

ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM A LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN UNIVERSITARIOS EN LA INDUSTRIA 4.0

ADAPTATION OF THE SCRUM METHODOLOGY TO MANAGEMENT OF UNIVERSITY INNOVATION PROJECTS IN INDUSTRY 4.0

Juan-Francisco Vidal-Artal, Ramón Miralbes-Buil

Universidad de Zaragoza – Escuela de Ingeniería y Arquitectura – C/ María de Luna s/n – 50018 Zaragoza (España)

Recibido: 11/may/2021 – Revisado: 17/may/2021 -- Aceptado: 7/feb/2022 - DOI: <https://doi.org/10.6036/MN10221>

To cite this article: VIDAL-ARTAL, Juan Francisco, MIRALBÉS-BUIL, Ramón. ADAPTATION OF THE SCRUM METHODOLOGY TO MANAGEMENT OF UNIVERSITY INNOVATION PROJECTS IN INDUSTRY 4.0. DYNA Management, Enero-Diciembre 2022, vol. 10, no. 1, [12P.]. DOI: <https://doi.org/10.6036/MN10221>

ABSTRACT

Emerging technologies associated with Industry 4.0 require such dynamic management methods that solutions based on conventional methods are sometimes not acceptable. Under this premise and with the help of process reengineering, it was determined of interest to carry out a study applying a novel tool to projects in the industrial design environment, obtaining exceptional results. Said tool was the agile Scrum methodology, a priori exclusively used for ICT environments, characterized by the incorporation of the client into the process, flexible planning, teamwork, acceptance of failure and the diffuse profile of the objective in its early stages. These characteristics make it possible to respond to the requirements of industrial creativity such as the need to fail quickly, cheaply and frequently.

Developing a new mixed work model arises from the verification of the existence of incompatibilities between predictive and agile methodologies, a model of which its viability has been verified through three years of empirical study. The answer sought has not been to facilitate WHAT update a product requires but HOW the next update should be carried out, favoring the work of industrial design managers to obtain both the success of the project object and the success of the project. For practical development, we have worked in a university environment linked to business projects, with the participation of 150 students and engineers, obtaining 14 prizes in national and international design competitions.

The results of the empirical study demonstrate the viability of optimizing industrial innovation through a combination of double gates governed simultaneously by the project manager and the project object manager (product owner).

Keywords: Innovation, Industry 4.0, Project management, Agile methodologies, Industrial design.

RESUMEN

Las tecnologías emergentes asociadas a la industria 4.0 exigen métodos de gestión tan dinámicos que en ocasiones no resultan aceptables las soluciones basadas en los métodos convencionales. Bajo esta premisa y con ayuda de la reingeniería de procesos, se determinó de interés realizar un estudio aplicando una herramienta novedosa a proyectos del entorno del diseño industrial, obteniendo unos resultados excepcionales. Dicha herramienta fue la metodología ágil Scrum, a priori de utilización exclusiva para entornos TIC., caracterizada por la incorporación del cliente en el proceso, la planificación flexible, el trabajo en equipo, la aceptación del fracaso y el perfil difuso del objetivo en sus primeras etapas. Estas características posibilitan responder a requerimientos de la creatividad industrial como la necesidad de fracasar de forma rápida, barata y frecuente.

Desarrollar un nuevo modelo de trabajo mixto surge de la constatación de la existencia de incompatibilidades entre las metodologías predictivas y las ágiles, modelo del que se ha podido comprobar su viabilidad mediante tres años de estudio empírico. La respuesta perseguida no ha sido facilitar QUÉ actualización requiere un producto sino CÓMO debe realizarse la siguiente actualización, favoreciendo la labor de los gestores de diseños industriales para obtener tanto el éxito del objeto del proyecto como el éxito del proyecto. Para el desarrollo práctico se ha trabajado en un entorno universitario ligado a proyectos empresariales, con la participación de 150 estudiantes e ingenieros, obteniendo 14 premios en concursos de diseño nacionales e internacionales.

Los resultados del estudio empírico demuestran la viabilidad de optimizar la innovación industrial mediante una combinación de dobles compuertas regidas simultáneamente por el director del proyecto y por el director del objeto del proyecto (product owner).

Palabras clave: Innovación, Industria 4.0, Gestión de proyectos, Metodologías ágiles, Diseño industrial.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- METODOLOGÍAS ÁGILES Y CONVENCIONALES

En los entornos tradicionales, también conocidos como convencionales o predictivos, suele medirse el éxito en función de la aproximación del objetivo inicial al resultado final, siendo muy relevante la documentación asociada, que servirá como elemento de medida y control durante las diversas mediciones. Estos sistemas valoran positivamente la complejidad y extensión de los controles

para responder a lo planificado, contemplando como amenaza cualquier modificación. Destacan dos diferencias muy significativas con respecto a la gestión ágil, como son la secuencialidad en la entrega del “testigo” en cada fase (waterfall) y el desconocimiento del alcance en el triángulo de hierro, definido más adelante.

La metodología ágil presenta una acusada búsqueda de simplicidad, evitando la documentación, en un esfuerzo sostenido de entregas funcionales sin secuencia planificada. La autonomía que se otorga al equipo resulta a menudo incompatible con la gestión tradicional. Entre sus virtudes se encuentran el trabajo en equipo, la aceptación del fracaso, el perfil difuso del objetivo en sus primeras etapas y, fundamentalmente, la incorporación del cliente en el proceso como mecanismo de control de la dispersión. El factor que mayor valor aporta a este estudio es que el alcance es la variable fija en el triángulo de hierro.

1.2.- CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO

Los proyectos relacionados con la industria 4.0 se caracterizan por disponer de ciclos de vida cada vez más cortos, donde la velocidad de cambio se multiplica y las soluciones tecnológicas quedan obsoletas prematuramente. Si al factor velocidad se le añade que obtener una buena idea suele llegar como resultado de realizar varios intentos infructuosos, resulta comprensible que el manifiesto ágil establezca la rentabilidad de fracasar de manera frecuente, rápida y barata. No obstante, deben tenerse en cuenta los peligros de combinar proyectos efímeros con parámetros de medida tradicionales, debido a que pueden causar contradicciones como por ejemplo pretender la amortización en plazos cortos o la evaluación negativa de los proyectos de aprendizaje. Es necesario señalar las coincidencias entre las necesidades de la industria 4.0 y la corriente design thinking [1], donde el objeto del proyecto puede realizar saltos para rentabilizar los costes asociados.

A menudo se describen las ventajas de las metodologías ágiles [2], en procesos que requieren velocidad de adaptación, en un proceso irreversible de búsqueda de modelos de gestión [3], centrados en elevar la competitividad procurando que el objeto del proyecto satisfaga al cliente, tal y como lo define Porter [4]. Entre las diferentes opciones ágiles, la metodología Scrum suele ser la más utilizada, presentando como inconveniente la larga curva de aprendizaje que requiere.

1.3.- ESTADO DEL ARTE ACERCA DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN

Kerzner [5], ya expone la distinta naturaleza de los trabajos de innovación y la dificultad de definir su éxito bajo los parámetros convencionales de plazo, coste y calidad, es decir, cuestiona la regla de Marquis [6], que otorga un 30 % de beneficio a la planificación rígida de cualquier clase de proyecto. Los sistemas convencionales de gestión de proyectos forman parte de los planes de estudio de ingeniería y se encuentran ampliamente descritos en el Project Management Body of Knowledge PMBook del Project Management Institute [7]. Las limitaciones en su aplicación suelen ser más acusadas cuanto menor tiempo se dispone para la ejecución del proyecto, debido a las formalidades y requisitos en los que se apoya.

Ha supuesto un gran reto importar técnicas TIC al sector industrial. Las denominadas tecnologías emergentes hace tiempo que estudian la cultura de convivir con el fracaso, como muestra el Chaos Report de Standish Group [8]. Estos estudios describen tasas de fracaso del 70%, siendo en el 40% de los casos responsabilidad de la dirección del proyecto.

Resulta común que por parte de ciertos autores [9], se reclame un mayor esfuerzo investigador en la búsqueda de sinergias entre las técnicas tradicionales y las nuevas metodologías ágiles. Se emplean argumentos como por ejemplo la dificultad de asimilar que el fracaso y el éxito son dos caras de la misma moneda, o bien la necesidad de fomentar las relaciones entre clientes, proveedores y stakeholders (interesados).

Se pueden distinguir tres fases en el diseño de productos [10], siendo la primera la responsable de crear las normas de trabajo, denominada de socialización. En la segunda, o de innovación, se formulan las alternativas. En la última fase de madurez el directivo tiene la importante labor de motivar la actualización de las habilidades de los recursos humanos. Dichas fases son similares a las de la metodología ágil Scrum orientada a la actualización de versiones de software.

Suele medirse la eficacia en el empleo de recursos a lo largo del desarrollo de los proyectos de innovación mediante las compuertas de Cooper [11], y la convergencia del desarrollo de Wheelwright y Clark [12]. Ofreciendo un enfoque distinto, también resulta de aplicación el modelo Thomke [13], que describe cómo el coste promedio del consumo de recursos aumenta exponencialmente conforme avanza la vida del proyecto.

1.4.- OBJETIVOS

El objetivo principal responde a cómo debe realizarse un proyecto de innovación de un producto industrial, sin importar las especificaciones del producto. Resulta de interés afrontar estas pruebas, dada la creciente necesidad de incorporar las nuevas tecnologías del sector de la informática y telecomunicaciones (TIC), en lo que se ha venido a denominar industria 4.0.

A la vista de las dificultades de los sistemas planificados para desenvolverse en entornos en los que la creatividad es un valor añadido, y ante la incompatibilidad de los sistemas ágiles con los entornos industriales, se fijó como primer objetivo obtener un sistema mixto con las mejores cualidades de ambos sistemas. Dicho entorno de trabajo, orientado al desarrollo de nuevos productos industriales, debía aportar resultados en términos de entregas satisfactorias frente a recursos empleados, independientemente de los premios obtenidos en concursos. La participación en los concursos de diseño más prestigiosos del sector no se consideró un objetivo sino un modo de fijar bases homogéneas de medida durante los tres años del estudio.

Una vez seleccionada la metodología ágil Scrum y comprobada su viabilidad para la industria 4.0, se fijó como objetivo secundario obtener un indicador que permitiera el cambio de fase óptimo a lo largo del proyecto. Ante la falta de idoneidad de los indicadores propios de las metodologías ágiles y predictivas utilizadas, que podían mostrar un fracaso y un éxito simultáneamente, se utilizó como base de medida el retorno de inversión (R.O.I.). Se entiende por inversión el conjunto de consumos de recursos económicos, humanos, materiales, riesgo, temporales, satisfacción, motivación, etc.

Finalmente, entre los objetivos secundarios destacó la creación de un sistema de dobles compuertas para minimizar el gasto de recursos. Teniendo en cuenta los frecuentes cambios de dirección en tareas de innovación (conceptual, estudio de mercado, prototipado, etc.), en este estudio se muestra un novedoso sistema de control compartido entre el director del proyecto y el responsable del objeto del proyecto (product owner). Se ha mostrado útil combinar un óptimo avance del proyecto con métodos tradicionales y una óptima reducción de dispersión lateral mediante Scrum.

1.5.- ANTECEDENTES DEL ENTORNO DE TRABAJO

A raíz de la participación en el concurso nacional universitario más prestigioso del sector de innovación en packaging, surgió la oportunidad de compatibilizar con éxito los intereses universitarios con los empresariales. Durante un primer año de adaptación, se realizaron los ajustes necesarios para que estudiantes de ingeniería de último año, o de trabajo final de carrera, pudieran simultanear sus créditos académicos con el diseño de uno de los productos propuestos por dicho concurso. Se encauzaron de este modo los trabajos de aproximadamente 150 personas de diversas nacionalidades, por medio de 52 proyectos a lo largo de tres años, en un entorno homogéneo universitario ligado a concursos de innovación empresarial.

Además, gracias al éxito de la iniciativa se logró captar a un elevado número de titulados universitarios motivados tanto por la remuneración económica como por el prestigio logrado en concursos nacionales o internacionales. Todo ello mejoró la validación del muestreo de datos al combinar la homogeneidad del entorno con la heterogeneidad de los retos afrontados por equipos multidisciplinarios.

A la vista de la extraordinaria oportunidad para ensayar entre diversos sistemas de gestión de proyectos de ingeniería, se decidió utilizar la reingeniería de procesos para optimizar las medidas de rendimiento, tales como consumo de recursos, calidad o rapidez. Al no dar por sentado ningún parámetro establecido tradicionalmente, y dando continuidad a la iniciativa de innovación docente descrita con anterioridad, se llegó a la conclusión de que debía probarse un sistema de trabajo ajeno a la ingeniería industrial, como es la metodología ágil Scrum [14].

Una vez expuestas las distintas metodologías susceptibles de ser utilizadas, en el apartado siguiente se describe tanto la opción elegida como su desarrollo práctico.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- MARCO TEÓRICO Y ELECCIÓN DE SCRUM

Mediante la utilización de las bases de datos sobre conocimiento en gestión de proyectos de innovación en ámbitos universitarios, se ha podido constatar la originalidad de este trabajo, puesto que no ha sido posible encontrar una publicación equivalente que aplicase Scrum en proyectos mixtos nacidos en el ámbito universitario, propuestos por empresas que con vocación de patentar la innovación más ajustada a mercado y que finalmente concursaran a nivel nacional e internacional para demostrar su viabilidad. Las búsquedas en bases de datos como W.O.S. o SCOPUS, han estado relacionadas con los tópicos: "agile methodology", "innovation management and new product development", "university innovation scrum". Existen referencias parciales en publicaciones que se han centrado en exclusiva en alguno de los sectores del estudio aquí descrito, es decir, o bien en la aplicación de Scrum en el ámbito educativo, o

 ARTICULO INVESTIGACIÓN	ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM A LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN UNIVERSITARIOS EN LA INDUSTRIA 4.0	ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS
	Juan Francisco Vidal Artal, Ramón Miralbes Buil	DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTO/SERVICIO

bien Scrum en proyectos empresariales para gestión de la innovación. Se exponen a continuación las ventajas e inconvenientes de los diferentes enfoques en función de la aplicación de Scrum en ámbitos universitarios, empresariales o profesionales:

- **Ámbito empresarial, innovación de productos industriales utilizando Scrum [15]:** Se muestran las ventajas de Scrum para disminuir el consumo de recursos, fundamentalmente tiempo.
- **Ámbito universitario, fomento del emprendimiento mediante la tutorización entre iguales [16]:** Se muestran las ventajas que en un entorno científico se obtienen al compartir información y la asignación de roles, como ocurre en las metodologías ágiles.
- **Ámbito universitario, aprendizaje basado en proyectos ABP [17]:** Coinciden con las metodologías ágiles en abandonar el enfoque planificado, mecánico o memorístico, planteando actividades como retos interdisciplinares empleando tecnologías TIC, elevando su motivación y confianza.
- **Ámbito universitario, innovación educativa utilizando la dualidad aprendizaje – servicio [18]:** Utilizando propuestas empresariales, como pueden ser los concursos de ideas, para unir al alumnado con la comunidad, de un modo cada vez más “nativo digital”.
- **Ámbito profesional, desarrollo de productos innovadores mediante Scrum [19] y [20]:** En estas referencias se describe la idoneidad de utilizar Scrum para innovar, actualizar o crear productos de software o industriales con un retorno de inversión sobresaliente. No obstante, en enfoque profesional se aleja de los grupos de trabajo universitarios para centrarse en el ciclo de vida del producto.
- **Ámbito educacional [21]:** Se utilizan metodologías ágiles aportando ventajas a los equipos de diseño, sin tener en cuenta los inconvenientes que provienen de ajustarse al mercado, tanto de la empresa que pueda comercializar el producto como del jurado que otorga los premios a la innovación más destacada.

La elección de la metodología Scrum para proyectos industria 4.0 llegó como consecuencia de la falta de conexión existente entre el programa de la asignatura de proyectos de ingeniería y el programa establecido en uno de los concursos de diseño en el que se participó para motivar al alumnado. A pesar de los esfuerzos realizados para modificar los baremos académicos y de las correcciones efectuadas en el plan de estudios, existía un claro desfase entre la planificación académica y la creatividad que requerían los demandantes de los diseños industriales. La solución llegó al considerar parte del grupo al tutor o “product owner” de la empresa demandante, con capacidad para reorientar mediante videoconferencias periódicas la viabilidad técnica, es decir, la posibilidad de patente o de fabricación del abanico de ideas que habían sobrepasado la fase conceptual. A partir de la observación de que un gran proyecto dirigido académicamente de manera sobresaliente podía desembocar en un mal objeto del proyecto para el demandante del trabajo, o viceversa, un mal proyecto podía desembocar en un gran objeto de proyecto, se puso en marcha un sistema de gestión mediante Scrum hasta entonces considerado de uso exclusivo para proyectos de software.

Las ventajas de la metodología Scrum frente a los métodos de gestión de proyectos tradicional proviene de las siguientes diferencias:

- 1) **Metodología ágil:** Acercamiento permanente y gradual hacia un objetivo difuso, con esfuerzos concurrentes y simultáneos por parte de los integrantes multidisciplinares, sin esperas entre secuencias. Fija los recursos modificando el objetivo.
- 2) **Metodología convencional:** Se rige el proceso por una planificación previa lineal por etapas, fijando el objetivo, sin conocer de antemano los plazos finales y los recursos totales. Se centra en cumplir los requisitos fijados según un plan.

Se observa que la diferencia fundamental entre ambas metodologías es que la filosofía ágil no busca un objetivo fijo y planificado, sino que busca el mejor método para avanzar o para innovar. El método planificado es incompatible con un proyecto que considera fijos los recursos e intenta llegar con ellos lo más lejos posible.

Respecto a la elección de Scrum como mejor metodología ágil para proyectos de innovación industrial, es consecuencia de la entrega de trabajo mediante iteraciones ágiles, involucrando a todo el equipo incluyendo al cliente. Este modo de trabajo guarda similitudes con en el modelo de desarrollo basado en la ingeniería concurrente [22], que sirve para los procesos abiertos de mejora continua. En los procesos de desarrollo abiertos como Scrum, el cliente conoce en cada una de las etapas como va disminuyendo la incertidumbre respecto a las capacidades que el nuevo prototipo industrial pretende satisfacer, y puede evaluar su grado de viabilidad en función de sus posibilidades de fabricación, comercialización, etc.

Entre las diferentes metodologías ágiles existentes, Scrum es más usado y el que se ha seleccionado para este trabajo. Su denominación proviene de la forma particular que un equipo defiende una falta menor, en forma de “melé”. Define como historias de usuario, o “backlog”, los requisitos y necesidades del cliente, que pueden poseer distintas cargas de trabajo o prioridad. El encargado de ordenar el “backlog” será el “product owner” o representante del cliente. La priorización se modifica al acabar cada iteración. Scrum nos ha aportado las siguientes capacidades:

- Entregar continuamente valor para el cliente en plazos muy cortos.
- Capacidad de afrontar los cambios.
- Trabajar conjuntamente el equipo de desarrollo y el cliente.
- Simplificar las tareas para obtener el máximo trabajo con el mínimo gasto de recursos.
- Buscar la excelencia todos los integrantes.
- Mejorar continuamente el desarrollo, además de la mejora continua del equipo.

El representante de la propiedad o product owner del equipo Scrum [23], como figura clave de las metodologías ágiles, no tiene correlación con los equipos de trabajo de otros modelos de gestión. Todavía no es una figura habitual en las empresas relacionadas con la industria 4.0. El perfil de los delegados representantes de las empresas participantes en estos concursos presentaba bastantes diferencias, aunque todos tenían una misma función inicial consistente en disminuir la dispersión de los proyectos a valores aceptables por los departamentos de fabricación de sus respectivas empresas. Como veremos, en el entorno ágil Scrum la función del especialista fue confinar lateralmente el objeto del proyecto [1], coordinado con la dirección frontal o en línea, para determinar el paso entre etapas.

A diferencia de la aplicación de Scrum en el ámbito empresarial, cuando se utilizan dichas herramientas en el ámbito universitario deben resolverse peculiaridades propias de la docencia, al prevalecer el objetivo académico sobre el resultado de innovación y sobre el posible valor empresarial del diseño obtenido. Los plazos se sujetan al entorno académico no existiendo concesión de plazos que permitan dar respuestas a imprevistos. La búsqueda de excelencia académica ha llevado a varios alumnos a obtener ofertas de trabajo por empresarios buscadores de jóvenes talentos. La diferencia de medios entre el entorno universitario y empresarial ha resultado ser un factor irrelevante para el estudio, puesto que los objetivos se centraron en extraer el máximo posible de los recursos disponibles, sin importar si el valor final alcanzado era consecuencia del punto de partida.

Se concluye que es viable aplicar un modelo de éxito a las demandas de la industria 4.0, basándose en un equipo creativo Scrum, dirigido simultáneamente por un director del proyecto y por un director del objeto del proyecto.

2.2.- ACOPIO DE DATOS

Durante tres años se afrontaron cinco retos de diseño anuales, entregando más de tres innovaciones por reto, hasta un total de 52 proyectos. El tiempo máximo asignado a cada proyecto fue de cuatro meses. Se utilizaron las propuestas del concurso nacional de innovación en packaging, realizadas por parte de empresas líderes como Inditex, Mercadona, Hinojosa, etc., pertenecientes a sectores industriales tan diversos como farmacéutico, alimentación, químico o equipamientos. Los premiados en este concurso para jóvenes talentos, en el que competían más de 20 universidades, pasaban de forma automática a participar en la final de un concurso de ámbito profesional. Obtener el premio del concurso profesional líder en España en el sector del packaging suponía poder representar a España en los premios sectoriales internacionales de innovación, cuya obtención en varias categorías permitió situar el diseño industrial nacional al máximo nivel.



Fig.1 Material empleado para la toma de datos

 DYNA Management	ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SCRUM A LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN UNIVERSITARIOS EN LA INDUSTRIA 4.0	ORGANIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS
	ARTICULO INVESTIGACIÓN	Juan Francisco Vidal Artal, Ramón Miralbes Buil

Se requería poder asegurar unas condiciones normalizadas para la totalidad de los proyectos a estudiar. Las bases de las tres últimas ediciones del concurso nacional del clúster de innovación en envase y embalaje fueron idénticas y compartidas por todos los trabajos, asegurando las siguientes condiciones de entorno: mismas reglas, mismos tiempos, evaluación final a realizar por jurado independiente del equipo de redacción, utilización de las mejores técnicas actuales en packaging y, por último, la orientación de los trabajos hacia las exigencias de la industria 4.0.

En este estudio todos los proyectos contaron con la misma dirección y las mismas posibilidades de acceso a las instalaciones universitarias. En cuanto a la composición de los equipos participantes, en el planteamiento inicial se consideró irrelevante el número de personas que debían componer los equipos de trabajo, lo que posteriormente fue validado mediante los datos obtenidos. El 85% de los equipos lo formaron indistintamente alumnos y egresados de la Universidad de Zaragoza, siendo el 15% restante compuesto por propuestas individuales que serían entregadas simultáneamente como trabajo final de grado universitario.

2.3.- MÉTODO DE TRABAJO EMPLEADO COMBINANDO METODOLOGÍAS

Todos los equipos de trabajo adoptaron las metodologías ágiles como herramienta de gestión idónea. Cada equipo pudo elegir libremente y sin restricción inicial el proyecto a realizar, pudiendo cambiar tanto de reto como de integrantes del equipo a través de un sistema de permisos. De esta forma se consiguió fomentar un elevado grado de creatividad y motivación ofreciendo, además, una supervisión ante posibles bloqueos, y la posibilidad de realizar correcciones.

En la etapa inicial se utilizaron herramientas de innovación docente como el Flipped Classroom o el aprendizaje basado en proyectos (P.B.L.), muy versátiles y flexibles pero de escasa aplicación fuera del ámbito académico. En el ámbito empresarial existen también métodos para fomentar la participación que además permiten compartir información, como por ejemplo certificar la calidad por medio de la European Foundation for Quality Management (EFQM) o usar técnicas como la lluvia de ideas cuando se abordan acciones de mejora. El final de esta etapa inicial se producía cuando los equipos procedían a la asignación de roles a sus miembros y comenzaban la exploración de innovaciones cuya viabilidad debía ser probada. En todos los casos existió un indicador evidente que mostraba que se había alcanzado el final de la fase inicial, como fue el fin de las reuniones de trabajo junto a equipos de diseño rivales. Dicha primera etapa fue la única susceptible de ser gestionada mediante técnicas convencionales, aunque fue considerada una novedad por sus integrantes debido a la naturaleza cooperativa de coworking entre grupos.

A partir de la segunda etapa todos los equipos adoptaron espontáneamente el método Scrum. En contraposición con la situación anterior, el grado de transparencia hacia el entorno fue bajísimo al abandonar la fase inicial, llegando incluso a generarse un cierto grado de desconfianza hacia el especialista asignado por cada empresa. En ningún caso se llevó al límite la salvaguarda de la innovación recurriendo a los mecanismos legales de protección intelectual/industrial.

Las herramientas de gestión convencionales, como por ejemplo planificación, diagramas Gantt o cronogramas, únicamente fueron utilizadas de manera complementaria en los trabajos finales de carrera, destinados a ser defendidos ante tribunal académico, por lo que no tuvieron influencia en los resultados.

Las acusadas diferencias observadas entre cada una de las etapas causaron que no fuera factible aplicar un único método como se pretendía en un inicio. Se utilizaron parcialmente los métodos aceptados de Cooper [8] o Wheelwright y Clark [9] o Thomke [10], tal y como se puede apreciar en la figura 4.

2.4.- RETORNO DE LA INVERSIÓN DE LOS RECURSOS

Teniendo en cuenta la imposibilidad de emplear un único método de gestión para la totalidad de las etapas, tan diferentes entre sí, resultó obligatorio utilizar como indicador el R.O.I. La figura 2 representa el triángulo de hierro, simplificación habitual acerca de las tres magnitudes en constante equilibrio por parte del equipo de gestión. Por ello, en todo proyecto el consumo de uno de los recursos afecta a los restantes, es decir, si por ejemplo se aumenta la inversión, el triángulo devolverá resultados en términos de calidad o plazo. Se puede definir el retorno de inversión como el punto de trabajo dinámico inscrito en el interior del triángulo de hierro formado por coste, plazo y alcance. Se consideró que el limitado plazo del trabajo no justificaba añadir indicadores de gestión más sofisticados, como, por ejemplo, la gestión del riesgo. A través de la medida del R.O.I. se pudo determinar en cada momento el agotamiento de los recursos empleados frente a los resultados esperados, siendo determinante para proceder a la activación de las compuertas de paso entre etapas.

Debe señalarse que la metodología ágil Scrum incorpora una dirección de proyecto difuminada, muy diferente de la dirección clásica para tareas jerárquicas en cascada, lo que requiere determinar en un primer estadio el tipo de indicador que se va a usar para activar el cambio entre etapas. Dicha característica que a priori fue considerada una amenaza resultó ser uno de las fortalezas para asegurar

la satisfacción del cliente [14]. La utilización del R.O.I. fue el único modo de separar los intereses entre el éxito del proyecto y el éxito del objeto del proyecto, impidiendo que se produjera un proyecto fallido impecablemente gestionado.

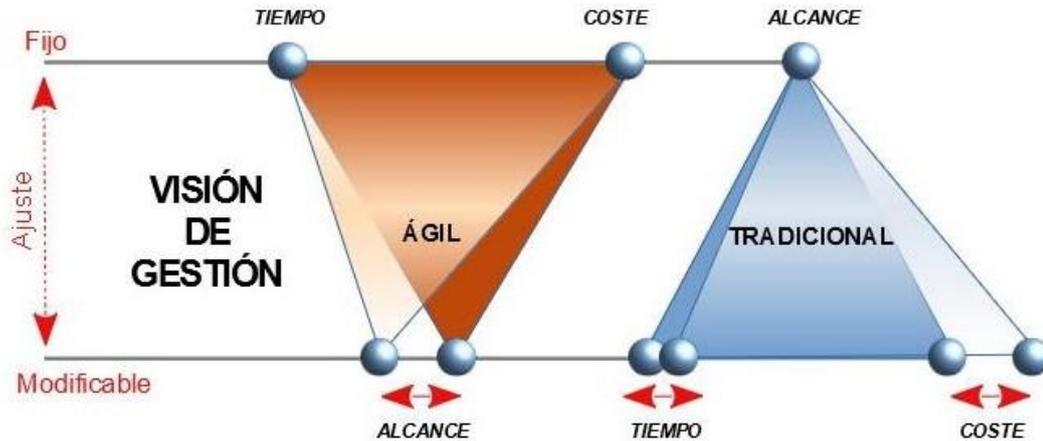


Fig. 2 Triángulo de hierro

3.- RESULTADOS

3.1.- IDONEIDAD Y VALIDACIÓN DE LOS PROYECTOS

Todos los proyectos (52) de ingeniería aplicada que se han dirigido, son considerado aptos para esta investigación, dado que en todos los casos se procedió a la entrega del dossier requerido por las bases de los concursos, aunque los elementos opcionales requeridos para validar la óptima gestión del proyecto (panel, presentación de marketing y prototipo) no fueran entregados por todos los grupos participantes.

Los resultados externos obtenidos quedan reflejados en los premios obtenidos en todas las ediciones de los concursos en los que se ha participado: Clúster de innovación en envase y embalaje, Concurso nacional Liderpack y Concurso internacional WorldStar Packaging Awards.

Los resultados obtenidos han seguido el principio de Pareto o regla 80/20 aplicada a la gestión [24], es decir, el 20% de los trabajos requerían para su éxito el 80% de los recursos disponibles para el conjunto. La figura 3 expone el porcentaje de trabajos "push" que no culminó las entregas opcionales. Dichos trabajos no resultaron fallidos en la excelencia del trabajo, sino en no alcanzar la meta original planificada.

El segundo parámetro interno utilizado para validar los resultados ha sido el cumplimiento de la distribución estadística estándar ya descrita. En la gráfica se aprecian los tres grupos de características homogéneas: push, medio (60%) y pull (20% señalado en color rojo). Estas agrupaciones de participantes se obtienen como resultado de evaluar su desempeño para la resolución de problemas, ajustándose los resultados a lo esperado, es decir, existiendo un número bajo de excepciones.

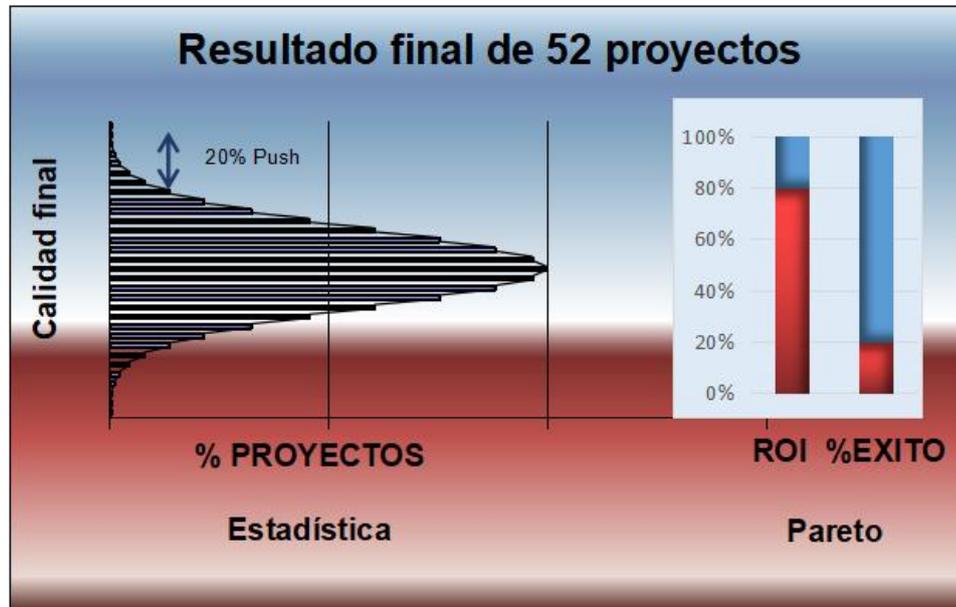


Fig. 3 Resultados cuantitativos

Aproximadamente 1/5 de los trabajos resultaron fallidos debido al carácter “push” de sus propuestas, es decir, exceso de creatividad ajena a lo solicitado por el cliente. Aun consiguiendo que sus innovaciones resultaran halagadas por algún departamento de marketing, fueron consideradas fallidas en su gestión. Adicionalmente, su consumo de recursos fue regido por el principio de Pareto, demostrando requerir bases de concurso adaptadas individualmente.

El grupo medio generalmente presentó carencias de confianza en sus trabajos, no considerados buenos incluso según sus propios autores. Esta circunstancia fue debida a que en la mayoría de los casos o bien se habían sentido incómodos con el producto, o eran conscientes de la cantidad excesiva de destrezas que debieron adquirir a lo largo del proyecto.

En relación con el grupo “pull”, 1/5 de los trabajos alcanzaron la excelencia al asegurar la satisfacción del cliente cuando es quien “tira” de la cadena de la fabricación/servicio. Resultados sobresalientes fueron obtenidos al proyectar sus fortalezas hacia las oportunidades [25], con un grado emocional elevado. La metodología de gestión resultó un elemento clave para que en cualquiera de las iteraciones o sprints surgieran habilidades hasta entonces ocultas, que permitieran reformular el proyecto. Todos ellos obtuvieron premios económicos y de reconocimiento.

3.2.- CONVERGENCIA DE LOS EQUIPOS CON LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

Los datos obtenidos mostraron de modo inesperado una abrupta separación entre la evolución del trabajo en la fase inicial y final, lo que motivó la necesidad de emplear distintos tipos de gestión.

En la figura se observa la conveniencia de no alargar la etapa inicial, caracterizada por su carácter transparente, participativo, flexible y abierto. Tal y como aparece descrito en el apartado anterior, su función debía centrarse en la toma masiva de datos, analizar el estado del arte y realizar encuestas.

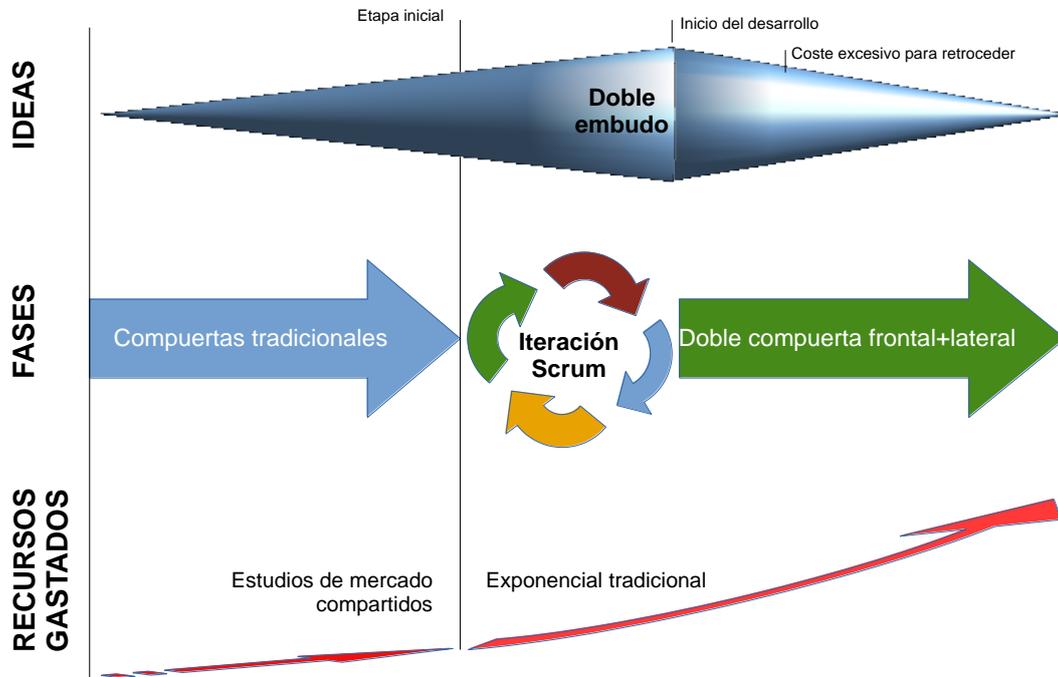


Fig. 4 Resultados cualitativos de gestión

En la figura 4 se aprecian las innovaciones de gestión que sirvieron para optimizar Scrum:

- Fue anulado el embudo descendente tradicional al incorporar la etapa inicial creativa.
- La dirección del proyecto se combinó con la dirección del objeto del proyecto, obteniendo un sistema de doble compuerta, que anula el sistema lineal de compuertas tradicional.
- El sistema tradicional exponencial de consumo de recursos arrancó mucho más tarde, debido a los escasos recursos desperdiciados en la etapa inicial de trabajo en común.

Formados los equipos tras la primera etapa, la segunda fase se centraba en el método de trabajo y en la interacción entre los participantes. Como consecuencia de haber observado que el alumnado, dotado de libertad creativa, adoptaba espontáneamente un método de trabajo participativo con jerarquías flexibles tipo Scrum, y no habiendo encontrado referencias de trabajos similares, se inició a partir del curso siguiente un modelo sistemático para estudiar la viabilidad del nuevo método durante los años 2017, 2018 y 2019, utilizando para ello una asignatura práctica de último año de Ingeniería de Diseño Industrial de la Universidad de Zaragoza.. Se materializó dicha metodología mediante los siguientes aspectos:

- Dos reuniones mínimas por semana de corta duración para asignar roles a las tareas.
- Iteraciones fracasando frecuentemente, barato y rápido.
- Valorar la proximidad a la última iteración, cuando el R.O.I. indica valores negativos.
- Consulta periódica al delegado de la empresa o "product owner", ocupado en el equilibrio entre no planificar y advertir de lo inviable.
- Rendir cuentas a la dirección del proyecto ocupado en establecer compuertas para cada etapa.
- Asumir la conveniencia de iniciar otro nuevo proyecto en lugar de continuar empujando hacia atrás el proyecto actual.

3.3.- CONSUMO DE RECURSOS

Las diferencias en el consumo de recursos en la etapa inicial se explican al dotar de cualidades "reciclables" a los trabajos realizados, puesto que el carácter participativo permitía cambiar de grupo a las personas, o permutar el objetivo del equipo de trabajo. Además, al compartir encuestas y estado del arte, en ningún caso se generaron los desperdicios del Lean Manufacturing [26]. El esfuerzo

individual consumido en las etapas conceptual/general fue muy bajo, al no requerir afrontar soluciones de asimilación de tecnología por un determinado producto.

Debido a no resultar exactos los modelos de representación del consumo de recursos como, por ejemplo, coste promedio exponencial, se ha considerado conveniente incluir su evolución en la figura 4.

3.4.- RESULTADOS OBTENIDOS POR EL PRODUCT OWNER

Esta figura especialmente controvertida por no formar parte del equipo de trabajo, ha tenido además perfiles variados al ser miembro de cada una de las empresas cliente. Se puede afirmar que en general aportó lo siguiente:

- Advertir de la inviabilidad de las soluciones, logrando reducir el consumo de recursos al disminuir la dispersión de resultados.
- Ejercer una función complementaria que denominamos logística inversa de información, por medio del suministro de información desde el cliente en dirección contraria al diseño del producto. Se resolvieron con acierto problemas de perfil logístico como son la obtención, almacenamiento y puesta a disposición de información al usuario.
- No influir en el valor de la innovación, mérito exclusivo del equipo de trabajo.
- El reflejo de esta novedosa figura ha obtenido respuestas muy distintas en cada grupo, como por ejemplo tendencia a ocultar la solución lograda, o no revelar posibles inconvenientes encontrados por temor del equipo de trabajo a ser penalizado.

No obstante, la figura del product owner no resulta apta para todo tipo de proyectos como se expone en el apartado siguiente.

4.- DISCUSION

Los resultados atestiguaron las bondades del sistema empleado en el desarrollo de innovaciones industriales, en buena medida debido al entorno homogéneo facilitado durante los tres años del estudio. No obstante, se describen a continuación las limitaciones que aparecieron.

No resulta susceptible nuestro modelo de trabajo para innovar en aquellos proyectos ajenos a la cultura de “aprender perdiendo”, como por ejemplo los proyectos de seguridad y calidad industrial que suelen culminar en un diagnóstico “cumple o no cumple”. Se puede afirmar que las metodologías ágiles resultan idóneas cuando el resultado futuro es incierto. Del mismo modo, no se consideran aplicables nuestras conclusiones a los proyectos sujetos a la normativa de contratación del sector público, aun admitiendo que las últimas modificaciones legislativas dotan al “responsable del contrato” de características próximas al “product owner”.

Las fases del proyecto deben ser conocidas de antemano por todos los integrantes. La motivación para proceder al cambio de fase será responsabilidad del director del proyecto o docente universitario en nuestro caso. El retroceso de fase, por ejemplo, retornar a la fase conceptual después del estudio de mercado del prototipo, debe involucrar el fracaso del proyecto actual y el inicio de otro distinto, en línea con el 70% de fracasos expuestos en el estudio Chaos [5].

El especialista nombrado por la empresa para realizar el soporte técnico ha sido a menudo el factor más desestabilizante, confirmando la influencia de los stakeholders en el desarrollo de la innovación. Este factor se ha agravado en ocasiones en función del departamento de origen, normalmente fabricación/producción, aunque en ocasiones provenía del departamento de I+D+i propio de la empresa, o incluso del departamento de marketing.

5.- CONCLUSIONES

En primer lugar, asumiendo como inevitable la necesidad de actualizarse a la denominada “industria 4.0”, mediante proyectos de innovación que incorporen nuevas tecnologías emergentes, este trabajo concluye que resulta fundamental sustituir las herramientas de gestión tradicionales e incorporar en su lugar soluciones de éxito utilizadas en el sector de las TIC, como son las metodologías ágiles. En particular, la metodología más adaptada a nuestra aplicación práctica ha sido Scrum [1]. Sus resultados han sido espectaculares, superando todas las previsiones, obteniendo además 14 premios por medio de 52 proyectos empresariales de innovación, a lo largo de 3 años. Dichos resultados exponen que aun desconociendo QUÉ adelanto tecnológico se implementará en el próximo proyecto, el ingeniero debería ser capaz de responder CÓMO se realizará.

No obstante, en función de la carga tecnológica del proyecto, el proyectista ponderará la idoneidad de utilizar o bien métodos tradicionales limitando los riesgos, o bien ágiles que requieren “aprender perdiendo”. Según nuestra experiencia, resulta compatible aunar ambos enfoques en los proyectos de innovación industrial, como han sido los proyectos objeto de este estudio. También resultará apto el cambio de enfoque propuesto para los numerosos proyectos que en la actualidad se deben realizar para dotar de internet de las cosas (IoT) a los productos/servicios convencionales. En general, las metodologías ágiles son susceptibles de ser

aplicadas a aquellos proyectos industriales que gocen de las siguientes características: velocidad de cambio, permanente actualización o incertidumbre en el resultado. Dada la enorme oportunidad que presentan las metodologías ágiles para crear sinergia con las tecnologías industriales, deben dejar de considerarse de aplicación exclusiva para el sector de las TIC.

En un segundo nivel de profundidad en la utilización de herramientas para optimizar la toma de decisiones en proyectos de innovación, se trató de cuantificar la eficiencia de los recursos empleados o gastados, a lo largo de la vida del proyecto. Resultó infructuoso emplear los modelos de control tradicionales de compuertas o exponencial. Las razones principales de la falta de precisión de los métodos de cuantificación fueron: la corta vida útil de los proyectos y el solapamiento inevitable entre etapas.

El cumplimiento de los objetivos previstos se logró a través de un tercer ajuste en el sistema de gestión, combinando Scrum con las compuertas de fase, que permitió corregir los retrasos de última hora, recurrentes durante el periodo anterior a los tres años que comprende el estudio. Forzar el paso entre etapas por parte del director académico, empujando el proyecto y anulando el “backlog” ágil, requirió el uso del sistema de compuertas “en línea” basado en el retorno de inversión, para determinar cuándo las pérdidas superan las ganancias. Es importante señalar que buenos proyectos culminaron en ocasiones en un objeto de proyecto muy pobre, y viceversa.

Se ha constatado que ante los nuevos retos que surgen con la llegada de la industria 4.0, existen herramientas novedosas ya contrastadas en entornos TIC, susceptibles de ser incorporadas. Por medio de estas herramientas resulta factible implementar las siguientes ventajas a proyectos tanto universitarios como empresariales: flexibilidad, optimización de los recursos, libertad creativa, fijar el coste desconociendo el alcance e incorporación del cliente a la resolución de los problemas.

Por último, el 90% de los proyectos premiados trabajaron activamente con el representante de la empresa o “product owner”, encargado de equilibrar viabilidad/dispersión del objeto de proyecto. El mayor grado de satisfacción se alcanzó al simultanear la dirección “en línea” con la dirección “en lateral”, responsabilidad del representante de la empresa. Queda como futura línea de investigación profundizar en las habilidades de este especialista, inexistente actualmente en gran parte de las industrias con las que hemos trabajado.

REFERENCIAS

- [1] STEINBECK, Reinhold. El «design thinking» como estrategia de creatividad en la distancia. *Comunicar*, 2011, vol. 19, no 37, p. 27-35. <http://dx.doi.org/10.3916/C37-2011-02-02> ISSN: 1134-3478.
- [2] MCCORMICK, Mike. Waterfall vs. Agile methodology. MPCS, N/A, 2012.
- [3] GURUSAMY, Kavitha; SRINIVASARAGHAVAN, Narayanan; ADIKARI, Sisira. An integrated framework for design thinking and agile methods for digital transformation. En *International Conference of Design, User Experience, and Usability*. Springer, Cham, 2016. p. 34-42. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40409-7_4 ISBN 978-3-319-40409-7.
- [4] PORTER, Michael. Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia. *Harvard Business Review*, 2008, vol. 86, no 1, p. 58-77.
- [5] KERZNER, Harold. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons, 2017, p. 52.
- [6] MARQUIS, Donald. *Ways of organizing projects*. *Innovation*, 1969, vol. 5, no 7, p. 26-33.
- [7] GUIDE, A. *Project management body of knowledge (pmbok® guide)*. En *Project Management Institute*. 2001.
- [8] CLANCY, Tom. *The chaos report*. The Standish Group, 1995.
- [9] RODRIGUES, Ivete; RABETTI, Danilo. Gestão adaptativa de projetos: um levantamento dos artefatos mais utilizados para gerenciar o escopo do projeto. *Revista de Gestão e Projetos*, 2021, vol. 12, no 1, p. 95-122. <https://doi.org/10.5585/gep.v12i1.18632> ISSN: 2236-0972.
- [10] LÓPEZ, Nuria Rodríguez. La innovación: clave del éxito empresarial. En *La gestión de la diversidad: XIII Congreso Nacional, IX Congreso Hispano-Francés*, Logroño (La Rioja), 16, 17 y 18 de junio, 1999. Universidad de La Rioja, 1999. p. 251-256.
- [11] COOPER, Robert G.; EDGETT, Scott J.; KLEINSCHMIDT, Elko J. Optimizing the stage-gate process: What best-practice companies do—II. *Research-Technology Management*, 2002, vol. 45, no 6, p. 43-49. <https://doi.org/10.1080/08956308.2002.11671532> ISSN: 1930-0166.
- [12] WHEELWRIGHT, Steven C.; CLARK, Kim B. *Creating project plans to focus product development*. Harvard Business School Pub., 1992.
- [13] THOMKE, Stefan; FUJIMOTO, Takahiro. The effect of “front-loading” problem-solving on product development performance. *Journal of Product Innovation Management: An International Publication of the Product Development & Management Association*, 2000, vol. 17, no 2, p. 128-142. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.1720128> ISSN: 1540-5885.
- [14] DEEMER, Pete, et al. *Información básica de SCRUM*. California: Scrum Training Institute, 2009.
- [15] VERETENNIKOVA, Natalia; VASKIV, Roman. Application of the Lean Startup Methodology in Project Management at Launching New Innovative Products. En *2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*. IEEE, 2018. p. 169-172.
- [16] TERUELA, N. Grané, et al. Adquisición de competencias emprendedoras a través de la mentorización de iguales. En *El reconocimiento docente. Innovar e investigar con criterios de calidad: XII Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria*. Instituto de Ciencias de la Educación, 2014. p. 708-721.
- [17] AUSÍN, Vanesa, et al. Aprendizaje basado en proyectos a través de las TIC: una experiencia de innovación docente desde las aulas universitarias. *Formación universitaria*, 2016, vol. 9, no 3, p. 31-38.

[18] MARTÍNEZ DOMÍNGUEZ, Begoña, et al. El aprendizaje-servicio, una oportunidad para avanzar en la innovación educativa dentro de la Universidad del País Vasco. 2013.

[19] HIGHSMITH, Jim; COCKBURN, Alistair. Agile software development: The business of innovation. Computer, 2001, vol. 34, no 9, p. 120-127.

[20] JURADO-NAVAS, Antonio; MUNOZ-LUNA, Rosa. Scrum Methodology in Higher Education: Innovation in Teaching, Learning and Assessment. International Journal of Higher Education, 2017, vol. 6, no 6, p. 1-18.

[21] SWEENEY, David S.; CIFUENTES, Lauren. Using agile project management to enhance the performance of instructional design teams. Educational Technology, 2010, p. 34-41.

[22] EPPINGER, Steven D. Model-based approaches to managing concurrent engineering. Journal of Engineering Design, 1991, vol. 2, no 4, p. 283-290.

[23] SVERRISDOTTIR, Hrafnhildur Sif; INGASON, Helgi Thor; JONASSON, Haukur Ingi. The role of the product owner in scrum-comparison between theory and practices. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2014, vol. 119, p. 257-267. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.030> ISSN: 1877-0428.

[24] DUNFORD, Rosie; SU, Quanrong; TAMANG, Ekraj. The pareto principle. 2014.

[25] BADÍA VALIENTE, José David; TERUEL JUANES, Roberto; RIBES GREUS, María Desamparados. Análisis DAFO creativo colaborativo para desarrollar la competencia de innovación, creatividad y emprendimiento. En In-Red 2016. II Congreso nacional de innovación educativa y docencia en red. Editorial Universitat Politècnica de València, 2016. <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2016.2016.4401> ISBN: 978-84-9048-541-5

[26] TOWILL, Denis; CHRISTOPHER, Martin. The supply chain strategy conundrum: to be lean or agile or to be lean and agile?. International Journal of Logistics, 2002, vol. 5, no 3, p. 299-309. <http://dx.doi.org/10.1080/1367556021000026736> ISSN: 1367-5567.