tipología posible a realizar, mientras que en el resto se permite la realización de informes técnicos y/o trabajos de investigación, según puede observarse en la figura 1. En todos los casos el TFG consiste en un trabajo individual, excepto en la escuela de la Universidad de Zaragoza que permite la realización de trabajo en grupo.

Figura 1: Tipología de TFG en las distintas escuelas



En todas las escuelas encuestadas la carga docente para el estudiante es de 12 créditos, salvo en las escuelas de Cádiz, Cartagena y Córdoba, donde la carga docente es de 18 créditos. En cuanto, a los créditos reconocidos al profesorado tanto por dirigir un TFG como por pertenecer a una comisión evaluadora se observa más diferencias entre las distintas escuelas (figura 2). Los créditos por tutorizar un TFG varían entre un máximo de 2,5 créditos en Córdoba y un mínimo de 0 créditos en las escuelas de la Politécnica de Madrid y de la Universidad de Zaragoza (figura 2).

Figura 2: Créditos reconocidos al profesorado



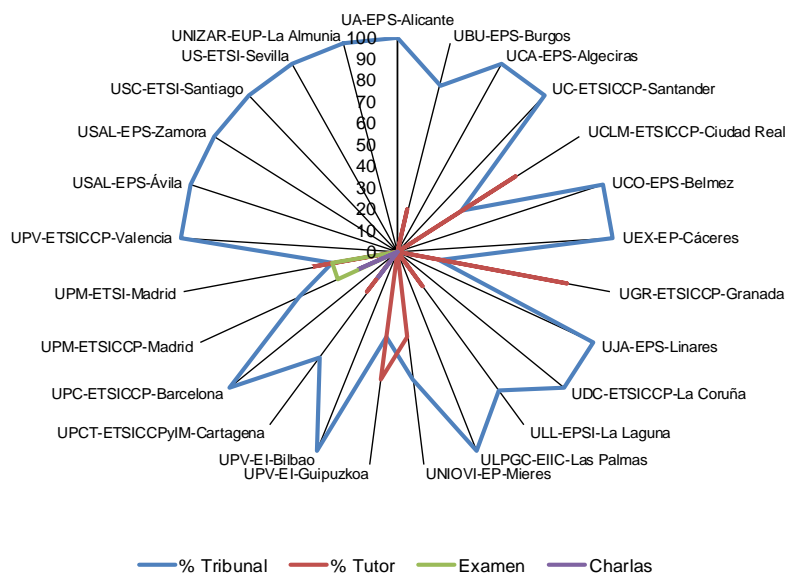
Relacionado con la cualificación técnica del profesorado, en el 64 % de las escuelas se exige que el tutor sea exclusivamente profesor con docencia en la titulación, mientras que en el resto además de lo señalado anteriormente deben poseer formación académica afín al grado de ingeniería civil. Otro aspecto importante a considerar es la variabilidad en cuanto al porcentaje de profesores asociados que desempeñan la función de tutor de TFG en cada escuela, así en la escuela de la Coruña el 100% de los tutores se corresponden con esta figura docente, mientras que en la escuela de Córdoba solamente representan el 5% del total de los tutores. La media de los profesores asociados tutores de TFG en las escuelas encuestadas es del 41%, coincidiendo esta media con el porcentaje de trabajos terminados y tutorizados por esta figura contractual.

Como metodologías docentes para la enseñanza y realización del TFG, en todas las escuelas se utiliza la tutoría individual, compaginándose en un 64% con otras metodologías docentes (seminarios en un 32% de las escuelas, tutoría grupal en un 12% y seminario y tutoría grupal en un 20%).

Como metodologías docentes para la enseñanza y realización del TFG, en todas las escuelas se utiliza la tutoría individual, compaginándose en un 64% con otras metodologías docentes (seminarios en un 32% de las escuelas, tutoría grupal en un 12% y seminario y tutoría grupal en un 20%).

Como sistema de evaluación, en la totalidad de las escuelas es obligatorio defender el TFG ante un tribunal (constituido por tres miembros, excepto en la escuela de Burgos y en la Politécnica de Madrid (ITOP), en las que el tribunal está constituido por cinco miembros). Sin embargo, existe dispersión en cuanto a los distintos criterios utilizados para obtener la calificación final, pues en el 36% de las escuelas se emplean otros criterios adicionales a la calificación otorgada por la comisión tras la defensa (figura 3).

Figura 3: Criterios de calificación del TFG



4. Discusión

En el ámbito de la ingeniería civil, el TFG ha de sintetizar e integrar las competencias adquiridas en las enseñanzas por lo que no debería ser un trabajo específico de una asignatura, que puede plantearse en la parte práctica de la docencia. De hecho, antes de la

implantación del EEES no se podía desarrollar un PFC si no se habían cursado todas las materias de la titulación, porque de otra manera difícilmente se podrían aplicar los conocimientos adquiridos.

Definido como un proyecto de naturaleza profesional, no puede plantearse como una revisión bibliográfica, de toma de datos, o plan de empresa, en el que el estudiante no pueda aplicar el máximo de competencias del Grado.

La cuestión es si debe ceñirse al diseño de un proyecto de construcción, predominante en las titulaciones de ingeniería ya extinguidas o se pueden admitir otras tipologías, como los informes técnicos o los proyectos de investigación. Se observa una transición de la ingeniería clásica de diseño a otras áreas relacionadas con estudios técnicos, organizacionales y económicos (Ortiz-Marcos, Sánchez & Cobo, 2010). Actualmente, un 72% de los planes de estudio admiten alguna o todas estas variantes. Resulta paradójico que haya 15 escuelas que permitan la realización de un proyecto de investigación cuando en sus planes de estudios no se adquiere competencia alguna relacionada con actividades de I+D+i en el ámbito de la ingeniería civil, tal y como sucede en el Máster en ICCP. Dichos planes de estudio tampoco contemplan asignaturas en las que el estudiante pudiese adquirir esas competencias.

La carga docente del TFG se sitúa de forma mayoritaria en 12 ECTS (88% de los planes de estudio), entre 300 y 360 horas de trabajo. La experiencia de los últimos años muestra que para los estudiantes supone un esfuerzo muy superior a la dedicación teórica esperada (Núñez et al., 2013; Camacho et al., 2015). Las respuestas de estudiantes de ingeniería españoles encuestados por la Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Catalunya (2009) sobre el tiempo dedicado a realizar el PFC con dedicación exclusiva indicaron, a partes iguales, un semestre o un año.

Ku y Goh (2010) señalaron, en un estudio en escuelas de Australia y Europa, que el tiempo total que pasan los estudiantes con un proyecto es de unas 300 horas, con un espectro que abarca desde un mínimo de 160 hasta 600. Consideran que una carga de proyecto del 6,25% de la carga total del título de ingeniero es la adecuada.

Pese a que la Orden CIN/307/2009 (España, 2009) establece que el TFG debe realizarse individualmente, hay un plan de estudios que regula los trabajos en grupo. En este sentido, se han realizado experiencias aisladas en ingeniería civil con proyectos de grupo. En la UPM, se trabajó con 120 estudiantes en grupos de cuatro, diseñando proyectos de carreteras. Los resultados pusieron de manifiesto los efectos extremadamente positivos de los proyectos de grupo en las percepciones de los estudiantes, destacando como habilidades adquiridas la capacidad de organización y planificación y la resolución de problemas. Por el contrario, se detectaron algunas deficiencias relacionadas con la falta de experiencia en el trabajo colaborativo previo (Guirao y Escobar, 2017).

En la UPV, se plantearon y desarrollaron TFG multidisciplinares mediante la cooperación de más de 20 alumnos con el fin de conseguir tres soluciones alternativas a una infraestructura. Este tipo de proyecto permite que los alumnos alcancen un elevado grado de especialización, a la vez que fomenta la colaboración entre ellos. La falta de comunicación y la diferente actitud proactiva de los estudiantes fueron las principales debilidades percibidas (Camacho et al., 2015).

Respecto a la cualificación técnica y/o académica exigida al tutor, cabe destacar que sólo cinco planes de estudio (20%) contemplan la formación técnica en ingeniería civil del profesorado en sus reglamentos, frente al requerimiento predominante de pertenencia al claustro de profesorado del centro o universidad (64%). Es evidente que la dirección de un proyecto de construcción conlleva la necesaria capacitación profesional, aunque la existencia de otras tipologías abre la puerta a una formación diversa.

Es difícil que el tutor esté capacitado para responder a cuestiones relacionadas con todas las competencias que se adquieren a lo largo de la titulación. No existe el “ingeniero civil completo”. La ingeniería civil contempla temáticas referidas a seguridad y salud, medioambiente, legislación y contratación, estructuras, hidráulica, geología y geotecnia, economía y valoraciones, etc.. Por ello, es comprensible que el estudiante requiera el apoyo de algún otro docente durante el desarrollo del trabajo. En realidad, debería poder consultar a todo el claustro de profesores que le han ido enseñando a lo largo de la carrera.

En algunas escuelas técnicas, fuera del ámbito de este estudio, concurren las figuras de “director del TFG” y “tutores de apoyo” (Padmanabhan et al., 2018) que solventan las posibles carencias técnicas que pudieran surgir. Con el esquema tradicional, el perfil del profesor asociado, por su permanente contacto con la actividad profesional, es el más idóneo para suplir la cotutorización multidisciplinar. Sin embargo, sólo el 41% de los TFG terminados cada curso son dirigidos por un profesor asociado. Chau (2005) describe una experiencia en la Universidad Politécnica de Hong Kong en la que el equipo de supervisión de cada proyecto está formado por dos supervisores industriales y dos profesores visitantes, que son ingenieros civiles con experiencia que actualmente trabajan en entes gubernamentales, empresas consultoras o constructoras.

La actividad de tutela desarrollada por los docentes en los TFG ha de ser reconocida académicamente, de acuerdo con el esfuerzo y la dedicación que requiere, y teniendo en cuenta el número de créditos del TFG en el plan de estudios. En los planes de estudio analizados este reconocimiento es excesivamente heterogéneo, teniendo en cuenta la similitud existente en la estructura y magnitud de los TFG. La percepción del profesorado es que la carga docente está muy por encima del reconocimiento que las autoridades académicas otorgan a los profesores (Núñez et al., 2013). Battaner, González y Sánchez (2016) concluyeron en un estudio que ésta es una de las principales preocupaciones manifestadas por el profesorado, y uno de los motivos de su rechazo a los TFG o de su percepción negativa. Igualmente cuestionaron los casos en los que el trabajo se ha tutelado, pero no se ha presentado finalmente o no se ha superado. La mayoría de las universidades contempla el reconocimiento sólo si se ha superado el TFG. No obstante, si el profesor ha realizado la tutela, debería serle reconocida en alguna medida.

La modalidad tradicional de enseñanza de los PFC, que permanece con los TFG, es la tutoría individual. Basada y centrada en el aprendizaje activo de los estudiantes, la tutoría adquiere una grandísima importancia como modalidad organizativa y tiempo de dedicación del profesor, convirtiéndose no solo en un tiempo en el que el profesor está teóricamente a disposición del estudiante, sino en el que realmente dedica y atiende al estudiante en su aprendizaje (De Miguel et al., 2006). Sin embargo, ya no es la única modalidad en la mayoría de escuelas de ingeniería civil. Un 64% las compagina con tutorías grupales y/o seminarios.

El apoyo tutorial en cada una de las fases del TFG se relaciona significativamente con varias competencias que el alumnado cree haber alcanzado. Expósito et al. (2018) estudiaron la información aportada por 178 pares estudiante/tutor y concluyeron que el razonamiento crítico se ve mejorado con la intensidad del apoyo tutorial en varias fases del trabajo. El alumnado sitúa la mejora del aprendizaje autónomo como su competencia más desarrollada. La organización del tiempo y la identificación de limitaciones se perciben incrementadas con el apoyo en las primeras fases, mientras que el uso de conocimientos previos y la capacidad de comunicación oral y escrita son competencias que mejoran con la intensidad del apoyo en sus fases finales -elaboración de conclusiones y redacción-. Del mismo modo, Ortiz-Marcos et al. (2012) estudiaron cuáles son las competencias personales de los estudiantes, según el modelo de competencias de la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), que más se refuerzan durante el proceso del PFC en todas sus etapas, llegando a la conclusión de que éstas son el reconocimiento de la necesidad y la capacidad de

participar en el aprendizaje a lo largo de toda la vida y la habilidad para usar técnicas, destrezas y herramientas de ingeniería modernas que son necesarias para la práctica de la ingeniería.

Dado que los títulos adaptados al EEES deben disponer de un perfil de formación en competencias y el modelo más tradicional de aprendizaje hace hincapié en el producto y no en el proceso de aprendizaje y desarrollo competencial, se ha promovido en muchas escuelas la implantación de otras modalidades de enseñanza. Rekalde (2011) realizó una revisión de modalidades existentes en el proceso de elaboración del TFG en titulaciones de diferentes ramas, destacando cuatro casos: a) con asignaturas obligatorias de preparación del TFG; b) a través de seminarios de formación generalista (específicos de expresión oral y escrita en inglés, normativa desarrollo del TFG, y organización y preparación de la documentación,...) c) combinando conferencias y seminarios para acercar al alumnado a la actualidad profesional y al aprendizaje de metodologías y d) a través de talleres disciplinares de seguimiento de los trabajos, con charlas previas sobre cuestiones relacionadas con los aspectos metodológicos.

El método de enseñanza tradicionalmente utilizado en la ingeniería civil ha sido el aprendizaje orientado a proyectos (Project-Based Learning, PBL), dada la naturaleza del trabajo a realizar por el estudiante consistente en un proyecto de naturaleza profesional. Este método se va extendiendo cada vez más dado sus positivos resultados. De hecho, escuelas como la de la UCLM en Ciudad Real implantaron desde su origen este método en el plan de estudios, representando actualmente el 30% de la carga de trabajo de cada semestre. López-Querol et al. (2015) detallan cómo se siguen modificando métodos de enseñanza de asignaturas y cursos, pasando del método expositivo al PBL.

Núñez et al. (2013) describen tres experiencias en la USC con grupos de estudiantes de diversos tamaños y temáticas en las que se han combinado técnicas de aprendizaje cooperativo y aprendizaje basado en proyectos.

Cuando el TFG manifiesta una orientación de tipo innovación/investigación (se plantea un problema que comporta estudios o desarrollos innovadores o de iniciación a la investigación), cabe contemplar otros métodos de enseñanza como estudio de casos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo, etc.

A nivel internacional el PBL es igualmente el método predominante. En su estudio sobre universidades australianas y europeas, Ku y Goh (2010) lo confirman. Gavin, K. (2011) describe el uso del aprendizaje basado en proyectos para enseñar habilidades de diseño a estudiantes de ingeniería civil en la University College Dublin (UCD). Silva, Sabbatini y de Barros (2012) presentan una experiencia de PBL en la Universidad de São Paulo consistente en un curso basado en el desarrollo del diseño completo, planificación y presupuesto de una casa, en grupos de cuatro estudiantes.

La evaluación de los PFC se ha sustentado tradicionalmente sobre la base de un informe final escrito del proyecto y en una presentación pública ante un tribunal compuesto por varios profesores con experiencia, en el que se valoraban las competencias profesionales de forma conjunta.

El informe escrito y el trabajo del estudiante han sido normalmente supervisados por el tutor del proyecto, y el tribunal generalmente evaluaba el documento (calidad técnica, redacción) y su presentación oral. Estos tres aspectos se valoraban conjuntamente, dando lugar a la calificación final del PFC. Esto significa que, en la mayoría de los casos, la evaluación del proyecto estaba condicionada por factores como la experiencia, dedicación o relaciones personales del tribunal, estudiante y tutor (Sánchez et al., 2015).

Con los TFG, tal y como refleja la encuesta, continua en esa línea pues es el sistema implantado en la mayoría de las titulaciones (64%). Este enfoque presenta serios inconvenientes (Filella et al., 2012; Valderrama et al., 2009; Villamañe et al., 2015):

- La evaluación debe pasar obligatoriamente a un enfoque basado en los resultados para ajustarse a los procesos de educación y acreditación
- La valoración a través de un hito final único choca directamente con el propósito formativo de la evaluación.
- Depende en gran medida de los criterios subjetivos del tribunal académico.

Battaner, González y Sánchez (2016) concluyen en su estudio sobre 36 universidades que se percibe poca homogeneidad en dichas evaluaciones, que parecen depender de los criterios de evaluación de los diferentes tribunales más que en otro tipo de criterios.

Con la implantación de los títulos adaptados al EEES cobra especial importancia evaluar de forma coherente las competencias asociadas al perfil de formación, por lo que han surgido diversas iniciativas en ese sentido. Valderrama et al. (2009) presentaron la “Guía para la evaluación de competencias en los trabajos de fin de grado y de máster en las ingenierías”. Sánchez et al. (2015) desarrollaron una metodología basada en la guía anterior, en la que los indicadores fueron definidos por rúbricas precisas que los estudiantes deben conocer antes de emprender su TFG.

Posteriormente, esta metodología fue implementada y las conclusiones pueden generalizarse fácilmente a cualquier otra titulación de ingeniería. Se analizaron los resultados del TFG para 1.569 estudiantes, obteniendo un aumento de 25 puntos en el porcentaje medio de alumnos que terminaron el proyecto. Además, el 95% de estos estudiantes terminaron su TFG en menos de un año, comparado con sólo el 65% que lo hicieron en años anteriores (Carracedo et al., 2018).

Fraila et al. (2010) propusieron en la UPM un sistema de evaluación de los PFC similar al anterior cuyos resultados de aprendizaje se han definido previamente en términos de competencias. Cataloga once competencias predefinidas y se les asigna un peso diferente a cada una de ellas. Los indicadores son evaluados con calificaciones numéricas en lugar de por niveles de cumplimiento. Además, se definen tres momentos para la evaluación de los PFC: el propio proceso del PFC, el informe escrito y la presentación oral.

Filella et al. (2012) compararon una metodología de orientación del PFC basada en el uso de un portafolio electrónico con la tradicional, implementándola en un grupo de control formado por 40 estudiantes y 11 profesores. Aplicaron una evaluación continua basada en los resultados a lo largo de todo el proceso. Los resultados mostraron que un alto porcentaje de estudiantes terminaron sus proyectos en el plazo previsto en el plan de estudios y mejoraron la tasa de rendimiento académico en un 60%. De la misma manera, se consideró que era adecuada para evaluar el progreso de los estudiantes en la adquisición de habilidades tales como aprendizaje autónomo, dinámico y organizado; resolución de problemas, creatividad, iniciativa y capacidad de decisión.

Respecto a la composición del tribunal de los TFG, el profesorado de los centros asume esas funciones, incluso con carácter obligatorio en cerca de un 80% de las escuelas. Es la tónica predominante en las referencias estudiadas, aunque en algunas de ellas no se hace mención expresa. En casos aislados, profesionales en ejercicio también evalúan las presentaciones finales de los estudiantes (Padmanabhan et al., 2018).

La participación del tutor en la evaluación del TFG cobra más importancia fuera de nuestras fronteras que en los sistemas implantados en las escuelas españolas. Sólo en un tercio de las titulaciones el informe del tutor forma parte de la calificación con porcentajes entre un 20% y un 80%. Del mismo modo, sólo en dos escuelas el tutor forma parte del tribunal. En

las universidades del mundo anglosajón, el supervisor, al que acompaña un segundo evaluador, toma un papel relevante en la valoración del trabajo desde sus fases iniciales, con los planes de trabajo, los informes de seguimiento y el documento final con la presentación oral (Ku & Goh, 2010; Rasul et al., 2015).

El reconocimiento académico al profesorado por la evaluación de los TFG en las escuelas de ingeniería civil presenta cierta arbitrariedad en su regulación, más teniendo en cuenta la similitud existente en los sistemas de evaluación empleados. No solo destaca el hecho de que en el 50% de las escuelas no existe, sino que, además, hay una evidente dispersión de valores. Incluso en escuelas que, además del tribunal, realizan un examen y talleres evaluables no les es reconocida esta actividad docente al profesorado. Esta circunstancia alimenta la percepción negativa que el profesorado manifiesta hacia el TFG (Battaner, González & Sánchez, 2016).

5. Conclusiones

El TFG en las titulaciones universitarias, es esencial, enriquecedor y el elemento bisagra más acertado entre un ejercicio académico y un trabajo profesional. Es la mejor oportunidad de aprendizaje para los estudiantes de grado ya que deben aplicar muchos de los conocimientos adquiridos a lo largo de cuatro años.

Los primeros TFGs del EEES fueron desarrollados en las titulaciones españolas en 2012-2013. Transcurridos seis cursos académicos, el análisis de su implementación en las escuelas de ingeniería civil de las universidades públicas españolas resulta interesante de cara a conocer la evolución de la implantación del EEES y las ventajas e inconvenientes que comporta.

Del estudio realizado se pueden extraer conclusiones entre las que destacan las siguientes:

- La tipología de los TFG experimenta una transición de la ingeniería clásica de diseño a otras áreas relacionadas con estudios técnicos, organizacionales, económicos y de investigación, acorde con la evolución del perfil profesional del ingeniero.
- La realización de un proyecto de ingeniería civil requiere de un asesoramiento multidisciplinar, dada la diversidad de temáticas que contempla, por lo que la figura del tutor único ha de llevar consigo un permanente y actualizado contacto con la realidad profesional. En caso contrario, es obligado el apoyo adicional de profesorado o la adopción de otras modalidades de enseñanza.
- El cambio en la docencia que supone para el estudiante el TFG, lejos de la actitud pasiva predominante en su aprendizaje, provoca que la tutoría individual no sea la única modalidad de enseñanza adecuada para afrontar su desarrollo, por lo que se percibe un impulso de actividades complementarias como seminarios, talleres, tutorías grupales, etc.
- En líneas generales, la actual evaluación del TFG está basada en la evaluación de contenidos técnicos, tendente a valorar las competencias específicas y la repercusión y la aportación nueva, innovadora o aclaratoria que el TFG aporta al campo científico, siendo, además, altamente dependiente de los agentes evaluadores. Debe dar paso a un modelo que valore las competencias por encima del mero conocimiento, que centre la mirada en cómo se han desarrollado y plasmado las competencias transversales a lo largo del trabajo. Ha de ser lo más objetiva y explícita posible, conociendo el estudiante los criterios con carácter previo.

En síntesis, se puede concluir que la implantación del EEES en los planes de estudio ha supuesto una estructuración de los principios educativos más teórica que práctica en lo que al TFG se refiere.

6. Referencias bibliográficas

- Agencia para la Calidad del Sistema Universitario de Catalunya (2009). Guía para la evaluación de competencias en los trabajos de fin de grado y de máster en las ingenierías. Disponible en versión electrónica: <http://www.aqu.cat>.
- Battaner, E., González, C., & Sánchez, J. (2016). El trabajo de fin de Grado (TFG) en las Universidades españolas. Análisis y discusión desde las Defensorías Universitarias. *Revista Universidad, Ética y Derechos*. Recuperado a partir de <https://revistas.uca.es/index.php/Rueda/article/view/2586>
- Camacho, F. J.; Pérez, A. M.; Coll, H.; Alcalá, J.; Romero, I. y Garrido, M. E. (2015). Desarrollo de un Trabajo de Fin de Grado Multidisciplinar en Ingeniería Civil como preparación del alumno para la vida profesional. Congreso In-Red 2015. Universitat Politècnica de València. Doi: <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2015.2015.1635>.
- Carracedo, F. S., Climent, J., Corbalán, J., Fonseca I Casas, P., Garcia, J., Herrero, J. R., Sancho, M. -. (2018). A proposal to develop and assess professional skills in engineering final year projects. *International Journal of Engineering Education*, 34(2), 400-413.
- Chau, K. W. (2005). Problem-based learning approach in accomplishing innovation and entrepreneurship of civil engineering undergraduates. *International Journal of Engineering Education*, 21(2 PART 1), 228-232.
- De Miguel, M. (D); Alfaro, I.J.; Apodaca, P.; Arias, J.M.; García, E.; Lobato, C. y Pérez, A. (2006). Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Ediciones Universidad de Oviedo.
- España. Ley de 20 de julio de 1957 sobre ordenación de las enseñanzas técnicas. *BOE de 22 de julio de 1957, núm. 187, pp 607-614*.
- España. Real Decreto 1393/2007 (a), de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. *BOE de 30 de Octubre de 2007, núm. 260*.
- España. Ley Orgánica 4/2007 (b), de 12 de abril, por la que se modifica la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades. *BOE de 13 de Abril de 2007, núm. 89*.
- España. Orden CIN/307/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico de Obras Públicas. *B.O.E.de 18 de febrero de 2009*.
- España. Real Decreto 861/2010, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. *BOE de 3 de julio de 2010, núm. 161*.
- Expósito, P. et al. (2018) El trabajo de fin de grado: resultados desde una perspectiva de pares estudiantes/tutores. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, [S.I.], v. 16, n. 2, p. 105-122. ISSN 1887-4592. Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/10190>. Fecha de acceso: 20 mar. 2019 doi:<https://doi.org/10.4995/redu.2018.10190>.
- Filella, G., Gine, F., Badia, F., Soldevila, A., Moltó, M., & Del-Arco, I. (2012). Well-being E-portfolio: A methodology to supervise the final year engineering project. *International Journal of Engineering Education*, 28(1), 72-82.
- Fraile, R., Argüelles, I., González, J. C., Gutiérrez-Arriola, J. M., Benavente, C., Arriero, L., & Osés, D. (2010). A proposal for the evaluation of final year projects in a competence-based learning framework. Paper presented at the 2010 IEEE Education Engineering Conference, EDUCON 2010, 929-934. doi:10.1109/EDUCON.2010.5492479
- Gavin, K. (2011). Case study of a project-based learning course in civil engineering design. *European Journal of Engineering Education*, 36(6), 547-558.
- Guirao, B., & Escobar, J. (2017). Civil engineering students in the final year of their bachelor's degree: Evaluation of group project work under a retrospective dimension.

- Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 143(1) doi:10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000305
- Haldenwang, R., Slatter, P., & Pearce, C. (2006). Integration of project management skills to manage a fourth year research project. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 4(1), 60-70. doi:10.1108/17260530610818651
- Ku, H., & Goh, S. (2010). Final year engineering projects in Australia and Europe. *European Journal of Engineering Education*, 35(2), 161-173. doi:10.1080/03043790903497336
- López-Querol, S., Sánchez-Cambronero, S., Rivas, A., & Garmendia, M. (2015). Improving civil engineering education: Transportation geotechnics taught through project-based learning methodologies. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(1) doi:10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000212
- Martínez, G., Rubio, M. C., Moreno, B., & Ordóñez, J. (2007). Final project teaching in higher education within civil engineering: New perspective. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 133(2), 94-98. doi:10.1061/(ASCE)1052-3928(2007)133:2(94)
- Núñez, C.; Castro, A.; Fuentes, P.; Valcarce, I.; Carballo, R. (2013) New approaches on final year projects: from PBL to CL, INTED2013 Proceedings, pp. 920-928.
- Ortiz-Marcos, I., Sánchez, M. J., & Cobo, J. R. (2010). Evolution of final degree projects at the Universidad Politécnica de Madrid. *International Journal of Engineering Education*, 26(1), 162-168.
- Ortiz-Marcos, I., Uruburu, A., Ortiz, S., & Caro, R. (2012). Final year project: Students' and instructors' perceptions as a competence-strengthening tool for engineering students. *International Journal of Engineering Education*, 28(1), 83-91.
- Padmanabhan, G., Katti, D., Khan, E., Peloubet, F., & Leelaruban, N. (2018). A unique civil engineering capstone design course. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 8(1), 56-69. doi:10.3991/ijep.v8i1.7667
- Rasul, M. G., Lawson, J. J., Howard, P., Martin, F., & Hadgraft, R. (2015). Learning and teaching approaches and methodologies of capstone final year engineering projects. *International Journal of Engineering Education*, 31(6), 1727-1735.
- Rekalde, I. (2011). ¿Cómo afrontar el trabajo fin de grado? Un problema o una oportunidad para culminar con el desarrollo de las competencias. *Revista Complutense de Educación*. Vol. 22 Núm. 2 179-193.
- Sanchez, F., Climent, J., Corbalan, J., Fonseca, P., Garcia, J., Herrero, J. R., . . . Lopez, D. (2015). Evaluation and assessment of professional skills in the final year project. Paper presented at the Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-February(February) doi:10.1109/FIE.2014.7044378
- Shaw, J. (1995) A schema approach to the formal literature review in in engineering theses. *System* 23 (3), 325-335.
- Silva, F.B.; Sabbatini, F.H.; De Barros, M.M.S.B. (2012). Project-Based Learning in Civil Engineering Education: an Experience at the University of São Paulo. January 2012. Conference: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education. São Paulo.
- Universidad de Granada (2015). Normativa para la creación, modificación, suspensión temporal o definitiva y gestión de títulos de grado en la Universidad de Granada). Disponible en: <http://docencia.ugr.es/pages/ects-actividades-universitarias/normativa/normativatitulosdegradocg25demayode2015pdf/%21>
- Valderrama, E., Rullán, M., Sánchez, F., Pons, J., Mans, C., Giné, F., Peig, E. (2009). Guidelines for the final year project assessment in engineering. Paper presented at the Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE,.
- Villamañe, M., Ferrero, B., Álvarez, A., Larrañaga, M., Arruarte, A., & Elorriaga, J. A. (2015). Dealing with common problems in engineering degrees' final year projects. Paper presented at the Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-February (February) doi:10.1109/FIE.2014.7044431