

# Una metodología basada en prácticas ágiles para la realización de Trabajos Fin de Grado

Miguel A. Martínez-Prieto, Jorge Silvestre, Anibal Bregon,  
Patricia Baz, Clara Gándara-González, Paula Mielgo, Irene Peñas

Depto. de Informática, Universidad de Valladolid

[migumar2, jsilvestre, anibal]@infor.uva.es; [patricia.baz, clara.gandara,  
paula.mielgo, irene.penas.perez]@estudiantes.uva.es

## Resumen

En este artículo planteamos ASAP (*Agile Student Academic Projects*), una metodología que adapta prácticas ágiles habituales en el sector profesional para alcanzar los objetivos de aprendizaje propios del TFG. Para ello, ASAP plantea una dinámica de trabajo incremental sustentada en la interacción regular de todas las partes y la generación frecuente de *feedback*. Los TFG realizados con ASAP sobresalen en su titulación, destacando tanto por la calidad de los productos construidos como por los procesos realizados para ello.

## Abstract

This paper proposes ASAP (*Agile Student Academic Projects*), a methodology that adapts common agile practices in the professional sector to achieve the learning objectives of the FDP. ASAP proposes an incremental work dynamic based on regular interaction between all parties and frequent generation of feedback. The results obtained by the FDPs using ASAP are outstanding in terms of product and process quality.

## Palabras clave

TFG, prácticas ágiles, metodología, competencias.

## 1. Introducción

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha convertido el aprendizaje en el protagonista de la enseñanza universitaria [5], estableciendo entornos educativos centrados en el estudiante y abandonando paulatinamente los enfoques más centrados en la enseñanza. Así, el estudiante se convierte en responsable de su aprendizaje, mientras que el profesor asume funciones de orientación, asesoría, guía o facilitación del proceso [14]. El *Trabajo Fin de Grado (TFG)* es uno de los mejores exponentes de la naturaleza de este cambio. El TFG es un trabajo de integración

de conocimientos, elaborado de forma autónoma por un *estudiante* bajo la tutela de un profesor (*tutor*) y cuyo objetivo es demostrar que el estudiante ha alcanzado las competencias propias de su titulación.

A pesar de ello, la planificación y ejecución del TFG sigue siendo un desafío en este área [4], dada la complejidad propia de los proyectos informáticos y la necesidad de garantizar que todos los estudiantes de la titulación alcanzan los objetivos de aprendizaje propios del TFG de una manera uniforme. En [8] se señala que el principal problema de estos trabajos es el retraso de su finalización y se apunta a la mala gestión del proyecto como causa más probable. Esto supone una disyuntiva, considerando que el TFG es un proyecto del que el estudiante es responsable y, al mismo tiempo, una actividad académica orientada a su formación. Así, el papel del tutor es fundamental, pero su estilo de dirección puede variar dependiendo de su nivel de implicación en diferentes factores del proyecto [3]. Por lo tanto, es necesario disponer de metodologías capaces de armonizar los roles del estudiante y del tutor en el ámbito del TFG y que exploten las oportunidades de aprendizaje que emanan de una actividad de naturaleza académica, pero con un enfoque profesionalizante.

En este artículo planteamos ASAP (*Agile Student Academic Projects*), una metodología que adopta prácticas de los marcos de trabajo ágiles [2] para abordar los objetivos de aprendizaje del TFG en términos de planificación del proyecto y consolidación de sus antecedentes, desarrollo y aceptación del producto, y comunicación (oral y escrita) del trabajo realizado. ASAP propone un conjunto de eventos, roles y artefactos destinados a establecer un ritmo de trabajo sostenido durante todo el TFG, a facilitar la interacción periódica entre todos los participantes en el proyecto y a proporcionar *feedback* de forma regular sobre el producto en desarrollo y sobre el proceso seguido para ello.

Las contribuciones de este trabajo son las siguientes:

- La determinación y especificación de un conjunto de cinco objetivos de aprendizaje, comunes a cualquier TFG en el ámbito de la Ingeniería In-

formática, con independencia de su orientación al desarrollo o a la investigación.

- La reinterpretación del marco de trabajo ágil Scrum [11], de acuerdo con las necesidades de planificación y ejecución que presenta un *proyecto de aprendizaje* como el TFG.
- La evaluación de la metodología en ocho TFGs, cuya ejecución y resultados académicos han destacado en el ámbito de su titulación.

En la sección 2 se revisan algunas de las metodologías propuestas para la realización de trabajos fin de estudios. La sección 3 abstrae los objetivos de aprendizaje de un TFG planteados en ASAP y la sección 4 describe la metodología. En la sección 5 se caracteriza el contexto académico en el que evaluamos ASAP, así como el proceso que hemos seguido para su implantación y los resultados obtenidos durante los tres cursos en los que hemos utilizado la metodología. Finalmente, la sección 6 presenta las conclusiones de esta experiencia y nuestras líneas de trabajo futuro.

## 2. Trabajo relacionado

El *Real Decreto 43/2015 de 2 febrero*, que actualiza la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, indica que el TFG debe realizarse “en la fase final del plan de estudios y estar orientado a la evaluación de competencias asociadas al título”. Así, el TFG se plantea como una actividad académica centrada en el aprendizaje [9] pero con un enfoque profesionalizante, que permite al estudiante movilizar los recursos intelectuales, habilidades o actitudes necesarias para responder con éxito ante un problema de la vida real [5]. Esta doble orientación ayuda a preparar a los estudiantes para llegar al mercado laboral [7], pero también plantea una serie de desafíos que el estudiante debe afrontar de forma sistemática para finalizar con éxito su proceso formativo.

Polo y otros [9] abordaron esta situación antes del asentamiento del TFG y plantearon una metodología para gestionar la complejidad de los proyectos fin de carrera, basada en cinco *objetivos de aprendizaje*: metodología de desarrollo, recolección de información, desarrollo del producto, elaboración de informes y exposición en público; tres *resultados*: documentación, producto y evaluación; y tres tipos de *recursos* que el tutor debe proporcionar al estudiante: fuentes de información, metodología de trabajo y modelos de aplicación. La metodología también establece qué elementos deben incluirse en la *evaluación* y las reuniones necesarias para un *seguimiento* efectivo del proyecto.

Serrano-Guerrero y otros [12] proponen varias pausas adicionales, en base a su experiencia con trabajos fin de estudios orientados a la investigación. Insisten en

la necesidad de realizar supervisión periódica del proyecto (con reuniones semanales), prestando especial atención a las *pruebas* que garanticen que el producto construido satisface los requisitos planteados. Asimismo, plantean que el producto se construya en base a prototipos y sostienen que el tutor sea la fuente principal de documentación, para que el estudiante asiente una visión sólida del estado del arte.

La metodología propuesta en [1] también se centra en TFGs de investigación y plantea una dinámica de trabajo que contempla la realización de reuniones periódicas entre el estudiante y el tutor (cada 2 semanas) y sesiones de presentación de resultados parciales (cada 3 meses), abiertas a todo el grupo de investigación. Este enfoque busca la generación de posibles sinergias dentro del grupo, al tiempo que el estudiante ejercita su comunicación. Los autores también destacan que la memoria del proyecto se revisa al menos dos veces, con el objetivo de potenciar la capacidad comunicativa del estudiante, competencia fundamental en el desarrollo del TFG [14]. En [7] se describe una experiencia comparable, que destaca que el TFG debe partir de una correcta planificación de sus objetivos y realizar un proceso de supervisión y evaluación constante, que favorezca la generación de *feedback* valioso para el estudiante durante todo el proyecto. Los autores también resaltan que el trabajo de los estudiantes puede verse favorecido por las contribuciones de otros miembros del grupo de investigación, lo que lleva a conseguir resultados de alta calidad, a cambio de una mayor implicación de los tutores. Ambas experiencias indican que los resultados de los TFG han dado lugar a diferentes publicaciones científicas y que los estudiantes manifiestan una mejora de sus competencias profesionales.

Finalmente, Enríquez y otros [4] plantean que el desarrollo del TFG debe comprender tres fases: prototipado (y validación), análisis y desarrollo del producto, cada una de las cuales se planifica y ejecuta siguiendo metodologías habituales en los entornos profesionales. Cabe destacar, por la cercanía con nuestra propuesta, que esta metodología utiliza Scrum [11] para llevar a cabo la fase de desarrollo, en la que se le proporciona al estudiante una visión detallada del producto a construir, en base a una especificación de los objetivos comparable a la que planteamos en ASAP. Los TFGs realizados con esta metodología obtienen unos resultados destacados, aunque los autores indican que su aplicación se centra en TFGs orientados al desarrollo.

## 3. Objetivos de aprendizaje

El objetivo del TFG es que el estudiante aprenda cómo resolver un problema (y no una instancia concreta) [9], ganando con ello los hábitos o destrezas necesarias para hacerlo cada vez que lo requiera su actividad pro-

fesional. Para ello es necesario abstraer los objetivos de aprendizaje que deben alcanzarse en un TFG, para lo que seguimos el enfoque propuesto en [13]:

- Cada *objetivo* satisface una necesidad principal dentro del producto de aprendizaje y se caracteriza por un conjunto de *historias de aprendizaje*. El desarrollo de cada historia contribuye al progreso del objetivo que la contiene, de forma que para alcanzar el objetivo es necesario completar con éxito todas sus historias.
- Cada *historia* se caracteriza por un conjunto de *resultados*, que también actúan como criterios de aceptación; de esta forma, la historia se completa cuando todos sus resultados están implementados. Cada resultado aporta valor al proyecto por sí mismo y puede adoptar diferentes formas (piezas de software funcionales, secciones o capítulos de la memoria del proyecto, otros entregables previstos, etc.). Los requisitos que describen cada resultado son la base sobre la que el tutor retroalimenta el trabajo del estudiante.

Este enfoque garantiza que los estudiantes dispongan de una descripción precisa del producto de aprendizaje y de la forma en la que se evaluará, además de facilitar la reusabilidad de ASAP en diferentes tipos de proyectos y contextos académicos.

ASAP propone cinco objetivos de aprendizaje (descritos en <https://trello.com/b/0ox33KE4>) comunes a cualquier TFG.

*Proyecto.* El primer objetivo es plantear un proyecto que ofrezca una respuesta a un problema de la vida real, como establece la metodología de aprendizaje basado en proyectos [6] que subyace a ASAP. Las historias relacionadas con este objetivo abarcan la definición del *planteamiento del problema* y de los *objetivos* que lo materializan, así como la identificación de las *tareas* necesarias para alcanzarlos y su *planificación*. Como se explica en la siguiente sección, ASAP plantea el TFG como un proceso iterativo e incremental, para facilitar su seguimiento y la revisión de los progresos realizados por el estudiante, retroalimentando el proyecto de forma continuada. Esta decisión permite adaptar el alcance del TFG (de acuerdo con los progresos del estudiante y el planteamiento del problema) para no exceder la carga de trabajo prevista en la titulación y evitar retrasos en su finalización.

*Antecedentes.* El TFG requiere que el estudiante explore áreas de conocimiento o dominios con los que, en general, no está familiarizado, o requieren competencias concretas de las que puede no disponer. Por ello, es necesario que el estudiante adquiera un conocimiento suficiente del *contexto* en el que va a realizar su trabajo, para comprender el planteamiento del problema y los objetivos del TFG. Las historias relacionadas con este

objetivo buscan que el estudiante obtenga el conocimiento necesario para enmarcar su trabajo en términos de negocio, científicos y/o tecnológicos. Por lo tanto, el estudiante debe ser capaz de comprender el impacto potencial del trabajo a realizar, conocer los medios para hacerlo y las soluciones existentes, para poner en valor la contribución de su trabajo. Asimismo se espera que adquiera la terminología propia del contexto de estudio y sepa utilizarla de forma consistente.

*Desarrollo.* Este objetivo de aprendizaje aborda el proceso de construcción del producto, de acuerdo con los objetivos establecidos en el proyecto. Así, sus historias de aprendizaje estarán alineadas con la tipología del proyecto (desarrollo o investigación) y la metodología de ciclo de vida elegida para el desarrollo del producto.

*Aceptación.* Este objetivo de aprendizaje se centra en evaluar que el producto construido es satisfactorio, por lo que sus historias de aprendizaje estarán orientadas a validar que satisface los objetivos del proyecto. Al igual que en el caso anterior, la caracterización de estas historias depende del tipo de proyecto y de la naturaleza del producto desarrollado y puede comprender, por ejemplo, el diseño y ejecución de pruebas de aceptación de software, la evaluación de indicadores de desempeño (KPIs), etc. Adicionalmente se contempla una historia centrada en la *discusión de los resultados*, en la que el estudiante valorará su alcance y la idoneidad de los medios utilizados para alcanzarlos (técnicas, herramientas, procedimientos...).

*Comunicación.* Este objetivo comprende dos historias de aprendizaje: *memoria técnica* y *acto de defensa*, que abordan las competencias de comunicación oral y escrita, propias del TFG. La memoria consigna los resultados de los objetivos anteriores: planteamiento y gestión del proyecto, descripción del contexto, proceso de desarrollo y análisis crítico de los resultados. La estructura, la completitud y la pertinencia de sus contenidos, la calidad de su redacción o la gestión de sus referencias bibliográficas, son aspectos básicos en el resultado final de la memoria. Por otra parte, en el acto de defensa el estudiante lleva a cabo una exposición oral sobre el desarrollo y resultados principales de su proyecto, defendiendo su trabajo ante el tribunal de profesores encargado de su evaluación. Ambas historias se realizan durante todo el proyecto, facilitando la retroalimentación del tutor y consiguiendo, en última instancia, productos de comunicación de alta calidad.

## 4. Dinámica de trabajo

ASAP reinterpreta diversas prácticas ágiles [2] en el contexto académico del TFG y las materializa en un conjunto de roles, eventos y artefactos que parte de los conceptos del mismo nombre utilizados en Scrum [11].

Asimismo, caracteriza un entorno de trabajo apropiado para el despliegue de la metodología, de acuerdo con los objetivos de aprendizaje anteriores, en el que la *confianza* entre todos los participantes en el proyecto es un factor de éxito fundamental.

#### 4.1. Roles

El TFG se plantea habitualmente como un trabajo de carácter individual, en el que el estudiante realiza su proyecto de forma autónoma bajo la supervisión de un tutor. La relación estudiante-tutor es un factor de éxito para el TFG [8], pero aparte de ellos existen otras personas que intervienen en el desarrollo del TFG y que se caracterizan mediante los siguientes roles:

*Estudiante.* Es el rol principal, dado que debe asumir un papel activo en todos los aspectos del proyecto para alcanzar los objetivos de aprendizaje esperados. Así, debe identificar y realizar las tareas necesarias para producir los resultados planteados en cada historia de aprendizaje, así como definir la planificación temporal para llevarlas a cabo. También debe comprometerse con la mejora continua del producto y de su proceso de desarrollo, aprovechando el *feedback* proporcionado por el resto de roles, y asegurar la transparencia y una comunicación efectiva en el ámbito del proyecto.

*Tutor.* Este rol es desempeñado por uno o más profesores, que asumen la tutela del estudiante, con el objetivo de favorecer el pleno desarrollo de su aprendizaje [10]. El tutor es el responsable de construir un entorno de trabajo basado en la confianza y velar por que todos los participantes en el proyecto cumplan con sus compromisos. Asimismo, determina la forma en la que se realizará el seguimiento del proyecto [9], apoyándose en una comunicación fluida y efectiva, que le permita conocer y reaccionar ante los progresos y bloqueos que se presenten. El tutor asegura la correcta realización de los eventos previstos en ASAP, participa en la definición del objetivo de cada *sprint* y retroalimenta el desarrollo del proyecto, de acuerdo a los resultados obtenidos durante su avance. Asimismo, el tutor participa de forma más activa en las primeras fases del TFG: (i) colabora con el estudiante en el planteamiento del problema y la definición de los objetivos del TFG; y (ii) procura al estudiante los recursos de aprendizaje y referencias bibliográficas necesarios para construir un punto de partida sólido, especialmente en lo relacionado con los antecedentes del proyecto [12], y con mayor profundidad en los TFG orientados a la investigación.

*Comunidad.* Algunos trabajos [1, 7] refieren las sinergias potenciales que pueden surgir durante el desarrollo del TFG en el ámbito de un grupo de investigación, pero sin atribuirle responsabilidades específicas a las personas que lo forman. ASAP define el rol de *comunidad* para dar cabida a todas aquellas personas (profeso-

res, alumnos, expertos, etc.) que pueden aportarles valor al TFG. Los miembros de la comunidad son responsables de participar en todos los eventos abiertos, con el objetivo de crear un entorno crítico y constructivo que incremente las oportunidades de mejora y le proporcione al estudiante puntos de vista complementarios, respecto al producto y a su proceso de desarrollo.

*Tribunal.* Este rol representa a los miembros de la comisión evaluadora del TFG. La actividad de este rol se circunscribe al acto de defensa y a la posterior evaluación del TFG, de acuerdo con el grado de satisfacción de los objetivos de aprendizaje, la calidad del resultado y la capacidad del estudiante para defenderlo.

#### 4.2. Eventos

Los eventos son la base para realizar el seguimiento del TFG y asegurar la interacción continua entre el estudiante y el tutor. Asimismo, los eventos facilitan el establecimiento de compromisos factibles entre las partes, lo que fomenta que el estudiante trabaje de forma regular durante todo el proyecto.

ASAP organiza el TFG en *sprints* de corta duración (inferior a 1 mes), de forma comparable a como se hace en los marcos de trabajo ágiles. Cada *sprint* describe su propio objetivo, en torno a las historias que se abordarán en él (y cuyos resultados se incorporarán al producto desarrollado hasta el *sprint* anterior), por lo que su planificación incluye las tareas necesarias para completar estas historias, además de la realización de los eventos que se describen a continuación. La división en *sprints* busca reducir la incertidumbre, planificando el trabajo a realizar (a corto plazo) en el horizonte temporal que establece la duración del *sprint* y construyendo el producto en pequeños incrementos, acordes con el objetivo del *sprint*. Esta organización también implica un calendario regular de entregas, lo que asegura una retroalimentación frecuente (al final de cada *sprint*) y facilita la replanificación del proyecto en base a su propio avance (a partir del *sprint* siguiente).

*Reunión de inicio.* Es el primer evento del *sprint* y está destinado a establecer el objetivo del *sprint* y planificar las tareas necesarias para alcanzarlo. Para ello, el tutor selecciona el conjunto de historias de aprendizaje necesarias para obtener los resultados esperados a corto plazo, en base al avance del proyecto y de acuerdo con la retroalimentación generada en el *sprint* anterior. El estudiante y el tutor pueden pactar cambios en este alcance antes de consolidar el objetivo del *sprint*. Una vez establecido el objetivo del *sprint*, el estudiante identifica las tareas necesarias para alcanzarlo, establece los resultados de cada una de ellas y le asigna una fecha de finalización, en el ámbito temporal del *sprint*.

*Reunión de sincronización.* Se realiza semanalmente para asegurar el seguimiento regular del proyecto y ha-

cer transparentes sus avances. En esta evento, el estudiante le comunica al tutor el trabajo realizado desde la última sincronización y el trabajo que pretende realizar hasta la siguiente. También informa de los bloqueos producidos en dicho lapso de tiempo y, si es necesario, se ajusta la planificación del *sprint*, sin que eso implique cambios en el objetivo del *sprint*.

*Comunicación de progresos.* Se realiza al final del *sprint* y en él los estudiantes presentan el trabajo completado hasta el momento, bajo la supervisión del mismo grupo de profesores. Así, cada alumno se desempeña como estudiante (en su TFG) y como miembro de la comunidad (en el TFG de otros compañeros). Por turnos, cada estudiante presenta su TFG (con un formato comparable al del acto de defensa), tal y como si el proyecto estuviera completo en ese momento. A continuación se abre un turno de debate en el que intervienen todos los asistentes.

*Retrospectiva.* Es el último evento del *sprint* y se realiza tras la comunicación de progresos, por lo que está abierto a la participación de todos los asistentes. Su finalidad es reflexionar sobre la calidad del proceso seguido, destacando los aspectos positivos y sugiriendo acciones de mejora aplicables a los TFGs en curso. La valoración del proceso se realiza de forma individual y anónima, pero las aportaciones recabadas se ponen en común y se discuten de forma colectiva, para consensuar las decisiones a tomar en el siguiente *sprint*.

### 4.3. Artefactos

ASAP propone dos artefactos, para materializar los avances del proyecto.

*Incremento.* Está inspirado en el concepto de mismo nombre en Scrum [11] y reúne los resultados consolidados hasta la fecha. El incremento aporta valor por sí mismo, aunque puede no satisfacer plenamente alguno de los objetivos del proyecto iniciados.

*Retroalimentación.* Este artefacto consolida el *feedback* que recibe el estudiante al finalizar cada *sprint*, e incorpora la retroalimentación obtenida en la comunicación de progresos (relativa al resultado del proyecto o al proceso de desarrollo) y la generada por el tutor, tras revisar el incremento consolidado en el *sprint*.

### 4.4. Entorno de trabajo

La dinámica de trabajo de ASAP requiere desplegar un entorno tecnológico que proporcione (i) un *espacio de trabajo compartido* entre estudiante y tutor, que facilite la compartición de recursos y el trabajo colaborativo, así como la comunicación síncrona entre ellos y el resto de miembros de la comunidad; (ii) un *tablero de proyecto* (Kanban) que organice las tareas propuestas para alcanzar el objetivo del *sprint*, de acuerdo con

el estado en el que se encuentren en cada momento; y (iii) un *cuaderno de trabajo*, que le permita al estudiante consignar las tareas realizadas y el tiempo invertido en ellas, para estimular una mejor gestión del tiempo.

## 5. Evaluación y Resultados

Esta sección describe el proceso de implantación de ASAP, partiendo del contexto normativo que rige el Grado de Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones de la Universidad de Valladolid, en el que se realiza nuestro caso de estudio. Asimismo, se expone la evolución de la metodología durante los últimos tres cursos, se presentan los resultados obtenidos en esta experiencia y se analizan las valoraciones de los estudiantes y tribunales de los TFGs realizados con ASAP.

### 5.1. Contexto normativo

El *Real Decreto 43/2015 de 2 febrero* apenas indica que la carga de trabajo del TFG no excederá el 12,5 % del total de créditos de la titulación (con un mínimo de 6 ECTS), delegando en cada Universidad la elaboración de su propio reglamento para la realización y evaluación del TFG.

La *Resolución de 11 de abril de 2013*, por la que se acuerda la publicación del reglamento sobre la elaboración y evaluación del Trabajo de Fin de Grado de la Universidad de Valladolid, describe el TFG como un trabajo de integración que evalúa si el estudiante ha adquirido los conocimientos y capacidades asociadas al título. El trabajo se evalúa mediante una prueba global, que tiene en cuenta la presentación y estructura del proyecto, la claridad y la pertinencia de sus contenidos, su carácter innovador y reflexivo, el manejo de bibliografía y la calidad de la exposición y defensa del TFG. Asimismo indica que el estudiante debe realizar el TFG bajo la supervisión de un tutor académico, que preparará con el estudiante el plan de trabajo y asumirá responsabilidades de guía, supervisión y apoyo, además de autorizar la presentación del TFG.

El reglamento de nuestro Centro ([bit.ly/42GLD7n](http://bit.ly/42GLD7n)) concreta la normativa anterior, destacando que el TFG puede iniciarse y defenderse durante todo el curso y que la calificación final será establecida por el tutor (3 puntos) y la comisión evaluadora (7 puntos), que valorará la calidad del producto (50 % de la nota), la exposición y defensa (25 %) y la memoria técnica (25 %). En ella se incluirán apartados de justificación del proyecto, plan de trabajo y alcance, y conclusiones, y, cuando corresponda, la documentación técnica necesaria para comprender el proceso de Ingeniería del Software llevado a cabo para el desarrollo del producto, cuyo código fuente, datos, etc. se entregarán también como resultados del proyecto. La carga de

trabajo del TFG en nuestro Grado es de 12 ECTS, así que la dedicación esperada del estudiante estará comprendida entre las 300 y las 360 horas.

## 5.2. Proceso de implantación

El proceso de implantación de ASAP abarca los últimos tres cursos académicos, en los que hemos ido incorporando a la metodología cada uno de sus componentes. Cabe destacar que la elección de los estudiantes participantes en el proceso de implantación de ASAP se ha basado en su rendimiento académico y en las actitudes demostradas en las asignaturas de bases de datos e inteligencia artificial incluidas en nuestro Grado.

*Curso 2019-2020.* En este curso concretamos las prácticas ágiles que sustentan el objetivo de aprendizaje *Proyecto*. En primer lugar establecimos que la duración del TFG no podía exceder un cuatrimestre, incluyendo los periodos lectivos y de evaluación (20 semanas), de forma que los proyectos sólo podían arrancar al principio de cada cuatrimestre. Asimismo, planteamos una división del proyecto en *sprints*: cuatro *sprints* regulares (16 semanas), con una carga de trabajo de 70-75 horas por *sprint*, y un *sprint* de desbordamiento (4 semanas), para abordar desviaciones en la planificación. Además se implantaron las reuniones de inicio, sincronización (con periodicidad semanal) y la retrospectiva, y se estableció el tablero de proyecto como método para la organización del trabajo y como mecanismo de transparencia del progreso. Finalmente, se caracterizaron las responsabilidades de estudiante y tutor, en relación con el citado objetivo de aprendizaje.

La propuesta se evaluó en dos TFGs, titulados “*Una propuesta basada en aprendizaje automático para la mejora de la predicción del tiempo de llegada*” y “*Selección y optimización de algoritmos para la predicción de configuraciones en aeropuertos*”, en los que se abordaron problemas relacionados con la gestión del tráfico aéreo siguiendo un enfoque de ciencia de datos. Los resultados académicos de ambos TFGs fueron sobresalientes y se constató que la carga de trabajo soportada por los estudiantes se ajustó a la establecida en la titulación (300-360 horas). No obstante, los proyectos se gestionaron de forma completamente independiente, lo que limitó la generación de posibles sinergias entre ellos, y se planificaron sin tener un marco de referencia común, dificultando el trabajo del tutor a la hora de proponer el objetivo de cada *sprint* y de ofrecer *feedback* equiparable en ambos TFGs. Por otra parte, no se consiguió establecer un seguimiento regular de los productos de *Comunicación* (memoria técnica y presentación del proyecto), provocando que su revisión se produjera únicamente al final del proyecto.

*Curso 2020-2021.* En este segundo curso abordamos los déficits relacionados con el objetivo *Comuni-*

*cación*. Para ello, se planteó una propuesta inicial de la *comunicación de progresos*, pero sin fijar el formato del evento. Con ello conseguimos visibilizar los problemas de naturaleza conceptual y de discurso, actuando sobre ellos de forma inmediata y facilitando que el estudiante adquiriese una mayor familiaridad con el tema de su proyecto y una comprensión más profunda de su contexto. Esto también nos condujo a especificar las primeras historias de aprendizaje del objetivo *Antecedentes*, facilitándole más recursos de información al estudiante y determinando algunas pautas específicas para su análisis. Asimismo, se introdujo la entrega y revisión de la memoria del proyecto en cada *sprint*, posibilitando una retroalimentación regular durante todo el desarrollo del TFG.

En este curso se realizó de 3 TFGs con ASAP: (i) “*Un estudio sobre la calidad de los datos en entornos empresariales*”; (ii) “*ANNOTATOR: una herramienta de anotación de textos asistida por aprendizaje automático*”; y (iii) “*Análisis de diferentes modelos de aprendizaje automático para estimar los tiempos de llegada de las aeronaves*”. Las cargas de trabajo se ajustaron nuevamente a las establecidas, los resultados académicos volvieron a ser destacados y se constató una mejora representativa en los productos relacionados con la comunicación oral y escrita, aunque uno de los TFGs se vio penalizado por el desempeño del estudiante en el acto de defensa debido, principalmente, a su timidez. Esto motivó el trabajo a realizar el curso siguiente, junto con la necesidad de consolidar un marco de referencia que nos permitiese desplegar ASAP de forma comparable en cualquier TFG, con independencia de su temática y objetivos.

*Curso 2021-2022.* En este curso abordamos la formalización de los cinco objetivos de aprendizaje del TFG (con sus respectivas historias y resultados), estableciendo el marco de referencia que se presenta en este artículo. En consonancia con la descripción del objetivo *Comunicación*, se generó una plantilla de memoria, que organiza todos los contenidos esperados de acuerdo con la historia de aprendizaje *memoria técnica*. Asimismo, se estableció el formato actual de la *comunicación de progresos*, como actividad destinada a ejercitar el acto de defensa del TFG y se introdujeron los roles *comunidad* y *tribunal*, para dar cabida a todas las personas implicadas en el proyecto.

Los tres TFGs desarrollados en este curso estaban estrechamente relacionados con el aprendizaje automático: (i) “*Desarrollo de un sistema de generación de series temporales para propósitos de aprendizaje automático*”; (ii) “*Predicción de trayectorias de aeronaves empleando algoritmos de deep learning*”; y (iii) “*Procesamiento automático de imágenes y vídeos con técnicas de deep learning*”. Los procesos de desarrollo de los tres proyectos fueron muy satisfactorios para

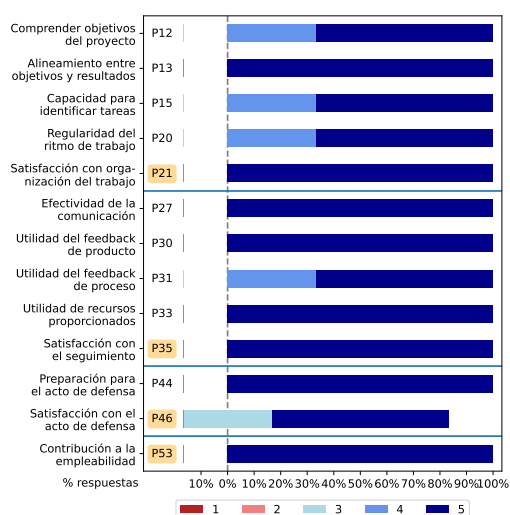


Figura 1: Resultados del curso 2021-2022 para una selección de preguntas del cuestionario de estudiantes.

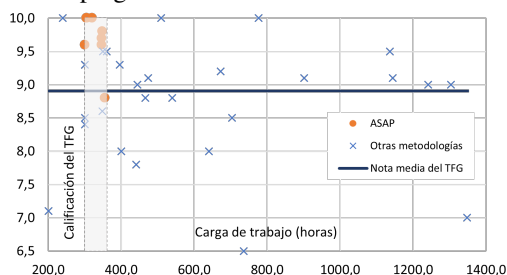


Figura 2: Calificaciones de los TFG respecto a la carga de trabajo invertida.

todos los participantes y la mayor variedad del *feedback* generado posibilitó una madurez más temprana de los productos desarrollados, que fueron construidos en tiempo y forma, al igual que en los cursos previos.

### 5.3. Resultados

Para estudiar la percepción de ASAP hemos elaborado sendos cuestionarios de evaluación anónimos destinados a estudiantes ([bit.ly/3IuNqFw](https://bit.ly/3IuNqFw)) y tribunales ([bit.ly/3I71G5P](https://bit.ly/3I71G5P)). En ambos se plantean preguntas tipo Likert (escala 1-5) sobre los objetivos *Proyecto* y *Comunicación* (en el caso de los estudiantes se añaden también preguntas de selección y texto libre), para poder conocer sus impresiones respecto a la planificación y desarrollo del TFG y los resultados de comunicación del trabajo (memoria y presentación). Por otra parte, el cuestionario de los estudiantes contiene preguntas adicionales sobre el seguimiento del proyecto, la interacción con otros compañeros y las competencias y conocimientos adquiridos en el TFG. El estudio se llevó a cabo sobre los TFG realizados en el curso 2021-2022.

La figura 1 plantea una visión resumida de los principales aspectos evaluados por los estudiantes. Cabe

destacar que excepto en P46, todas las respuestas asignan valoraciones positivas (4) o muy positivas (5) a los aspectos evaluados. Todos los estudiantes expresan una satisfacción muy alta con la organización del trabajo y el seguimiento del proyecto, aspectos determinantes para el éxito de cualquier TFG, con independencia de la metodología utilizada. También hay una respuesta unánime y máxima respecto a si el TFG ha contribuido a la mejora de su empleabilidad, destacando que les ha servido para mejorar competencias como la responsabilidad, la iniciativa, la adaptabilidad, la organización, la toma de decisiones y la resolución de problemas. El alineamiento entre objetivos y resultados, la efectividad de la comunicación con el tutor o la utilidad de los recursos que este proporciona también alcanzan la máxima valoración posible. El resto de aspectos estudiados también alcanzan valoraciones positivas dentro de una encuesta que, entendida en términos cualitativos, transmite una alta satisfacción por parte de los estudiantes que eligen realizar su TFG con ASAP.

Las respuestas de los tribunales hacen una valoración positiva o muy positiva de la planificación, la memoria y el acto de defensa del TFG. Esta impresión también es unánime al valorar el grado de satisfacción de los objetivos de aprendizaje, aspecto que se materializa en las altas calificaciones obtenidas por todos los TFGs realizados con ASAP. Por otra parte, la perspectiva del tutor está reflejada en todo el artículo, considerando que los tres primeros autores han sido los tutores de los TFGs realizados con ASAP. Simplemente añadir que el esfuerzo de tutorización se cifra en 30 horas/TFG: 20 se han invertido en las actividades de seguimiento y retroalimentación y 10 en los eventos abiertos a la comunidad.

Para finalizar, la figura 2 compara las calificaciones obtenidas por los TFGs defendidos en nuestro Grado en los últimos tres cursos, respecto a la carga de trabajo que indican en su memoria (el 30% de los TFGs no proporcionan esta información); la zona sombreada ilustra el rango de horas (300-360) que se prevee para el TFG en nuestro Grado. Como puede observarse, todos los TFGs realizados con ASAP están dentro de este rango, lo que demuestra la capacidad de la metodología para ajustar el alcance de los proyectos sin que repercuta negativamente en su calificación, que se sitúa por encima de la media de la titulación, de forma generalizada. Este resultado avala la bondad de ASAP para abordar la planificación y gestión del proyecto, competencias fundamentales para el futuro profesional de nuestros estudiantes.

## 6. Conclusiones y trabajo futuro

La realización del TFG demanda metodologías específicas que faciliten al estudiante asumir la respon-

sabilidad de liderar su proceso de aprendizaje, con la complejidad añadida de tener que hacerlo en el ámbito de un proyecto en el que se conjugan los enfoques académico y profesionalizante. Para ello, ASAP integra prácticas ágiles de éxito en el sector profesional en una metodología que establece una dinámica de trabajo (aprendizaje) que facilita el seguimiento y la retroalimentación del proyecto por parte del tutor y reduce la incertidumbre del estudiante a la hora de planificar y desarrollar las tareas necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto. Asimismo, ASAP profundiza en la comunicación (oral y escrita), en ocasiones insuficientemente trabajada durante la titulación.

La valoración de ASAP ha sido positiva desde la perspectiva de los estudiantes y de los tribunales de evaluación, mientras que para los tutores ha sido una experiencia muy satisfactoria, ya que la dinámica de trabajo de nuestros estudiantes ha puesto en valor la metodología y ha desembocado en resultados de aprendizaje sobresalientes. Por otra parte, hemos realizado una prueba piloto de ASAP en una de las titulaciones de Máster que sucede a nuestro Grado, alcanzando resultados académicos y valoraciones comparables a las expuestas en la sección anterior. El siguiente objetivo de ASAP es enriquecer la definición de los objetivos y las historias de aprendizaje para consolidar un marco unificado de evaluación para todos los TFG de un Grado. Para ello, es necesario desarrollar en mayor profundidad el rol del tribunal y poner a su disposición rúbricas que le permitan llevar a cabo su actividad de manera uniforme y alineada con los objetivos de aprendizaje planteados en este artículo.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del PID UVAGILE 5.0, subvencionado por el Vicerrectorado de Innovación Docente y Transformación Digital de la Universidad de Valladolid. El segundo autor disfruta de un contrato predoctoral de la Universidad de Valladolid, cofinanciado por el Banco de Santander.

## Referencias

- [1] Belén Díaz-Agudo, Juan A. Recio-García y Guillermo Jiménez-Díaz. «Metodología docente para Trabajos de Fin de Grado en grupos de investigación». En: *Actas de las JENUI 2* (2017), págs. 221-228.
- [2] Philipp Diebold y Marc Dahlem. «Agile Practices in Practice: A Mapping Study». En: *Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. 2014.
- [3] César Domínguez Pérez, Arturo Jaime Elizondo, Fco. J. García-Izquierdo y Juan José Olarte. «Supervision typology in computer science engineering capstone projects». En: *Journal of Engineering Education* 101.4 (2012), pág. 679.
- [4] J.G. Enríquez, L. Morales-Trujillo, M. Olivero, F.J. Domínguez-Mayo, I. Ramos y M. Mejías. «Hacia una metodología para el desarrollo guiado y sistemático de los Trabajos Fin de Grado». En: *Actas de las JENUI 3* (2018), págs. 205-211.
- [5] Juan Holgado Barroso. «El Trabajo de Fin de Grado, una oportunidad para la investigación universitaria». En: *Calidad, docencia universitaria y encuestas: "Bologna a coste cero"* (2016), págs. 235-240.
- [6] Joseph S. Krajcik y Phyllis C. Blumenfeld. *Project-based learning*. 2006.
- [7] Fernando Martínez-Plumed y José Hernández-Orallo. «Trabajos Finales de Grado y Máster orientados a investigación como caso de éxito». En: *Actas de las JENUI 7* (2022), págs. 335-342.
- [8] Juan José Olarte, Fco. J. García-Izquierdo, César Domínguez Pérez y Arturo Jaime Elizondo. «Valoración de los Estilos de Dirección de Proyectos Fin de Carrera en Ingeniería Informática». En: *Actas de JENUI* (2013), págs. 361-364.
- [9] Antonio Polo, Jorge Martínez y Luis Arévalo. «Hacia una metodología para el desarrollo de trabajos y Proyectos Fin de Carrera en Ingeniería Informática». En: *Actas de JENUI* (2007), págs. 511-518.
- [10] Jennifer Rowley y Frances Slack. «What is the future for undergraduate dissertations?» En: *Education+Training* 46.4 (2004), págs. 176-181.
- [11] Ken Schwaber y Jeff Sutherland. *The Scrum Guide*. 2020.
- [12] Jesús Serrano-Guerrero, Francisco P. Romero y José A. Olivas. «El Proyecto Fin de Carrera como medio conductor para la iniciación a la investigación». En: *Actas de JENUI* (2010), págs. 543-546.
- [13] Jorge Silvestre, Miguel A. Martínez-Prieto Aníbal Bregón, Yania Crespo y Diego García. «Alineamiento constructivo basado en prácticas ágiles: un caso de estudio en el marco de UVAGILE». En: *Actas de las JENUI 7* (2022), págs. 79-86.
- [14] Susan Warburton y María José Labrador-Piquer. «Las competencias transversales en el Trabajo Fin de Grado». En: *Revista de la Asociación Europea de Profesores de Español* 1 (2018), págs. 377-386.