

Alineamiento constructivo basado en prácticas ágiles: un caso de estudio en el marco de UVAGILE

Jorge Silvestre, Miguel A. Martínez-Prieto, Anibal Bregon, Yania Crespo, Diego García

Depto. de Informática, Universidad de Valladolid

{jsilvestre, migumar2, anibal, yania, dieggar}@infor.uva.es

Resumen

En este artículo presentamos *eXtreme Learning* (χLe), una propuesta que integra el alineamiento constructivo en UVAGILE. χLe (chili) propone una dinámica inspirada en el ciclo de TDD para alinear las actividades de aprendizaje y de evaluación (pruebas) en torno a la jerarquía de objetivos de UVAGILE, favoreciendo que los alumnos aprueben haciendo lo mismo que hacen para aprender. La implantación de χLe , en la asignatura Sistema de Bases de Datos ha consolidado unos resultados académicos muy positivos, con calificaciones promedio en el rango de Notable. Por contra, el esfuerzo del profesor para retroalimentar el aprendizaje aparece como un desafío para χLe .

Abstract

This paper presents *eXtreme Learning* (χLe), a methodology to integrate constructive alignment in UVAGILE. χLe (chili) proposes a TDD cycle-inspired dynamic to align learning and assessment activities (tests) with the UVAGILE hierarchy of objectives, enabling students to pass by doing what they do to learn. Deploying χLe , in “Database Systems”, has consolidated very positive academic results, with average grades in the range of “B”. In contrast, the teacher effort to provide feedback appears to be a major challenge for χLe .

Palabras clave

Enseñanza ágil, alineamiento constructivo, evaluación formativa, UVAGILE, TDD, XP.

1. Introducción

El diseño de procesos de aprendizaje centrados en el estudiante requiere focalizar en el sistema de evaluación [10], ya que es el aspecto que más influye en qué, cómo y cuánto estudian los alumnos [6]. Sin embargo, para que la evaluación incentive el aprendizaje debe alinearse con los objetivos planteados, para que así el estudiante pueda desarrollar las actividades cognitivas apropiadas para alcanzarlos.

El *alineamiento constructivo* [3] combina los objetivos, los criterios de evaluación y las estrategias de enseñanza siguiendo un enfoque constructivista. Así, esta propuesta busca que el alumno pueda aprobar haciendo lo mismo que hace para aprender, transformando la evaluación en una actividad de aprendizaje más, en la que la retroalimentación frecuente y regular supone un valor añadido en su proceso de aprendizaje [6].

En este artículo estudiamos el alineamiento constructivo desde la perspectiva de la *enseñanza ágil* [8], aprovechando las sinergias existentes entre los procesos de enseñanza-aprendizaje y los de desarrollo software basados en prácticas ágiles [7]. Estos paralelismos se aprecian en el modelo 3P [3], que sitúa los factores relacionados con el aprendizaje en tres etapas: pronóstico, proceso y producto. El *pronóstico* determina los factores contextuales con los que se inicia el *proceso* de aprendizaje, de forma comparable a como se establecen los entornos de colaboración entre los clientes y los equipos técnicos en un proceso de desarrollo software. El proceso se centra en favorecer que el estudiante alcance los resultados que constituyen el *producto* de aprendizaje deseado, de forma semejante a cómo se enfoca la construcción de un producto software que satisfaga sus requisitos.

eXtreme Learning (χLe) parte de estos principios y aborda la implantación del alineamiento constructivo en UVAGILE [9], adaptando conceptos y prácticas de *eXtreme Programming* (XP) [1], como el *desarrollo dirigido por pruebas* (TDD) [2]. Como resultado, establece una dinámica de aprendizaje que facilita que los alumnos desarrollen los procesos cognitivos necesarios para construir un producto de aprendizaje que supere las pruebas de evaluación, alcanzando con ello los objetivos de la asignatura. En la sección 2 se revisan los antecedentes en los que se basa χLe cuyas características se presentan en la sección 3 utilizando la implantación que hemos realizado, y cuyos resultados se analizan en la sección 4.

2. Antecedentes

Los marcos de trabajo ágiles han demostrado una alta capacidad para adaptarse a los cambios y para en-

tregar productos de alta calidad en plazos cortos de tiempo. Estos marcos “promueven la interacción entre las personas, la entrega continua de valor (en forma de productos funcionales), la colaboración con el cliente y la flexibilidad para responder ante los cambios” [9]. A continuación se presentan los conceptos y prácticas ágiles que adoptamos en χLe y una breve revisión de los fundamentos de la enseñanza ágil y del marco UVAGILE, en el que se desarrolla χLe .

2.1. Conceptos y prácticas ágiles

Los proyectos ágiles utilizan la *visión* como hoja de ruta. Esta descripción establece el propósito del proyecto desde una perspectiva de negocio y se materializa mediante un conjunto de *épicas*, en las que se describen las características del producto a alto nivel. Cada *épica* abstrae una colección de requisitos más concretos, que se expresan como *historias de usuario*. Las historias de usuario especifican pequeñas unidades de trabajo, cuya implementación ofrece una funcionalidad completa. Cada historia lleva asociado un conjunto de *criterios de aceptación*, que se utilizan para dar por finalizada la historia, una vez que el producto supera todas las pruebas diseñadas para evaluarlos.

Las pruebas se ejecutan a varios niveles: las *pruebas unitarias* evalúan que las unidades mínimas de software proporcionan la funcionalidad requerida, con independencia del resto de unidades funcionales del producto; las *pruebas de integración* evalúan la interacción de los componentes software cuando actúan en conjunto; y las *pruebas de sistema* evalúan que el software completo (con todos sus componentes integrados) satisface los requisitos establecidos. Finalmente, las *pruebas de aceptación* se realizan con usuarios para validar que el software responde a sus necesidades.

Desarrollo dirigido por pruebas. El ciclo TDD (*test-driven development*) [2] aplica la aproximación *test first*, en la que primero se definen las pruebas de validación de cada característica, y después se aborda el diseño e implementación del código necesario. Finalmente, el código se *refactoriza* para mejorar su calidad, manteniendo su comportamiento externo. Este enfoque conduce a (i) que el producto proporcione las características estrictamente necesarias; (ii) minimizar los defectos del software en producción; y (iii) construir software modular, reutilizable y extensible. TDD utiliza pruebas unitarias, de integración y de sistema, pero no considera explícitamente contextos de uso real.

Desarrollo dirigido por pruebas de aceptación. ATDD (*acceptance test-driven development*) complementa TDD desde la perspectiva de negocio, validando (con pruebas de aceptación) que el producto satisface las necesidades reales de los usuarios en su entorno de aplicación. La integración de TDD y ATDD garantiza

la calidad del software de forma transversal, desde sus unidades básicas hasta los entornos productivos.

2.2. Enseñanza ágil

Las experiencias publicadas bajo el paraguas de la *enseñanza ágil* adoptan diferentes prácticas ágiles para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Aunque no existe una definición formal del concepto, Cubric [5] establece sus fundamentos reinterpretando los valores ágiles en el contexto educativo [4]: (i) respetar los diferentes estilos de aprendizaje y promover la interacción entre estudiantes y profesores; (ii) mejorar la empleabilidad de los estudiantes y capacitarlos para su formación permanente; (iii) apoyar a los estudiantes de forma continua y más allá de los objetivos de aprendizaje; (iv) responder con rapidez a las necesidades que se detecten en el progreso del aprendizaje y ajustar los procesos de enseñanza-aprendizaje en consecuencia; y (v) proporcionar mecanismos regulares y frecuentes de evaluación formativa.

La revisión del estado del arte realizada por López-Alcarria, *et al.* [8] muestra que las propuestas de enseñanza ágil se han implantado principalmente en asignaturas de la gestión de proyectos y/o para la organización y desarrollo de actividades de aprendizaje colaborativo. Ambos son casos de aplicación naturales, considerando que los marcos de trabajo ágiles destacan por su capacidad para organizar equipos de trabajo, en el ámbito de proyectos de diferente naturaleza. En contraste con las experiencias anteriores, UVAGILE [9] adopta prácticas ágiles para organizar y desarrollar completamente una asignatura.

UVAGILE. Es un marco de enseñanza-aprendizaje que interpreta la asignatura como un proyecto de aprendizaje ágil, cuya dinámica (basada en *sprints* de corta duración) está inspirada en Scrum [12]. Esto posibilita implantar mecanismos regulares de evaluación formativa y retroalimentación, de acuerdo con los objetivos de aprendizaje. UVAGILE especifica estos objetivos a diferentes niveles de granularidad, de forma similar a como se hace en un proyecto ágil. Esto garantiza la trazabilidad del aprendizaje, desde las competencias establecidas en la titulación (que se reflejan en la *visión*) hasta los objetivos operativos de la asignatura (descritos como *criterios de aceptación*). Por lo tanto, UVAGILE permite describir el producto de aprendizaje (el *qué*), pero no determina *cómo* hacerlo (y evaluarlo).

3. eXtreme Learning (χLe)

El objetivo principal de χLe es integrar el alineamiento constructivo en UVAGILE, aprovechando el enfoque transversal con el que aborda la especificación

de los objetivos de aprendizaje. Concretamente, los niveles de especificación de objetivos se usan como referencia para (i) caracterizar, a priori, las pruebas de evaluación (de forma comparable a TDD) y (ii) describir las actividades que se realizarán para facilitar que los estudiantes construyan el producto de aprendizaje (necesario para superar dichas pruebas).

χLe introduce mecanismos para alinear el aprendizaje y la evaluación respecto a cada uno de los niveles de la jerarquía de objetivos de UVAGILE, integrando también la retroalimentación. Así, χLe es capaz de ofrecer *feedback* sobre porciones relativamente pequeñas de contenidos, como se plantea en [4], y también porciones mayores (de acuerdo con la jerarquía de objetivos). Estos conceptos se ilustran a través de la asignatura *Sistemas de Bases de Datos* (SBD), obligatoria de 2º curso del Grado en Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones de la Universidad de Valladolid.

3.1. Objetivos

El alineamiento constructivo parte de que los alumnos tengan un conocimiento preciso del producto de aprendizaje que se construirá en la asignatura, pero no suele ser así. Penny y Grover [11] se hacen eco de ello e indican que “los estudiantes esperan que los criterios de evaluación estén relacionados con objetivos de bajo nivel, mientras que los profesores suelen enfatizar en los objetivos de alto nivel”. Por esta razón, UVAGILE adopta una estrategia ágil que permite especificar los objetivos a diferentes niveles de granularidad, reconciliando las necesidades de profesores y alumnos.

Visión. Establece el objetivo global del proyecto de aprendizaje desde la perspectiva del cliente, que en el ámbito universitario es “la sociedad” (en la que el futuro graduado desempeñará su carrera profesional), representada a través del profesor. Así, la visión materializa las competencias que la titulación le consigna a la asignatura y las expresa en su propia terminología. La visión de SBD se especifica en la Figura 1.

Objetivos de aprendizaje. Refinan la visión y establecen las *metas globales* de la asignatura, asumiendo un rol comparable al de las épicas. Por lo tanto, pueden verse como un “contenedor” de historias de aprendizaje, con un título característico y una descripción general que ayudan al estudiante a comprender la contribución de cada objetivo al producto de aprendizaje.

SBD contempla cinco objetivos (enumerados en la parte izquierda de la Figura 1). Usaremos el objetivo Diseño Lógico como ejemplo durante la explicación.

Historias de aprendizaje. Describen *subobjetivos específicos* de cada objetivo, y expresan qué se va a aprender y por qué es importante hacerlo desde la perspectiva del estudiante. El objetivo Diseño Lógico contiene tres historias: “Fundamentos”, “Diseño Relacio-

Como estudiante quiero aprender a transformar el diseño conceptual en una representación relacional normalizada para poder diseñar las tablas que almacenarán la información en la base de datos.

LOG-2.1. Transformar cualquier entidad existente en un diseño conceptual (con sus atributos correspondientes) en su representación relacional normalizada (3FN).

LOG-2.2. Transformar cualquier relación existente en un diseño conceptual (con sus atributos correspondientes) en su representación relacional normalizada (3FN).

LOG-2.3. Establecer el dominio de cualquier columna a partir del diseño conceptual. . . .

Cuadro 1: Historia de aprendizaje “Diseño Relacional”

nal” y “Normalización”. El Cuadro 1 muestra la segunda de ellas, y tres de sus criterios de aceptación.

Criterios de aceptación. Al igual que en el desarrollo de software, cada historia de aprendizaje lleva asociados un conjunto de criterios de aceptación. Estos criterios expresan *objetivos operativos*, entendiendo como tal resultados de aprendizaje indivisibles que pueden medirse y que se utilizarán para probar que el estudiante ha completado una determinada historia de aprendizaje. Los criterios constituyen la base para la retroalimentación del aprendizaje en UVAGILE: conocer los criterios (no) superados, permite al estudiante orientar su aprendizaje de forma más efectiva.

3.2. Aprendizaje y evaluación

Para integrar el alineamiento constructivo en UVAGILE es necesario incorporar mecanismos que alineen las actividades de aprendizaje y de evaluación, de acuerdo con los diferentes niveles de objetivos.

Ejemplos. Representan las unidades mínimas de conocimiento (en abstracto) que son necesarias para construir el producto de aprendizaje. Cada ejemplo se relaciona con uno o varios criterios de aceptación, en el ámbito de una historia de aprendizaje. El conjunto de ejemplos asociados a una historia asegura el aprendizaje y la evaluación de todos sus criterios de aceptación. Desde la perspectiva del aprendizaje, el ejemplo determina la *forma* en la que los estudiantes obtendrán el conocimiento descrito en los criterios. Desde la perspectiva de la evaluación, el ejemplo es una *prueba unitaria* que sirve para valorar el conocimiento adquirido, respecto a los citados criterios.

Los ejemplos se evalúan mediante rúbricas que establecen las condiciones exactas (escenario) para determinar la superación de cada uno de los criterios involucrados. Así, la retroalimentación es “automática” y se obtiene al aplicar la rúbrica sobre el resultado de aprendizaje obtenido: los criterios de aceptación superados se colorean en verde y los rechazados en rojo.

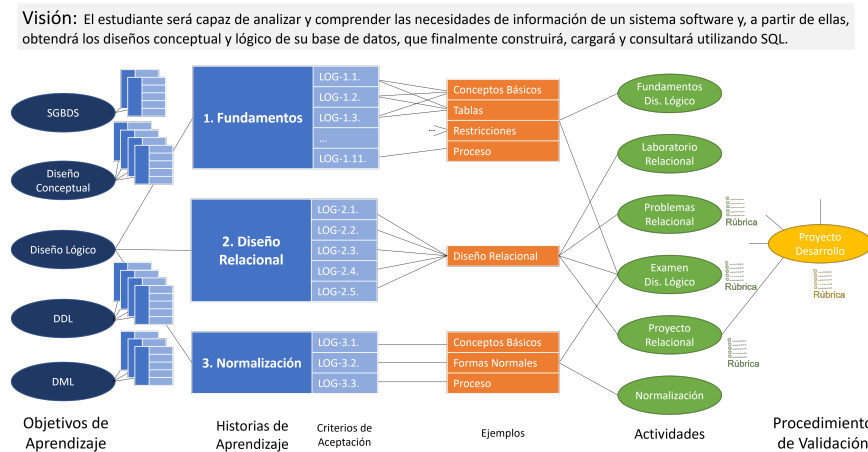


Figura 1: Organización del proceso de enseñanza-aprendizaje para el objetivo “Diseño Lógico”.

Esta sencilla valoración le aporta *feedback* preciso al estudiante, considerando la atomicidad con la que se especifica cada criterio. La rúbrica se concreta en cada una de las actividades que instancian el ejemplo.

Como se observa en la Figura 1, el ejemplo “Diseño Relacional” se relaciona con los cinco criterios vinculados con la historia del mismo nombre y tienen como objetivo que el estudiante aprenda a transformar el diseño conceptual de una base de datos en su representación (lógico) relacional. Para evaluar el resultado de aprendizaje la rúbrica debe concretar cada criterio de en el ámbito de la actividad que instancia el ejemplo: la actividad “Examen Dis. Lógico” requiere “transformar correctamente el 80 % de las entidades” (LOG-2.1) o “establecer correctamente el dominio del 100 % de las columnas” (LOG-2.3). Si el resultado obtenido por un alumno hubiese transformado incorrectamente el 25 % de las entidades y/o hubiese establecido incorrectamente algún dominio, los criterios LOG-2.1 y/o LOG-2.3 aparecerían coloreados en rojo, indicando un déficit concreto de conocimiento en cada uno de ellos.

Actividades. Abordan subproductos de aprendizaje que integran uno o varios ejemplos de una o varias historias pertenecientes a un mismo objetivo de aprendizaje. Así, las actividades de aprendizaje le proporcionan al estudiante los conocimientos y/o habilidades necesarias para construir el subproducto, mientras que las actividades de evaluación miden su capacidad para hacerlo. En ambos casos, las actividades deben desencadenar los mismos procesos cognitivos, para así conseguir que “el alumno apruebe haciendo exactamente lo mismo que necesita para aprender”.

Las actividades de evaluación se plantean como *pruebas de sistema* cuando abarcan todas las historias relacionadas con un objetivo de aprendizaje, o como *pruebas de integración* si abordan un subconjunto de estas historias. En ambas la actividad incluye ejemplos que aborden todos los criterios de aceptación de las his-

torias de aprendizaje evaluadas. La actividad adopta el papel de *prueba unitaria* cuando comprende un único ejemplo. En todos los casos, la rúbrica de la actividad concreta las rúbricas de cada uno de sus ejemplos y, además, establece pautas adicionales para medir la integración de los resultados de cada ejemplo, en las pruebas de sistema o de integración.

En SBD hay cuatro actividades que instancian el ejemplo “Diseño Relacional” (ver Figura 1):

- **Laboratorio Relacional:** es una actividad de aprendizaje en la que el profesor muestra cómo aplicar el procedimiento de transformación del diseño conceptual, instanciando el ejemplo del mismo nombre en forma de supuestos prácticos.
- **Problemas Relacional:** el alumno resuelve de forma autónoma varios supuestos prácticos sobre “Diseño Relacional” y los auto-evalúa utilizando la rúbrica. Esta actividad contiene múltiples pruebas unitarias (una por cada supuesto) y entrega *feedback* específico para cada una de ellas.
- **Examen Dis. Lógico:** el alumno se enfrenta al mismo tipo de ejemplo en el ámbito del examen correspondiente al objetivo “Diseño Lógico”. Esta es una prueba de sistema, ya que dentro de ella se evalúan el resto de historias relacionadas con el objetivo (“Fundamentos” y “Normalización”). El profesor corrige el examen y proporciona el *feedback* en base a los criterios de aceptación de los ejemplos y a la consistencia de sus resultados.
- **Proyecto Relacional:** esta actividad instancia un ejemplo de “Diseño Relacional”, en el marco del proyecto que implementa el procedimiento de validación de la asignatura. El *feedback* combina el propio de la actividad y una valoración de la consistencia de su resultado respecto a los obtenidos en el resto de actividades del procedimiento.

Procedimiento de validación. Alinea la realización de actividades centradas en todos los objetivos de la asignatura y, por tanto, conduce a la construcción y evaluación de un producto de aprendizaje que satisfaga la visión. El procedimiento permite confirmar que el alumno ha alcanzado las competencias esperadas, de manera comparable a cómo las *pruebas de aceptación* garantizan que un producto software satisface las necesidades de sus usuarios. La rúbrica del procedimiento comprende las rúbricas propias de cada actividad, y pautas adicionales para valorar la consistencia entre los subproductos obtenidos en ellas, proporcionando *feedback* a nivel global de producto, y sobre cada objetivo.

El procedimiento de SBD se implementó mediante un *proyecto de desarrollo*, en el que los alumnos completaron el ciclo de vida de la base de datos “realista”; concretamente de *CyLearn*, un sistema enfocado en proporcionar “servicios innovadores” en el ámbito del sistema educativo de Castilla y León. Así, el proyecto en su conjunto facilitó que los estudiantes tuviesen que analizar y comprender las necesidades de *CyLearn*, plantear sus diseños conceptual y lógico (actividades “Modelo Entidad-Relación”, “Diccionario de Datos” y, la mencionada, “Diseño Relacional”), construir la base de datos (actividades “Construcción de Bases de Datos”, “Integridad” y “Seguridad”), cargarla con datos reales, proporcionados por “el cliente” (actividad “Modificación de Datos”) e implementar la funcionalidad solicitada (actividad “Consulta de Datos”).

3.3. Calificación

Los conceptos presentados en el apartado anterior usan la “evaluación como aprendizaje” [6], proporcionando *feedback* a diferentes niveles y de forma regular durante toda la asignatura. La nota final en la asignatura se obtendrá calificando el producto de aprendizaje de acuerdo a las pruebas realizadas:

- Las pruebas unitarias (ejemplos) son satisfactorias si el resultado cumple todos los criterios de aceptación, de acuerdo con lo establecido en la rúbrica. La calificación se obtiene al ponderar cada criterio y cuantificar su grado de superación.
- Las pruebas de integración/sistema (actividades) son satisfactorias cuando lo son todos los ejemplos que contienen y la integración de sus resultados es consistente. La rúbrica fija la ponderación de cada ejemplo y su calificación individual se obtiene como se indica en el párrafo anterior.
- Las pruebas de aceptación (procedimiento) son satisfactorias si los resultados de sus actividades alcanzan los objetivos de aprendizaje y su integración es consistente. La rúbrica fija la ponderación de cada actividad y su calificación individual se obtiene de acuerdo con lo anterior.

3.4. Dinámica

La dinámica de χLe consta de tres fases, centradas en orientar al estudiante y retroalimentar su aprendizaje en base a la realización de diferentes actividades.

Planificación. Antes de empezar la asignatura, el profesor proporciona a los estudiantes (por ejemplo, a través de la guía docente) una caracterización del producto de aprendizaje, en base a la visión, los objetivos y las historias consideradas. Asimismo, plantea el procedimiento de validación y especifica las actividades (a alto nivel). Toda esta información la detalla, posteriormente, en el tablero de aprendizaje [9], junto con los criterios de aceptación y los ejemplos planificados.

Aprendizaje. En esta fase se desarrolla el ciclo de vida de cada uno de los objetivos de aprendizaje. Su planificación puede ser secuencial (cada objetivo se inicia tras finalizar el anterior) o paralela (los ciclos de varios objetivos se desarrollan al mismo tiempo). Este ciclo consta de tres etapas, inspiradas en el ciclo TDD:

- En la etapa *Presentación* el profesor motiva la relevancia del objetivo dentro del producto de aprendizaje y publica los diferentes tipos de pruebas (con sus rúbricas) que se realizarán para evaluarlo. Asimismo, se presenta el plan de trabajo, en base a las actividades de aprendizaje y de evaluación consideradas.
- En la etapa *Trabajo* el alumno construye el subproducto (propio del objetivo) de acuerdo con las actividades y pruebas planificadas. En el caso de las pruebas unitarias y de integración, el estudiante recibe el *feedback* a tiempo para que le resulte de utilidad en su aprendizaje, dependiendo del profesor si entrega también la nota numérica o, por el contrario, la omite para que el alumno se centre en la retroalimentación (y no en la nota).
- En la etapa *Evaluación* se realiza la prueba de sistema, valorando si el subproducto de aprendizaje construido completa las historias evaluadas. Si el resultado es positivo, el *feedback* se acompaña de la nota numérica, dado que el estudiante habrá alcanzado el objetivo en cuestión.

Revisión. Para llegar a esta fase es necesario haber superado todas las pruebas de sistema; en caso contrario, se rechaza el producto de aprendizaje y el alumno se evalúa como “no apto”. En esta fase se realiza la prueba de aceptación, de acuerdo con el procedimiento de validación establecido. Los alumnos cuyo producto de aprendizaje supere esta prueba serán considerados “aptos”, obteniendo la calificación correspondiente.

Los alumnos pueden volver a realizar las pruebas de sistema no superadas y la prueba de aceptación en las convocatorias ordinaria y/o extraordinaria.

4. Caso de estudio (SBD)

SBD ha sido el “banco de pruebas” de UVAGILE durante los últimos cursos, culminando su evolución durante el actual, con la implantación de χLe . Cabe destacar que la asignatura ha mantenido sus objetivos de aprendizaje desde 18-19 (*baseline* de este estudio), pero en estos cursos se han añadido historias de aprendizaje nuevas (ej. “Integridad” y “Seguridad”, dentro del objetivo DDL) gracias a las sinergias derivadas de la especificación de objetivos y su alineamiento con las actividades de la asignatura.

En 18-19 la organización y desarrollo de SBD siguió un enfoque “tradicional”, basado en clases magistrales y de resolución de problemas, además de un único examen final y un pequeño proyecto de desarrollo, menos ambicioso que el que comenzó a desarrollarse en 19-20. En este curso la asignatura pasó a organizarse como un proyecto de aprendizaje ágil: los objetivos se especificaron en base a la jerarquía descrita en el apartado 3.1); se introdujeron pruebas de sistema al finalizar cada sprint (para evaluar los objetivos completados durante dicho sprint); y finalmente, el proyecto de desarrollo se replanteó como una actividad de trabajo en equipo, con una organización iterativa e incremental. Sin embargo, las actividades de evaluación no contemplaron explícitamente los criterios de aceptación, lo que limitó la calidad del *feedback* generado. Esta situación la abordamos en 20-21 introduciendo las rúbricas basadas en los criterios de aceptación. En este curso también se plantearon por primera vez las pruebas unitarias por cada objetivo de aprendizaje. Finalmente, en el curso actual (21-22) se implantó el alinear constructivo, además de incluir nuevas pruebas de integración (en forma de exámenes parciales) y mejoras adicionales en la calidad del *feedback*.

Todas las decisiones anteriores consolidan el entorno de enseñanza-aprendizaje en el que hemos desarrollado SBD en este curso 21-22, y cuyo detalle se expone en el siguiente apartado. Posteriormente presentaremos los resultados académicos y las opiniones recabadas de los alumnos, antes de realizar un análisis crítico de los logros obtenidos y de las oportunidades para seguir mejorando nuestra propuesta.

4.1. Descripción

Como se indicaba en la sección anterior, SBD¹ planificó 5 objetivos, que se desarrollaron mediante 16 historias de aprendizaje y se evaluaron utilizando casi 100 criterios de aceptación. Su proyecto de aprendizaje se organizó en 3 sprints de 4,5 semanas de duración. Al principio de cada sprint se presentaron los objetivos y

¹El tablero de aprendizaje de SBD, con toda su planificación, está disponible en <https://trello.com/b/MuumkPXs>.

| Objetivo de aprendizaje | Sprint Sp. #1 | Sprint Sp. #2 | Sprint Sp. #3 | Conv. Ord. | Conv. Ext. |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
| SGBDS | S | - | - | S | S |
| Dis. Conceptual | U,I | U,I,S | - | S | S |
| Dis. Lógico | U,I | U,I,S | - | S | S |
| DDL | U | U,I | U,I,S | S | S |
| DML | U | U,I | U,I,S | S | S |

Cuadro 2: Distribución de pruebas en SBD.

la actividades planificadas para las siguientes semanas, incluyendo todos los tipos de pruebas y sus respectivas rúbricas. Así, los estudiantes eran conscientes de cómo se iba a evaluar el conocimiento que iban a adquirir durante el sprint y podían trabajar en obtenerlo, de acuerdo con las actividades planificadas.

Pruebas. Cada sprint abordó el ciclo de vida de varios objetivos, siguiendo una estrategia iterativa e incremental [9] y proporcionando *feedback* sobre los resultados de cada actividad de evaluación. Con este propósito, cada sprint planificó pruebas de alcance igual o superior a las realizadas en el sprint anterior para cada uno de los objetivos (excepto SGBDS, cuyo alcance es más conceptual). Por ejemplo, en el sprint #1 se realizaron pruebas unitarias (U) y de integración (I) sobre Diseño Lógico, y en el sprint #2 (en el que se completó el objetivo) se añadieron las pruebas de sistema (S).

Todas las pruebas unitarias se realizaron mediante actividades de resolución autónoma de problemas; las pruebas de integración en base a este mismo tipo de actividad y exámenes (dependiendo del alcance de la prueba); y las pruebas de sistema se llevaron a cabo mediante exámenes. En todos los casos, los ejemplos incluidos en las pruebas coincidían con los utilizados durante las clases de teoría, problemas o laboratorio para exponer los contenidos correspondientes.

Los alumnos auto-evaluaron sus pruebas unitarias, utilizando la rúbrica proporcionada y comparando sus resultados respecto a las soluciones publicadas por el profesor. La rúbrica se entregó como una hoja Excel, lo que facilitó que los alumnos obtuviesen un *feedback* inmediato (en términos de criterios de aceptación), además de la calificación numérica correspondiente. El profesor se encargó de corregir los exámenes, cuyos resultados se publicaron en forma de criterios de aceptación superados o no superados. Aquellos estudiantes que superaron la prueba también recibieron la calificación numérica correspondiente.

Los resultados de todas las pruebas anteriores se incluyeron en un epígrafe de evaluación, (mal) denominado “Teoría”. El resultado conjunto de todas estas pruebas tuvo un peso de 5,5 puntos en la calificación final de la asignatura: 1 punto las pruebas unitarias, 1,5 puntos las pruebas de integración y 3 puntos las pruebas de sistema. Para aprobar esta parte de la asignatura era necesario superar la prueba de sistema correspondiente a cada uno de los objetivos de aprendizaje.

Procedimiento de validación. Se llevó a cabo como un actividad de aprendizaje basado en proyectos, en la que los alumnos trabajaron en equipos de 4-5 miembros, formados aleatoriamente y auto-organizados [9]. El proyecto mantuvo la organización iterativa e incremental iniciada en 19-20: el proyecto se dividió en 3 sprints, en los que su alcance se incrementó de acuerdo con los objetivos de aprendizaje planificados en cada sprint. De esta forma, conseguimos alinear la ejecución de las actividades del Proyecto con las de Teoría.

En el proyecto se planificaron tres entregas: dos parciales (al finalizar los Sprints #1 y #2) y una final (tras acabar el Sprint #3). En todos los casos, el profesor utilizó la rúbrica propia del procedimiento de validación para evaluar los productos construidos y entregó un informe de retroalimentación a cada equipo, basado en el *feedback* propio de cada actividad y en la consistencia de sus resultados. El informe también incluía referencias a los errores o defectos encontrados en el producto, así como pequeñas pistas para abordarlos, pero no su calificación numérica. Finalmente, se realizó una actividad de revisión del proyecto (en convocatorias ordinaria y extraordinaria) para validar, en base a su trabajo y su capacidad para responder a las cuestiones del profesor, que los alumnos satisficieran la visión.

La rúbrica se entregó al principio del proyecto, para que los estudiantes conociesen el procedimiento de evaluación y pudiesen orientar el diseño, construcción, carga y uso de su base de datos. El resultado de la prueba de aceptación se consideró en el epígrafe “Proyecto”, con un peso de 4,5 puntos en la nota final.

4.2. Resultados académicos

Este apartado analiza la evolución del rendimiento académico de los estudiantes de SBD durante los últimos 4 cursos, tanto para la Teoría como para el Proyecto. La Figura 2 muestra los valores de la *tasa de éxito* (proporción de alumnos que superan los objetivos de aprendizaje respecto al número de alumnos presentados) y la *tasa de rendimiento* (número de alumnos que superan los objetivos respecto al número total de alumnos matriculados en la asignatura). Además, se indican las calificaciones promedio obtenidas en Teoría y Proyecto durante los cuatro cursos estudiados y el número de alumnos matriculados (entre paréntesis).

El mayor incremento en la tasa de éxito de Teoría se experimentó en el curso 19-20 (de 71 % a 96 %), con la transformación de la asignatura en un proyecto de aprendizaje ágil. En 20-21 se produjo un leve retroceso (92 %), motivado porque el uso de rúbricas basadas en los criterios de aceptación endureció de facto el sistema de evaluación de la asignatura. Sin embargo, en 21-22 se revirtió la situación (alcanzando una tasa de éxito superior al 96 %: 27 aprobados de 28 presentados), pese a no modificar el sistema de evaluación.

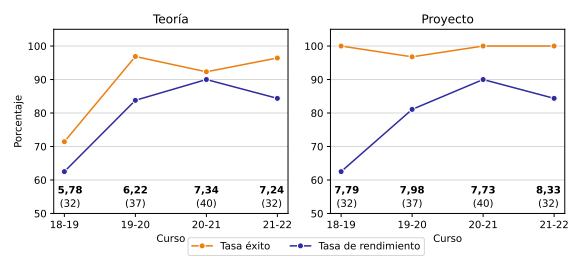


Figura 2: Métricas de rendimiento académico.

| Objetivos | | Aprendizaje y evaluación | |
|--------------------------|------|-----------------------------|------|
| Objetivos de aprendizaje | 4,65 | Procedimiento de validación | 4,71 |
| Historias de aprendizaje | 4,06 | Act. Evaluación (pruebas) | 4,47 |
| Criterios de aceptación | 4,00 | Act. Aprendizaje | 4,53 |
| | | Ejemplos | 4,06 |
| | | Rúbricas | 4,35 |
| | | Feedback | 4,71 |

Cuadro 3: Métricas de valoración de los alumnos.

En este caso, achacamos la mejora al alineamiento de las actividades de aprendizaje y evaluación que conseguimos gracias a χLe . La evolución de esta métrica indica que la práctica totalidad de los alumnos que siguen la dinámica de aprendizaje de UVAGILE durante el cuatrimestre son capaces de superar las pruebas de sistema. Por otra parte, la evolución de la tasa de rendimiento (desde 63 % a 90 %, con un ligero descenso en el curso actual) demuestra que el uso de pruebas continuadas durante la asignatura fideliza la dedicación del alumno, reduciendo el abandono. Finalmente, se observa que las calificaciones de Teoría se han asentado durante los dos últimos cursos, en los que se introdujo la evaluación basada en criterios de aceptación. La calificación promedio ha mejorado $\approx 1,5$ puntos en comparación con el *baseline*, a pesar de la mayor exigencia que plantea esta forma de evaluación.

La tasa de éxito en Proyecto demuestra que la totalidad de los estudiantes (excepto uno en 19-20) que supera la parte de Teoría es capaz de construir un producto de aprendizaje acorde con la visión de la asignatura, satisfaciendo las pruebas de aceptación. En este caso las calificaciones se han mantenido más estables: entre 7,73 y 8,33 puntos, pero ciertamente elevadas, dadas las notas promedio de nuestra titulación.

4.3. Valoración de los alumnos

Al finalizar la asignatura (pero antes de publicar las calificaciones finales) realizamos una encuesta de satisfacción entre los alumnos sobre varios aspectos de la propuesta actual (utilizando preguntas tipo *Likert*). La participación fue del 53 % (17 de 32 matriculados). Las valoraciones medias se presentan en el Cuadro 3.

El primer grupo de preguntas se centró en que los estudiantes valorasen si conocer a priori y de forma detallada los objetivos de aprendizaje de la asignatura.

ra había favorecido su proceso de aprendizaje. Llama la atención que la valoración desciende a medida que aumenta el grado de concreción del objetivo, siendo los criterios de aceptación los menos valorados (con 4 puntos). Sin embargo, valoran con 4,71 puntos el *feedback* recibido tras cada prueba, a pesar de estar basado principalmente en los mismos criterios de aceptación.

Las cuestiones relacionadas con el aprendizaje y la evaluación preguntaban respecto a la contribución que que habían tenido los diferentes tipos de actividades en su proceso de aprendizaje. En este caso, el procedimiento de validación fue el mejor valorado: 4,71 puntos, destacando el valor del conocimiento adquirido en el proyecto de cara a su futuro profesional. Por otra parte, los alumnos valoran de forma comparable las actividades de aprendizaje y evaluación (pruebas): 4,53 y 4,47 puntos, respectivamente, mientras que los ejemplos tienen una calificación más baja (4,06), dado que el nivel de abstracción que los describe resulta más cercano para el profesor que para el alumno. Finalmente, otorgan una valoración de 4,35 puntos al hecho de conocer las rúbricas de evaluación a priori, aspecto determinante en χLe , dada su orientación a la prueba.

Como resultado final, cabe destacar que los alumnos asignaron una valoración promedio de 8,21 puntos (sobre 10) a la organización de la asignatura como proyecto de aprendizaje ágil, más de medio punto por encima de la indicada el curso pasado [9]. Este resultado es sintomático de la contribución adicional que ha tenido χLe sobre UVAGILE, considerando que ha sido el cambio principal introducido durante este curso.

4.4. Conclusiones

Implantar el alineamiento constructivo en UVAGILE ha sido determinante para transformar las pruebas de evaluación en una actividad formativa más, dado que cada una de ellas se ha basado en los mismos ejemplos utilizados en las actividades de aprendizaje. Asimismo, adaptar el ciclo TDD al desarrollo de cada sprint ha tenido un efecto positivo en la calidad del aprendizaje consolidado, tal como se aprecia en los resultados de las pruebas de aceptación (proyecto), cuya tasa de éxito es del 100% y su nota media de 8,33 puntos.

Una vez evaluadas las bondades de UVAGILE para el aprendizaje, hemos estimado el coste de implantación de χLe , de acuerdo con el esfuerzo que le supone al profesor evaluar las pruebas y emitir el *feedback* correspondiente. En SBD, las actividades de evaluación de Teoría requirieron 30 horas de trabajo por parte del profesor (algo menos de 1 hora por alumno), y las de Proyecto un total de 110 horas ($\approx 13,5$ horas por equipo). Aunque asumible para grupos de tamaño medio, el mecanismo de evaluación actual no es escalable desde el punto de vista del profesor, por lo que nuestro trabajo futuro se enfocará en automatizar, en lo posible, la

evaluación y retroalimentación, sin mermar la calidad del *feedback* entregado a los estudiantes.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el *Proyecto de Innovación Docente* No. 94, del plan PID-2021/2022 de la Universidad de Valladolid (UVa). El primer autor disfruta de un contrato predoctoral de la Universidad de Valladolid, cofinanciado por el Banco de Santander.

Referencias

- [1] Kent Beck. *Extreme Programming Explained: embrace change*. Addison-Wesley, 1999.
- [2] Kent Beck. *Test-Driven Development: by example*. Addison-Wesley, 2003.
- [3] John Biggs y Catherine Tang. *Teaching for quality learning at university*. McGraw-Hill, 2011.
- [4] Arthur W. Chickering y Zelda F. Gamson. «Seven principles for good practice in undergraduate education». En: *The Wingspread Journal* 9.2 (1987), págs. 1-10.
- [5] Marija Cubric. «An agile method for teaching agile in business schools». En: *The International Journal of Management Education* 11.3 (2013), págs. 119-131.
- [6] Graham Gibbs y Claire Simpson. «Conditions Under Which Assessment Supports Students Learning». En: *Learning and Teaching in Higher Education* 1 (2005), págs. 3-31.
- [7] Richard Glassey, Mattias Wiggberg y Philipp Haller. «Agile and Adaptive Learning via the ECK-model in the Software Development Academy». En: *13th EC-TEL*. paper 8. 2018.
- [8] Abigail López-Alcarria, Alberto Olivares-Vicente y Fátima Poza-Vilches. «A Systematic Review of the Use of Agile Methodologies in Education to Foster Sustainability Competencies». En: *Sustainability* 11.10 (2019).
- [9] Miguel A. Martínez-Prieto, Jorge Silvestre, Aníbal Bregón y María F. Escudero. «Agilizando el aprendizaje de Bases de Datos». En: *Actas de las JENUI, vol. 6*. 2021, págs. 83-90.
- [10] Mario de Miguel. *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias*. Universidad de Oviedo, 2005.
- [11] Alan J. Penny y Christine Grover. «An analysis of student grade expectations and marker consistency». En: *Assessment & Evaluation in Higher Education* 21.2 (1996), págs. 173-184.
- [12] Ken Schwaber y Jeff Sutherland. *The Scrum Guide*. 2020.