

# Coordinación de asignaturas dirigida por un proyecto de desarrollo ágil con evaluación unificada

Alberto González Pérez, Carlos Granell Canut, Ramón A. Mollineda Cárdenas  
Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics  
Universitat Jaume I  
Castelló de la Plana  
{alberto.gonzalez, carlos.granell, ramon.mollineda}@uji.es

## Resumen

Este trabajo presenta una acción de coordinación entre dos asignaturas de un Grado en Ingeniería Informática, concebida para recrear un escenario realista de desarrollo ágil de un proyecto de software dirigido por pruebas de aceptación y diseño evolutivo. A diferencia de una experiencia anterior, que se limitaba a un proyecto conjunto, esta propuesta promueve una integración profunda de todas las actividades docentes y de evaluación de las asignaturas Diseño de Software y Paradigmas de Software, las cuales se imparten en un mismo período lectivo. La primera está orientada al estudio de patrones de diseño, mientras que la segunda introduce el paradigma Desarrollo Dirigido por Pruebas de Aceptación (ATDD), el cual promueve diseños que progresan en paralelo a la especificación de requisitos funcionales mediante pruebas de aceptación ejecutables. Las pruebas sirven tanto de guía en el uso de buenas prácticas de diseño, como de medida objetiva de progreso. Además, se propone un método para cuantificar el progreso en la formación del alumnado a partir de la medición de las diferencias entre versiones pre y post de un cuestionario. Los resultados reflejaron una valoración positiva del realismo del proyecto, de su capacidad motivadora y de la libertad para elegir tecnologías. Se obtuvieron incrementos notables en el uso de API de terceros, en métodos de desarrollo guiados por prueba, en la creación de pruebas de aceptación y en el uso de patrones de diseño. Finalmente, entre el alumnado que presentó el proyecto en primera convocatoria, creció el porcentaje de notas superiores a 9 puntos.

## Abstract

This work presents a coordination action between two subjects of a Degree in Computer Engineering, conceived to recreate a realistic scenario of agile development of a software project driven by acceptance tests and evolutionary design. Unlike a previous experience, which was limited to a joint

project, this proposal promotes a deep integration of all the teaching and evaluation activities of the Software Design and Software Paradigms subjects, which are taught in the same academic period. The former focuses on the study of design patterns, while the latter introduces the Acceptance Test Driven Development paradigm (ATDD), which fosters designs that progress in parallel to the specification of functional needs through executable acceptance tests. The tests provide both a guide in the use of good design practices, and an objective measure of progress. Besides, a method is proposed to quantify the progress in the training of students from the measurement of the differences between pre and post versions of a questionnaire. The results reflected a positive assessment of the realism of the project, its motivating capacity and the freedom to choose technologies. Notable increases were found in the use of third-party APIs, in test-driven development methods, in creating acceptance tests, and in the use of design patterns. Finally, among the students who presented the project in the first call, the percentage of grades higher than 9 points increased.

## Palabras clave

Coordinación de asignaturas, aprendizaje basado en proyectos, evaluación compartida, diseño y desarrollo ágil, desarrollo dirigido por pruebas de aceptación.

## 1. Introducción

Un plan de estudio convencional consta de asignaturas que cubren vistas parciales y sesgadas de una misma disciplina, en las que conocimientos y competencias suelen tratarse de forma desconectada. El resultado tiende a ser un mosaico de ámbitos inconexos, realidad que ha sido acreditada en diversos estudios [8,9]. La mayoría de los grados, en una suerte de realismo mágico, asumen que esta incoherencia sistémica puede resolverse a través de una práctica en empresa o de un trabajo de fin de grado, ejercicios concebidos como acciones vertebradoras en las que se

pretende que el alumnado sea capaz de transformar, por sí mismo, un mosaico en un sistema armónico.

La coordinación entre asignaturas, en particular, el desarrollo de proyectos compartidos, se ha convertido en una estrategia paliativa muy efectiva. Este trabajo presenta una iniciativa de coordinación profunda entre las asignaturas Diseño de Software (DS) y Paradigmas de Software (PS) del itinerario de Ingeniería de Software del Grado en Ingeniería Informática de la Universitat Jaume I, las cuales se imparten en el primer cuatrimestre del cuarto curso. La primera tiene por objeto de estudio los patrones de diseño, mientras que la segunda introduce el paradigma Desarrollo Dirigido por Pruebas de Aceptación (ATDD, de Acceptance Test Driven Development) [7]. La propuesta está motivada por el rol del diseño en la metodología ATDD, la cual promueve soluciones que progresan en paralelo a las necesidades funcionales especificadas mediante pruebas de aceptación ejecutables.

El potencial formativo de combinar ATDD y diseño evolutivo es excepcional. ATDD plantea el desarrollo temprano de pruebas de aceptación como producto del análisis de las necesidades de usuarios, antes incluso de diseñar el código que se quiere validar. Este es el punto de partida de una dinámica de "diseño bajo demanda" que da respuesta a las necesidades de los usuarios representadas formalmente como pruebas de aceptación. Esta filosofía de desarrollo ágil fomenta, por un lado, una comprensión profunda del producto que se quiere construir, y por otro, una arquitectura de software desacoplada.

Este trabajo es el resultado de la consolidación de una experiencia de coordinación presentada en las JENUI 2021 [5]. Aquel primer esfuerzo se limitó a un proyecto común de desarrollo de software, pues la evaluación de ambas asignaturas se mantuvo en dos itinerarios independientes de hitos y entregas, y no existió coordinación entre el resto de las actividades docentes. En esta segunda edición, las actividades de ambas asignaturas se organizaron en un calendario común, tal que cada una contribuyese oportunamente al desarrollo del proyecto, se definió un único sistema de evaluación, y se atendieron deficiencias detectadas en el curso anterior, entre ellas, la distribución de los hitos del proyecto durante el semestre. Esta nueva experiencia también incluye un método para medir el progreso en la formación a partir de las diferencias entre versiones pre y post de un cuestionario.

El resto del manuscrito se organiza como sigue: la sección 2 hace referencia a trabajos relacionados, la sección 3 presenta el contexto que motivó la acción de coordinación, la sección 4 describe la experiencia docente, la cual es evaluada en la sección 5 a través de sendos cuestionarios respondidos por los estudiantes en los que valoran la formación adquirida y su experiencia en el desarrollo del proyecto conjunto.

Finalmente, la sección 6 ofrece un resumen y conclusiones del trabajo.

## 2. Trabajos relacionados

El desarrollo de un proyecto común se ha convertido en un método habitual de coordinación de asignaturas. Por ejemplo, en [9] se describe una experiencia de coordinación de siete asignaturas del cuarto curso de un Grado en Ingeniería Multimedia mediante el desarrollo de un proyecto común. Las asignaturas se distribuyen a lo largo de todo el curso, por lo que el proyecto evoluciona según la formación que aporta cada una. La evaluación, sin embargo, resulta inevitablemente compleja, al incluir la nota de cada asignatura una parte común y una parte específica. Además, por el alcance de la acción, suspender el proyecto no implica suspender las siete asignaturas. No hay referencias a una coordinación fina entre otras actividades docentes. En el caso de grados con asignaturas cuatrimestrales estancas, que deben asignar notas sobre objetivos formativos parciales, una iniciativa de coordinación de siete asignaturas a lo largo de un curso supone un reto mayúsculo en el que la rigidez del sistema podría limitar notablemente las sinergias de la coordinación.

Otra experiencia interesante de proyecto común a varias asignaturas es presentada en [8], trabajo en el que se describe la coordinación de tres asignaturas de la intensificación en Ingeniería del Software de un Grado en Ingeniería Informática. Como explican sus autores, se trató de una integración parcial que sólo incluyó actividades prácticas para el desarrollo del proyecto común, manteniendo gestión y sistemas de evaluación independientes. En [3] se realizó una aproximación más novedosa a la coordinación a través de un proyecto común: estudiantes de tres asignaturas de segundo, tercer y cuarto cursos de un Grado de Ingeniería Informática desempeñaron los roles de desarrollador, diseñador y director de un mismo proyecto. Dada la naturaleza de la coordinación, la evaluación se realizó en cada asignatura por separado. Una experiencia más cercana a la que se presenta en este trabajo fue documentada en [4]. Tres asignaturas de la intensificación en Ingeniería de Software de un Grado en Ingeniería Informática se coordinan a través de un proyecto común considerando la coincidencia temporal y de alumnado matriculado. Se planteó un caso realista aprovechando la sinergia entre las asignaturas. Sin embargo, aunque se armonizaron las guías docentes, cada asignatura evaluó por separado una perspectiva distinta del proyecto. Otras propuestas similares pueden encontrarse en [1,2].

Los trabajos revisados coinciden en los beneficios de un proyecto transversal a varias asignaturas, el cual permite al alumnado adquirir conciencia del carácter multidisciplinar de una formación libre de fronteras

artificiales, experimentar escenarios de aplicación más realistas y motivadores, evitar actividades redundantes en proyectos desarrollados en paralelo, y dedicar más tiempo a resolver retos tecnológicos y a entrenar competencias esenciales.

Un aspecto particularmente relevante en una acción de coordinación es la evaluación. Del análisis anterior sobre experiencias de proyectos compartidos puede concluirse que, tras integrar objetivos, metodologías y herramientas, es poco frecuente la convergencia de los sistemas de evaluación en un único itinerario con hitos, entregas, criterios y nota compartida. Cuando las asignaturas no coinciden en un mismo período lectivo, las trabas administrativas convierten cualquier intento de una evaluación unificada en un ejercicio quimérico. Sin embargo, cuando se coordinan asignaturas que cubren fases de un mismo proceso, y que comparten período lectivo y alumnado, entendemos que un itinerario único de evaluación contribuye de forma notable a reforzar el espíritu integrador de la acción.

A diferencia de los trabajos relacionados revisados, el presente esfuerzo de coordinación comporta una alineación estrecha de todas las actividades de teoría y seminario con las necesidades del proyecto, y un sistema de evaluación unificado que incluye un itinerario único de objetivos, entregas y fechas.

### 3. Contexto

La propuesta docente que aquí se presenta tiene lugar en el seno de dos asignaturas impartidas en el cuarto curso del Grado en Ingeniería Informática de la Universitat Jaume I (UJI), las cuales coinciden en un mismo cuatrimestre. Este trabajo describe la segunda edición de una acción de coordinación centrada en un proyecto conjunto [5], en la cual se detectaron ciertas limitaciones que se detallan a continuación.

La primera edición surge a raíz de un problema identificado en la carga de trabajo del alumnado matriculado en ambas asignaturas, las cuales seguían una planificación docente muy similar en la que las últimas clases se dedicaban al desarrollo de un proyecto de software. La asignatura DS planteaba el desarrollo de un proyecto compuesto por varias aplicaciones, en las que se debían identificar oportunidades para integrar e implementar patrones de diseño, así como aplicar buenos principios de diseño de interfaces de usuario. Por otro lado, el proyecto de la asignatura PS –con un tamaño y complejidad similares– pedía al alumnado implementar un proyecto siguiendo la metodología ATDD, así como hacer uso de mocks (dobles de prueba) para reemplazar las dependencias externas (p. ej., servicios externos o BBDD), y configurar su comportamiento con el fin de simular diferentes escenarios mediante pruebas de integración (p. ej., pérdida de conexión o límites de uso alcanzados). Cabe destacar que el desarrollo guiado

por pruebas (ATDD) tenía el efecto secundario de forzar la implementación gradual de un diseño flexible en el software. Por ello y más, algunas competencias de ambas asignaturas se terminaban solapando. En [5] se describe más detalladamente el método ATDD, así como las competencias ágiles involucradas en las que se entrenan los alumnos de forma intensiva.

Ante esta tesitura –tener que abordar dos proyectos grandes, de características similares, en el mismo cuatrimestre– el alumnado terminaba priorizando uno de ellos sobre el otro. A esto hay que sumar el hecho de que al tratarse de proyectos similares, algunas actividades transversales –que no son competencia directa de ninguna de las dos asignaturas– debían hacerse por duplicado, como la extracción de historias de usuario a partir de los requisitos proporcionados. Por último, la falta de comunicación entre el profesorado impedía explotar en profundidad las sinergias naturales en los temarios, más allá de su manifestación espontánea como efecto secundario (p. ej., la implementación de un buen diseño gracias a la existencia de pruebas tempranas). En general, los proyectos de PS se entregaban con una lógica muy probada pero escasos en funcionalidad, mientras que los proyectos de DS presentaban una funcionalidad muy completa, pero estaban poco probados.

La primera edición de esta propuesta [5] abordó los problemas más acuciantes, a través de un proyecto común definido desde la perspectiva conjunta de ambas asignaturas. Encuestas realizadas a posteriori reflejaron que el alumnado agradeció enormemente poder centrar sus esfuerzos en un único proyecto, al mismo tiempo que experimentaron sinergias entre ambas asignaturas. Como resultado, se entregaron proyectos con muy alta calidad funcional y estructural. No obstante, hubo aspectos mejorables:

- **Inicio tardío.** La planificación de ambas asignaturas priorizaba las clases teóricas y los seminarios frente a las clases de laboratorio dedicadas al proyecto, que se concentraban al final del cuatrimestre. Esto propiciaba un ambiente de agobio y urgencia en el alumnado, al no disponer del enunciado del proyecto ni de clases dedicadas exclusivamente al proyecto con suficiente antelación. En el caso de la asignatura DS, las clases de laboratorio comenzaban antes, pero las primeras sesiones se dedicaban a resolver ejercicios independientes del proyecto.
- **Desconexión entre teoría y práctica.** En ambas asignaturas, los ejemplos presentados en las clases de teoría y los seminarios no guardaban relación directa con lo que posteriormente el alumnado tenía que realizar en el proyecto. Junto con un inicio tardío, hacía que el alumnado tuviera que refrescar conocimientos relacionados en cada clase de prácticas, al no haber visto una aplicación directa.

- Actividades secundarias con alto impacto. Aún con la reducción de actividades redundantes, propiciada por la realización de un único proyecto, todavía quedaban muchas actividades que no tenían una relación directa con las competencias de ninguna de las dos asignaturas (p. ej. la escritura de historias de usuario de los requisitos comunes del proyecto), pero que consumían gran parte del tiempo. Su impacto llegaba a ser de aproximadamente la tercera parte de la dedicación del alumnado al proyecto.
- Sistemas de evaluación separados. Aunque en la primera edición ya se llevó a cabo una defensa de los proyectos ante un jurado compuesto por el profesorado de ambas asignaturas, la calificación final se llevó a cabo de manera independiente, siguiendo criterios propios de cada asignatura. Es decir, un mismo proyecto podía tener notas distintas en ambas asignaturas. Además, el peso que otorgaba el proyecto con respecto a la nota final era muy dispar de una asignatura a otra.

Esta nueva edición de la propuesta de coordinación docente ha unificado el sistema de evaluación del proyecto, y ha establecido una mejor alineación entre las actividades docentes de ambas asignaturas. Esta segunda experiencia ha contado con 28 alumnos matriculados en ambas asignaturas, más otros dos que sólo matricularon en DS. La explicación sobre criterios de evaluación aplicados en ambos casos se aborda en la siguiente sección.

#### 4. Metodología de la coordinación docente y evaluación

Sin llegar al ambicioso planteamiento personal de David López sobre lo que debería ser un futuro plan de estudios para un Grado de Ingeniería Informática [6], nuestros objetivos de coordinación docente de las dos asignaturas aglutinan muchas de sus reflexiones a una escala mucho menor, como si fuera un experimento *sandbox*, pero que nos permiten extraer conclusiones interesantes para su aplicación a una escala de curso entero o incluso del grado completo.

Para López, la estructura nuclear que da forma a su visión de estudios de grado se asienta indiscutiblemente en la idea de proyectos anuales de diversa índole que integran competencias diversas pero complementarias, rompiendo de lleno con la estructura prefijada de asignaturas estancas, tanto en su planificación docente como en su evaluación. Su visión enfatiza el trabajo en equipos colaborativos, el cual resulta de vital importancia para la adquisición de competencias transversales tan demandadas o más que las competencias técnicas por el mundo empresarial, para el desarrollo de proyectos que recrean situaciones o problemáticas reales. Durante la ejecución de los

proyectos anuales, prosigue López, se intercalan seminarios específicos de corta duración donde los estudiantes adquieren los fundamentos teóricos, técnicos y conocimientos necesarios para afrontar progresivamente los retos planteados en los proyectos. Es decir, al inicio de los proyectos, reinaría la incertidumbre, ya que los estudiantes perciben que no están lo suficientemente preparados para llevar a cabo con éxito los proyectos planteados; tal cual sucede en los proyectos reales, argumenta López, lo que supone una excelente preparación formativa para lo que nuestros egresados se van a encontrar en el mundo laboral. Sin embargo, la incertidumbre inicial del alumnado se mitiga con dos acciones fundamentales. Primero, la inclusión de seminarios, como se ha comentado antes, para proporcionar la base teórica necesaria durante la ejecución del proyecto. No se trata de contenido teórico dictado íntegramente antes de empezar los proyectos, sino de un proceso diseñado estratégicamente para aportar la formación que necesitan los estudiantes en cada fase del proyecto. Como segunda acción, cada proyecto debería estar tutorizado por varios profesores, para cubrir la diversidad de competencias formativas involucradas.

El gran avance de esta propuesta con respecto a la experiencia previa de coordinación [5] es el rol dominante del proyecto común a las dos asignaturas. No se trata de una actividad compartida más, sino que forma la estructura troncal sobre la que se diseñan y planifican las demás actividades de ambas asignaturas. Al igual que los proyectos anuales en el modelo ideal para los estudios de grado [6], el proyecto de prácticas planteado es el hilo conductor de la coordinación. Se anuncia al principio del cuatrimestre, se diseñan seminarios específicos para proporcionar los contenidos teórico-prácticos pertinentes a medida que los grupos de estudiantes avanzan en la consecución de los hitos del proyecto, las sesiones de laboratorio de ambas asignaturas se dedican al proyecto común, cada equipo está tutorizado de principio a fin por dos profesores, uno por asignatura, para cubrir las diversas competencias por igual y, finalmente, cada grupo expone oralmente los resultados a todo el profesorado, obteniendo una única calificación del proyecto.

En consecuencia, el objetivo de coordinación que perseguimos es ambicioso e integrador, mucho más cercano a la visión de López, yendo más allá de los trabajos de coordinación de asignaturas revisados en la sección “Trabajos relacionados”. Nos referimos a la evaluación unificada de las prácticas y del proyecto a través de un itinerario, un conjunto de hitos y un baremo únicos, y a la definición de un calendario común que alinea las actividades de teoría y seminarios de ambas asignaturas con las necesidades del proyecto compartido. La evaluación unificada permite al alumnado gestionar mejor su tiempo, y ofrece una visión más integrada y realista del

desarrollo de software. Además, el calendario común garantiza una mayor coherencia entre la adquisición y la aplicación de contenidos y competencias. A continuación, se desgranar los aspectos claves de la coordinación docente y de la evaluación.

#### 4.1. Coordinación docente

En la fase de definición del proyecto común participa todo el profesorado de ambas asignaturas, ya sea de prácticas o de teoría. Se trata de especificar las competencias básicas y avanzadas que todo proyecto debe cumplir, así como los criterios de evaluación y los hitos temporales de las entregas intermedias. Desde el punto de vista del contenido, se propone un proyecto realista que se nutre de datos reales, ya sea de fuentes de datos externas, portales de datos abiertos o servicios públicos consultables vía API, con el objetivo de evitar proyectos simulados con datos sintéticos que minan la motivación de los estudiantes. Así, el alumnado lidia con el alto grado de inconsistencia y complejidad que conllevan los datos reales, que da lugar a una multitud de decisiones de diseño que se deberán adoptar a medida que se confronta con el modelado y procesamiento de datos reales; como resultado, se fomenta el diseño evolutivo en el desarrollo del proyecto.

Una vez trazado el proyecto, se constituyen, definen y planifican temporalmente los seminarios específicos para el apoyo del proyecto: (a) un seminario común a ambas asignaturas que refleja competencias comunes; (b) una serie de seminarios específicos a lo largo del cuatrimestre que abordan las competencias propias de cada asignatura, pero alineados con los objetivos del proyecto común; y (c) un seminario final orientado a trabajar la comunicación oral del alumnado en aras de la defensa del proyecto.

Las sesiones de prácticas de ambas asignaturas se planifican como espacio común para el desarrollo del proyecto por grupos. Semanalmente, los grupos de estudiantes asisten a dos sesiones de prácticas, una por asignatura, con profesorado distinto por sesión, pero con libertad para trabajar cualquier parte del proyecto en cada una de las sesiones. Cabe destacar que el perfil docente del profesorado de cada asignatura difiere pero, en conjunto, ofrece la complementariedad necesaria para cubrir las necesidades del proyecto común. Por un lado, análisis de escenarios de uso/prueba, aspectos metodológicos y de diseño de pruebas, y tecnologías para la automatización de pruebas. Por el otro, patrones de arquitectura, principios y patrones de diseño. De este modo, las sesiones de prácticas no se conciben como una forma de ahondar en problemas o tareas específicas de cada asignatura, sino como seguimiento y tutorización continua del proyecto por parte del profesorado. Esta labor, sin lugar a dudas, implica una coordinación del profesorado responsable de las sesiones de práctica

intensa y continua para evitar incoherencias en la atención a cuestiones formuladas por el alumnado. Obviamente, este tipo de coordinación no está exenta de riesgo, porque alcanzar un consenso pleno entre el profesorado en todos los aspectos formativos del proyecto es francamente improbable. Sin embargo, otra vez, estas pequeñas incoherencias o fricciones ofrecen oportunidades para el aprendizaje por parte de todos, tanto del alumnado como del profesorado, ya que recrea fielmente un ambiente de trabajo real donde confluyen diversas opiniones y puntos de vista sobre un mismo tema que, aunque no siempre coinciden, contribuyen a enriquecer la experiencia.

#### 4.2. Sistema de evaluación

El mayor avance en la acción de coordinación en el curso 2021/2022 se centra en el sistema de evaluación del proyecto común. De ser totalmente independiente en la edición pasada, el sistema de evaluación se ha unificado en términos de un único baremo a partir de criterios multidisciplinares, un único itinerario de hitos y entregas, y una sesión conjunta de presentación de los proyectos para todos los profesores de ambas asignaturas. Aunque el proyecto común contiene competencias de ambas asignaturas, la evaluación unificada prima la coherencia del proyecto final frente a las competencias individuales, siempre que el alumno alcance un mínimo requerido para las competencias involucradas. Es decir, priorizamos la armonía de competencias de ambas asignaturas para la consecución de los objetivos comunes.

De cara al alumnado, los beneficios son múltiples: (a) un único itinerario tiene efectos positivos en la planificación del tiempo; (b) objetivos únicos favorecen la concentración, evitando la dispersión y la sensación de agobio; (c) mayor simplicidad y transparencia, al disponer de una única “vara de medir” que evita redundancias e integra criterios de evaluación de las competencias formativas de ambas asignaturas, y de competencias transversales como la comunicación oral y escrita y la capacidad de síntesis; y (d) refuerzo de la confianza y compromiso con el proyecto, al percibir un alto grado de coordinación y coherencia.

Como resultado, el alumnado recibe una única nota global del proyecto, aplicable a ambas asignaturas. Este simple hecho implica dos avances notables. Por un lado, la comunicación y deliberación entre el profesorado para consensuar la nota final por proyecto es mucho más rica, holística, equilibrada e incluso justa; lo que no ven dos ojos, lo ven seis. Por otro lado, desaparecen problemas derivados de tener dos notas separadas, entre ellos, ambigüedad, sesgos, y malentendidos por parte del alumnado.

Todo lo anterior cobra mayor importancia si se comparte enteramente el alumnado entre ambas asignaturas. Durante el periodo de matrícula, se

promueve la formación de un grupo homogéneo para ambas asignaturas. Como este escenario ideal no siempre es posible, aquellos alumnos matriculados de una única asignatura son evaluados únicamente de las competencias de una asignatura, sin que se pueda guardar la calificación para un curso posterior.

## 5. Resultados

La evaluación de la acción de coordinación consta de tres áreas de análisis. La primera consiste en una propuesta de medición del incremento de aprendizaje a partir de las diferencias entre la versión pre y post de una encuesta de logros del proyecto. La segunda resume resultados de una encuesta de valoración de la experiencia del alumnado que entregó el proyecto en primera convocatoria. La tercera compara las distribuciones de notas de los proyectos presentados en primera convocatoria de los cursos 2019-2020 (sin integración docente), 2020-2021 (integración parcial) y 2021-2022 (integración profunda).

### 5.1. Medición del incremento en la formación del alumnado

La Figura 1 muestra los incrementos de aprendizaje medidos a partir de las diferencias entre las respuestas del alumnado a una misma encuesta presentada antes y después de realizar el proyecto de prácticas. En ella se preguntaba por el grado de conocimiento percibido de diferentes técnicas o herramientas que podrían llegar a emplear en el proyecto. Los incrementos porcentuales se calcularon como las diferencias entre la segunda y la primera encuesta, normalizadas por el valor máximo de las preguntas.

Estas diferencias muestran incrementos muy notables de hasta el 40% en el uso de API de terceros, diseños guiados por pruebas (TDD/ATDD), uso de formatos de intercambio (JSON/XML), definición de pruebas de aceptación, empleo de servicios *serverless* (Firebase/AWS Amplify) e implementación de patrones de diseño. Estos resultados sugieren la adquisición de competencias básicas de ambas asignaturas (patrones de diseño y pruebas) y, como efecto colateral, el aprendizaje de tecnologías tanto emergentes (*servicios serverless*) como ya asentadas (API, formatos de intercambio). Destacan también incrementos significativos, de entre un 10% y 15%, en el desarrollo móvil nativo (Android/iOS), definición de historias de usuario, desarrollo web moderno (React/Angular/Vue), desarrollo de servicios web (REST/gRPC), manejo del control de versiones (Git/Mercurial) y la aplicación de los principios SOLID. Por último, quedan relegadas a un segundo término (incremento menores del 10%) el empleo de metodologías Scrum/Kanban, desarrollo móvil híbrido (React Native/Ionic/Flutter) y el despliegue de servicios en la nube (GCP/AWS/Azure).

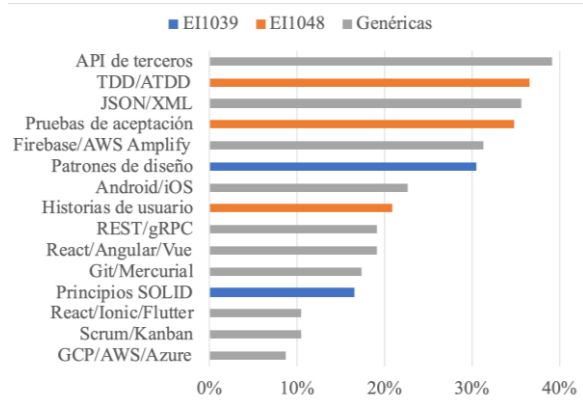


Figura 1: Incrementos de formación reportados por el alumnado en diferentes técnicas / herramientas empleadas durante el desarrollo del proyecto.

El notable incremento de aprendizaje en ciertas tecnologías (*servicios serverless*, desarrollo móvil nativo y desarrollo web moderno) en relación a otras involucradas (despliegue en la nube y desarrollo móvil híbrido) se explica porque las primeras tuvieron una mayor presencia en los proyectos presentados. Es destacable el bajo incremento en la aplicación de metodologías ágiles (Scrum / Kanban), que podrá achacarse a su desconocimiento (se tratan en otra asignatura del siguiente cuatrimestre).

### 5.2. Evaluación de la experiencia

Junto a la presentación de los proyectos en primera convocatoria, el alumnado respondió a una encuesta de valoración de la experiencia idéntica a la de la primera edición de esta acción [5], lo cual permite una comparación directa con los resultados de 2020-2021. Esta encuesta consta de tres secciones dedicadas a valorar el perfil formativo global del proyecto conjunto, la experiencia en el ámbito del diseño y la experiencia en la aplicación del método ATDD. La encuesta persigue promover una reflexión sobre los objetivos de aprendizaje e identificar áreas de mejora.

La Figura 2 ilustra los resultados de la encuesta. Las barras muestran las puntuaciones medias por ítems individuales según secciones: perfil formativo del proyecto en verde, experiencias en diseño en azul y experiencias en ATDD en naranja. Además, se ha añadido en gris la serie de puntuaciones medias obtenida en el curso 2020-2021. La información detallada de los 23 ítems y su distribución por secciones puede consultarse en [5]; debido a su extensión, se optó por no reproducirlas aquí.

También se calcularon puntuaciones medias por sección, las cuales resultaron ligeramente inferiores a las obtenidas en la experiencia anterior: la valoración del perfil formativo del proyecto bajó de 4,70 a 4,66; la valoración de las experiencias en diseño, de 4,18 a 3,87; mientras que la valoración de experiencias en

ATDD, de 4,20 a 4,04. Una primera interpretación sugiere que los estudiantes perciben valor en la coordinación. Además, al tratarse de la segunda edición, se confirma un patrón de buena valoración en las tres áreas que, sin duda, debería examinarse cuidadosamente con el fin de descubrir deficiencias.

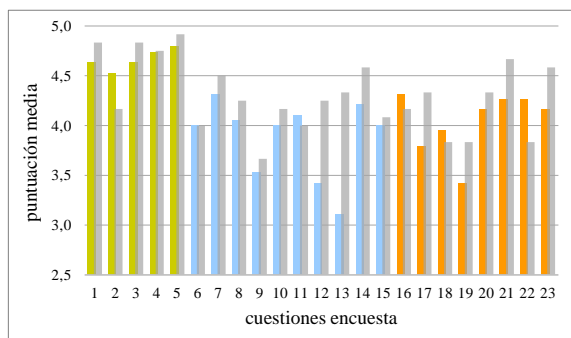


Figura 2: Puntuación media por cuestiones. Los colores representan las tres secciones. En gris, la serie de medias del curso 2020-2021.

Al margen de los valores medios, se observó que los resultados por ítem son ligeramente inferiores a los de la primera edición. Existen factores que podrían explicar estas diferencias. Primero, aunque mantiene una complejidad similar a la del curso anterior, se trata de un proyecto diferente. Segundo, el número de alumnos del curso actual que entregaron el proyecto en primera convocatoria (19) es mucho mayor que el del curso anterior (12), lo cual acarrea mayor diversidad. En particular, se ha observado una relación directa entre el compromiso de los alumnos y las puntuaciones por ítems, contrastada mediante correlaciones entre las puntuaciones de cada ítem y la nota del proyecto, y entre la puntuación media por alumno (sobre todos los ítems) y la nota del proyecto. A diferencia del curso anterior, donde no se encontraron correlaciones significativas, en el análisis del curso actual se han identificado 4 escenarios relevantes considerando un nivel de significación de 0,05. En particular, los ítems 12 (extender clases) y 13 (diseñar clases dependientes de abstracciones), con menores valores medios, mostraron correlaciones con las notas de 0,69 (valor  $p = 10^{-3}$ ) y 0,78 (valor  $p = 8 \times 10^{-5}$ ). También se verificó una correlación significativa (0,52, valor  $p = 2 \times 10^{-2}$ ) entre las puntuaciones medias por alumno y las notas de los proyectos, la cual sugiere una relación causa-efecto entre el esfuerzo invertido y la calidad del proyecto final.

Merece la pena destacar la elevada puntuación de los ítems de la primera sección, que parecen indicar un alto nivel de aceptación de la propuesta de un único proyecto, y de valoración de su realismo, capacidad motivadora y de las oportunidades de integración de tecnologías. Sin embargo, futuras ediciones de esta acción de coordinación deberán dedicar mayores

esfuerzos a la creación de oportunidades que permitan experimentar buenas prácticas en la creación de diseños desacoplados, como las recogidas en los ítems comprendidos entre el 6 y el 15 (técnicas de diseño). Finalmente, la nota media de la tercera sección de la encuesta muestra la buena acogida del método ATDD y la percepción de sus beneficios potenciales, aunque deberán atenderse las puntuaciones bajas de los ítems 17 y 19 (valor implementar pruebas antes del código), quizás con acciones formativas en clases de teoría.

La encuesta también incluía un apartado para que el alumnado incluyera libremente sus experiencias. Entre los comentarios positivos hubo coincidencia en el realismo de la propuesta técnica, en la coherencia del planteamiento metodológico, en la libertad para tomar decisiones sobre el diseño, herramientas y tecnologías, y en una alta motivación que se tradujo en muchas horas de dedicación y una sensación de aprendizaje y disfrute notable. A diferencia de la primera edición, prácticamente no hubo comentarios en relación a la distribución temporal del proyecto.

### 5.3. Distribuciones de notas de proyecto

Se han estudiado las distribuciones de notas de los proyectos de primera convocatoria en los tres cursos académicos. Aunque se comparan notas generadas por distintos sistemas de evaluación, grupos de alumnos y proyectos diferentes, creemos que las tendencias observadas reflejan los beneficios de la coordinación.

La Figura 3 muestra patrones comunes en ambas asignaturas: el “centro de masa” de las distribuciones se ha desplazado hacia la derecha (notas más altas) con cada curso. De los 28 estudiantes que cursaron ambas asignaturas en el curso 2021/2022, 19 presentaron el proyecto en la primera convocatoria, seis lo suspendieron por no cumplir criterios mínimos, y tres abandonaron. Varios equipos, con altísima motivación, desarrollaron productos de calidad casi profesional, mientras otros equipos estuvieron mucho menos comprometidos con el esfuerzo y el reto que suponía el proyecto común.

## 6. Conclusiones

La acción de coordinación presentada entre dos asignaturas comprende la evaluación unificada de un proyecto conjunto, coordinación de calendarios y resuelve deficiencias detectadas previamente. La experiencia se evalúa mediante dos cuestionarios, cuyos resultados reflejan que los estudiantes valoran muy positivamente el realismo del proyecto, su capacidad motivadora, la libertad de elección de tecnologías y herramientas. En futuras ediciones, se intentará diseñar estrategias que guíen al alumnado durante el desarrollo del proyecto a una aplicación intensiva de buenas prácticas de diseño.



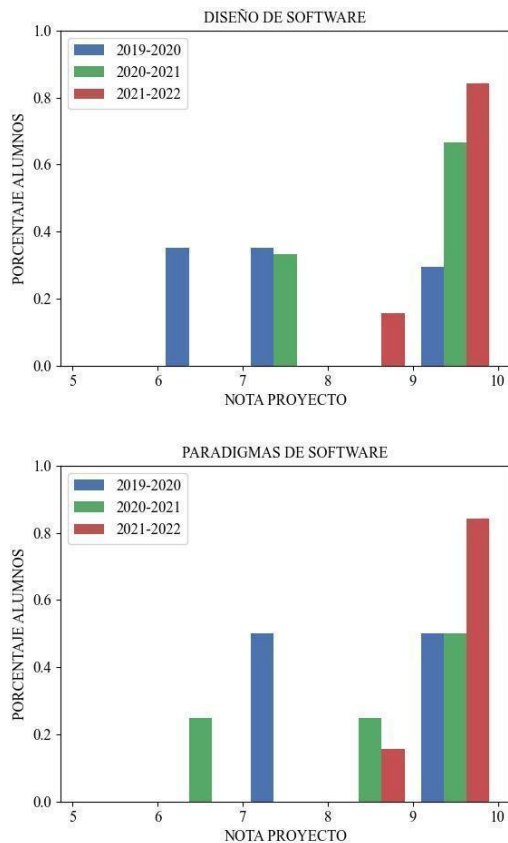


Figura 3: Distribución de notas de proyecto en ambas asignaturas de los tres últimos cursos.

## Referencias

- [1] Óscar Belmonte, Mercedes Segarra, Reyes Grangel, Sergio Aguado. Desde la Iniciativa Empresarial hacia el éxito pasando por Metodologías Ágiles e Ingeniería del Software. *En Actas de las XXII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2016*, pp. 169-176, Almería, julio 2016.
- [2] Óscar Cánovas, Gabriel López, Gregorio Martínez. Lego: un marco para el aprendizaje en el itinerario de Tecnologías de la Información. *Actas de las XXIII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, Jenui 2017*, pp. 299-306, Cáceres, julio 2017.
- [3] María Ferré, Carlos García-Barroso, Montse García-Famoso, David Sánchez y Aida Valls. Mejora de la formación en el diseño y desarrollo de software a partir de la coordinación de distintas asignaturas. *En Actas de las XXV Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2019*, pp. 23-30, Murcia, julio 2019.
- [4] Félix O. García, David G. Rosado, M. Ángeles Moraga, Manuel A. Serrano. Formación integral en la intensificación de Ingeniería del Software en el grado en Ingeniería Informática. *En Actas de las XXIV Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2018*, pp. 197-204, Barcelona, julio 2018.
- [5] Alberto González Pérez, Ramón A. Mollineda Cárdenas, David Llorens Piñana. Aprendizaje basado en metodologías ágiles centradas en diseño evolutivo dirigido por pruebas de aceptación. *En Actas de las XXVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2021*, pp. 99-106, Valencia, julio 2021.
- [6] David López. El futuro de los planes de estudios en Ingeniería Informática. Una visión (muy) personal. *En Actas de las XXVII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2021*, pp. 1-20, Valencia, julio 2021.
- [7] Ken Pugh. *Lean-Agile Acceptance Test-Driven Development: Better Software Through Collaboration*. Addison-Wesley, 2011.
- [8] Pablo Sánchez, Carlos Blanco, Alejandro Pérez, Julio Medina, Patricia López, Alfonso de la Vega, Diego García y Miguel Sierra. Experiencia y Lecciones Aprendidas durante el Desarrollo de un Proyecto Software Común a Diversas Asignaturas. *En Actas de las XXIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2017*, pp. 127-134, Cáceres, julio 2017.
- [9] Carlos J. Villagrà Arnedo, Francisco J. Gallego Durán, Rafael Molina Carmona, Faraón Llorens Largo. ABPgame+: siete asignaturas, un proyecto. *En Actas de las XX Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática, Jenui 2014*, pp. 285-292, Oviedo, julio 2014.