

Juan Francisco Vidal Artal

Validación empírica de las
metodologías ágiles para la
innovación de productos
industriales

Director/es
Miralbés Buil, Ramón

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>



Universidad de Zaragoza
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606



Tesis Doctoral

**VALIDACIÓN EMPÍRICA DE LAS METODOLOGÍAS
ÁGILES PARA LA INNOVACIÓN DE PRODUCTOS
INDUSTRIALES**

Autor

Juan Francisco Vidal Artal

Director/es

Miralbés Buil, Ramón

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Escuela de Doctorado

Programa de Doctorado en Ingeniería de Diseño y Fabricación

2022



Universidad
Zaragoza

Tesis Doctoral

**VALIDACIÓN EMPÍRICA DE LAS
METODOLOGÍAS ÁGILES PARA LA
INNOVACIÓN DE PRODUCTOS INDUSTRIALES**

Autor

Juan Francisco Vidal Artal

Director

Dr. Ramón Miralbes Buil

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ingeniería de Diseño y Fabricación

2022

Agradecimientos:

*A Ramón en especial,
y al Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación, en general.*

*Así como a aquellas personas que me han ayudado
generosamente a superar mis retos.*

RESUMEN

Las nuevas tecnologías de información y telecomunicaciones (TIC), la industria 4.0 y las tecnologías emergentes, tienen cada vez más influencia en los factores tradicionales que requieren los proyectos de ingeniería, como son la meticulosidad, la rigurosidad y la planificación. Además, si dichos proyectos disponen de elementos de innovación sustanciales como el internet de las cosas (IoT), nos encontramos con la necesidad de reformular la concepción rígida de las herramientas convencionales. Dadas las especiales características de los trabajos de innovación tecnológica, suelen resultar poco útiles los modelos de gestión que se aplican al resto de los proyectos de ingeniería.

Con objeto de optimizar la gestión de la innovación tecnológica, se ha considerado adecuado explorar otras ramas de la ciencia buscando básicamente herramientas que fueran compatibles con las características propias de la creatividad. Entre las propiedades que definen la creatividad se cita habitualmente la necesidad de fracasar de forma rápida, barata y frecuente. En el cuerpo de este documento se describen los elementos comunes encontrados, entre otros, en los proyectos de ingeniería informática, en los proyectos de innovación industrial 4.0, en la metodología "*design thinking*", en el modelo abierto para la innovación, en la ingeniería concurrente y en la metodología ágil Scrum. Estos sistemas, que proceden de distintas áreas de conocimiento, presentan características como la falta de planificación, el trabajo en equipo, la incorporación del cliente en el proceso, la aceptación del fracaso y el perfil difuso del objetivo en sus primeras etapas.

Las marcadas diferencias entre las metodologías predictivas y las metodologías denominadas ágiles, han motivado la necesidad de generar un nuevo modelo de trabajo mixto, susceptible de justificar el esfuerzo de comprobar su viabilidad mediante un estudio empírico. Para la formulación de dicho modelo se ha recurrido a la reingeniería de procesos tomando como base la metodología Scrum, habitualmente orientada a proyectos informáticos. Aunque a priori Scrum no resulta compatible con proyectos de la rama industrial, ha demostrado crear sinergia con el diseño y desarrollo de nuevos productos.

La comprobación de este modelo de gestión para la innovación industrial ha supuesto tres años de estudio empírico. La respuesta perseguida no ha sido conocer QUÉ actualización requiere un producto sino CÓMO debe realizarse la siguiente actualización o innovación, favoreciendo la labor de los gestores de diseños industriales para obtener tanto el éxito del objeto del proyecto como el éxito del proyecto. En proyectos tradicionales resulta común encontrar proyectos fracasados en su planificación obteniendo un objeto de proyecto exitoso, y viceversa.

Para el desarrollo práctico se ha contado con la oportunidad de trabajar en un entorno universitario ligado a proyectos empresariales, con la participación de 150 ingenieros y estudiantes de último año de ingeniería. Para fijar de forma homogénea las bases de trabajo y para validar la eficiencia de las herramientas, se ha recurrido a concursos de innovación en packaging, obteniendo premios y reconocimientos tanto en concursos nacionales como internacionales, refrendados por empresas de primer nivel como Inditex, Mercadona, etc. En total se entregaron 52 proyectos, 14 de los cuales fueron premiados.

Ha sido necesario adaptar indicadores que permitieran validar la utilización de las metodologías ágiles, entre los que destacan las herramientas estadísticas o el retorno de inversión (ROI), como medida de la eficiencia del consumo de recursos. La figura del director del proyecto ha requerido adaptarse al doble sistema de compuertas propuesto en el modelo. Las dobles compuertas responden al control del avance en lateral y en línea, para controlar la dispersión y los plazos respectivamente. La consecuencia de trabajar en un sistema mixto, ha sido la necesidad de repartir la responsabilidad entre el docente y el representante de la empresa convocante del concurso. Así, las funciones de gestión de los plazos del proyecto ha correspondido al docente y las funciones de asegurar la viabilidad del objeto del proyecto han sido asumidas por el delegado de la empresa o "product owner".

Además, ha sido conveniente incluir las siguientes innovaciones de gestión para optimizar dicho sistema mixto:

1. Anular el embudo descendente tradicional de generación de ideas, al incorporar la etapa inicial creativa.
2. Combinar dos líneas de gestión, en línea y lateral, obteniendo un sistema de doble compuerta, que permite anular el sistema planificado tradicional.
3. Posponer el inicio de la curva exponencial tradicional que refleja el consumo de recursos, obteniendo un bajo consumo inicial mediante el trabajo en común y la contención del ROI.

En suma, se ha obtenido la validación empírica de un modelo de éxito dirigido 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.

ABSTRACT

New information and telecommunications technologies (ICT), Industry 4.0 and the ephemeral nature of emerging technologies are increasingly influencing the traditional factors that engineering projects require, such as meticulousness, rigor and planning. In addition, if these projects have elements of innovation such as the Internet of Things (IoT), we find ourselves with the need to reformulate the rigid conception of conventional tools. Given the special characteristics of technological innovation work, management models and common tools that are applied to other engineering projects are often of little use.

In order to optimize the management of technological innovation, it was considered appropriate to explore other branches of science, basically looking for tools that were compatible with the characteristics of creativity. Among the properties that define creativity, the need to fail quickly, cheaply and frequently is commonly cited. The body of this document describes the similarities found, among others, in computer engineering projects, industrial innovation projects 4.0, the "design thinking" methodology, the open model for innovation, concurrent engineering and Scrum methodology. These systems, which come from different areas of knowledge, present characteristics such as lack of planning, teamwork, incorporation of the client into the process, acceptance of failure and the diffuse profile of the objective in its early stages.

The marked differences between the predictive methodologies and the so-called agile methodologies, led to the need to generate a new mixed work model capable of being tested to ensure its viability. The formulation of this model was proposed through the reengineering of processes based on the Scrum methodology oriented to computer projects. Although a priori Scrum was not compatible with projects in the industrial branch, it proved to create synergy with the activities related to the launch of new products.

The verification of this management model for industrial innovation was carried out through an empirical study over three years. The main motivation

was not to know WHAT update a product requires but HOW the next update or innovation 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. In traditional projects it is common to find failed projects in their planning obtaining a successful project object, and vice versa.

For practical development, we have had the opportunity to work in a university environment linked to business projects, with the participation of 150 engineers and final-year engineering students. In order to establish the working bases in a homogeneous way and to validate the efficiency of the tools, innovation competitions in packaging were used, obtaining prizes and recognitions both in national and international competitions, endorsed by top-level companies such as Inditex, Mercadona... In total, 52 projects were delivered, 14 of which were awarded.

It has been necessary to adapt indicators that allow validating the use of agile methodologies, among which statistical tools or return on investment (ROI) stand out, as a measure of the efficiency of resource consumption. The figure of the project manager has required adaptation to the double system of gates proposed in the model. The double gates respond to the control of the advance in lateral and in line, to control the dispersion and the deadlines respectively. The consequence of working in a mixed system has been the need to distribute the responsibility between the teacher and the representative of the company calling the contest. Thus, the functions of managing the project deadlines have been the responsibility of the teacher and the functions of ensuring the viability of the project object have been assumed by the company delegate or "product owner".

The management innovations that served to optimize the proposed mixed system were:

1. Override the traditional downstream idea generation funnel by incorporating the initial creative stage.

-
2. Combine the direction of the project with the direction of the project object, obtaining a double gate system, canceling the traditional planned system.
 3. Postpone the start of the traditional exponential curve that reflects the consumption of resources, obtaining a low initial consumption by working together and containing the ROI.

In sum, the empirical validation of a success model addressed to the demands of Industry 4.0 has been obtained, based on a creative Scrum team, led simultaneously by a project manager and a project object manager.

PUBLICACIONES A RAÍZ DE LOS ESTUDIOS DE ESTA TESIS:

2016	Ponencia en Congreso internacional CIDIP 2016 - AEIPRO: "Modelo de evaluación de riesgos para la gestión de proyectos de ingeniería"
2017 - 2019	Publicación de diseños premiados en prensa nacional y prensa universitaria
2018 - 2020	Publicación de premios obtenidos en concursos nacionales e internacionales, en prensa especializada en packaging y diseño industrial
2022	Revista DYNA MANAGEMENT, "Adaptación de la metodología Scrum a la gestión de proyectos de innovación universitarios en la industria 4.0", Publicado
2022	Revista DYNA, "Scrum como herramienta para añadir tecnologías emergentes a los productos industriales"" (Pendiente de publicación)
2022	26th INTERNATIONAL CONGRESS ON PROJECT MANAGEMENT AND ENGINEERING (Abstract aceptado)
2022	Seminario impartido en el Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación

ÍNDICE

TÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

1.- INTRODUCCIÓN	22
1.1.- ANTECEDENTES DEL ENTORNO DE TRABAJO	22
1.2.- OBJETIVOS	23
1.2.1.- OBJETIVO PRINCIPAL	23
1.2.2.- OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	25
1.3.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS PREDICTIVAS	25
1.4.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES	26
1.5.- INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y CREATIVIDAD.....	26
1.6.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN ÁGIL Y PREDICTIVA.....	27
1.7.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN, INNOVACIÓN Y TIC	27
1.8.- MODELO PROPUESTO	27
1.9.- VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	28
1.10.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	28
2.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS PREDICTIVAS	31
2.1.- ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS	31
2.2.- DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA PREDICTIVA	32
2.3.- FORTALEZAS DE LA GESTIÓN BASADA EN PROYECTOS	34
2.4.- GENERALIDADES SOBRE GESTIÓN DE PROYECTOS.....	34
2.5.- ORGANISMOS DE PROYECTOS PREDICTIVOS	35
2.5.1.- PRINCE2.....	36
2.5.2.- ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS	38
2.5.3.- INSTITUTO DE GESTIÓN DE PROYECTOS.....	38
2.6.- FACTORES DETERMINANTES PARA LA GESTIÓN.....	39
2.6.1.- EN RELACIÓN CON LA INCERTIDUMBRE Y EL RIESGO	39
2.6.2.- EN RELACIÓN CON LA CALIDAD DE GESTIÓN.....	42
2.6.3.- EN RELACIÓN CON LA VELOCIDAD DE DESARROLLO.....	42
2.7.- CARACTERÍSTICAS DE LA GESTIÓN PREDICTIVA.....	42
2.8.- PLANIFICACIÓN PREDICTIVA.....	44
2.9.- DIVISIÓN EN FASES	44
2.10.- CICLO DE VIDA.....	47
2.11.- HERRAMIENTAS DE MEJORA CONTINUA	48
2.11.1.- INGENIERÍA CONCURRENTE	48
2.11.2.- PRINCIPIO DE PARETO.....	51
2.11.3.- CICLO DEMING	51
2.11.4.- KAIZEN.....	54

2.11.5.- LEAN MANUFACTURING.....	55
2.11.6.- BENCHMARKING.....	58
2.11.7.- REINGENIERÍA.....	59
2.12.- ENTORNO DEL PROYECTO.....	60
2.13.- ÉXITO EN GESTIÓN DE PROYECTOS TRADICIONALES.....	62
2.14.- ADAPTACIÓN AL CAMBIO DE LA GESTIÓN TRADICIONAL.....	67
2.15.- HERRAMIENTAS METROLÓGICAS PREDICTIVAS.....	70
2.15.1- DIAGRAMA DE GANTT.....	71
2.15.2- ANÁLISIS DE VALOR.....	72
2.15.3.- INFORMÁTICA ESPECÍFICA PARA GESTIÓN DE PROYECTOS.....	73
3.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES.....	76
3.1.- ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES.....	76
3.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.....	77
3.3.- OBJETIVOS DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.....	78
3.4.- CARACTERÍSTICAS ÁGILES.....	79
3.5.- INTERACCIÓN CON LOS ENTORNOS ÁGILES.....	80
3.6.- MANIFIESTO ÁGIL.....	81
3.7.- FASES ÁGILES.....	83
3.8.- APLICACIONES.....	84
3.9.- HERRAMIENTAS PARA LA MEDIDA DE LA EFICIENCIA.....	86
3.10.- SCRUM COMO CASO DE ÉXITO.....	88
4.- INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y CREATIVIDAD.....	92
4.1.- DEFINICIÓN DE INNOVACIÓN.....	92
4.2.- METODOLOGÍAS DE INNOVACIÓN.....	92
4.3.- EL PROCESO DE INNOVACIÓN.....	97
4.4.- LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN.....	102
4.5.- INNOVACIÓN COMO CAUSA DE ÉXITO.....	104
4.6.- INVESTIGACIÓN ACERCA DE LA INNOVACIÓN.....	106
TÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS	
5.- RELACIÓN ENTRE METODOLOGÍAS ÁGILES Y PREDICTIVAS.....	114
5.1.- COMPARATIVA ENTRE METODOLOGÍAS ÁGILES Y PREDICTIVAS.....	116
5.2.- BENEFICIOS EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS TRADICIONALES.....	119
5.3.- BENEFICIOS EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS ÁGILES.....	120
5.4.- INCONVENIENTES EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS ÁGILES.....	121
5.5.- DIFERENCIAS SEGÚN EL TIPO DE MODELO DE AGILIDAD.....	122
5.6.- TASA DE ÉXITO SEGÚN METODOLOGÍA.....	124
6.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN, INNOVACIÓN Y TIC.....	129
6.1.- NATURALEZA DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN.....	129
6.2.- DISEÑO INDUSTRIAL COMPATIBLE CON I+D+I.....	130

6.3.- DISEÑO DE PRODUCTOS DE INNOVACIÓN	131
6.4.- PROCESO DE INNOVACIÓN DE PRODUCTOS.....	132
6.4.1- INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	133
6.4.2.- PROTOCOLOS SISTEMÁTICOS DE INNOVACIÓN.....	134
6.4.3.- CREATIVIDAD	135
6.4.4.- PRINCIPALES FASES DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN	136
6.5.- MÉTODOS PREDICTIVOS APLICADOS EN INNOVACIÓN	138
6.5.1.- INCONVENIENTES PARA LA INNOVACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO	139
6.5.2.- BENEFICIOS PARA LA INNOVACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO.....	141
6.5.3.- GESTIÓN TRADICIONAL EN EL PROCESO DE DISEÑO.....	142
6.6.- FUTURO DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.....	145
6.7.- PARALELISMO DE LOS PROYECTOS TIC CON LA INDUSTRIA 4.0.....	147
7.- MODELO PROPUESTO.....	151
7.1.- INTRODUCCIÓN A LOS REQUISITOS	151
7.2.- ESTRUCTURA DE DATOS	151
7.3.- PROGRAMA DE ACOPIO DE DATOS.....	155
7.4.- TRAZABILIDAD DE LAS CONDICIONES.....	156
7.5.- MÉTODO DE TRABAJO EMPLEADO.....	156
7.6.- ENFOQUE DEL MODELO	158
7.7.- EMBUDO DE INNOVACIÓN.....	161
7.8.- CURVA "S"	161
7.9.- MÉTODOS DE MEDIDA DE LA EFICACIA DE LOS RECURSOS.....	163
7.10.- DELEGACIÓN DE CONFIANZA.....	166
7.11.- CANCELACIÓN DE PROYECTOS	167
7.12.- CONFLICTO ENTRE GESTIÓN E INNOVACIÓN.....	168
7.13.- IMPORTANCIA DEL PRODUCT OWNER EN INNOVACIÓN	170
7.14.- ÉXITO DEL PROYECTO.....	171
7.15.- GESTIÓN DEL ÉXITO EN I+D.....	171
7.16.- CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO	174
7.17.- PROPIEDADES ÁGILES PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO.....	175

TÍTULO III: RESULTADOS

8.- VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	180
8.1.- IDONEIDAD DE LOS PROYECTOS OBJETO DEL ESTUDIO	180
8.2.- IMPROVISACIÓN EN INNOVACIÓN.....	180
8.3.- FLEXIBILIDAD DURANTE LA VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO.....	181
8.4.- VELOCIDAD DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN	182
8.5.- RESULTADOS EXTERNOS QUE VALIDAN LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS.....	183
8.6.- REVISIÓN INTERNA DE LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS	183
8.7.- CONVERGENCIA DE LOS EQUIPOS CON LAS METODOLOGÍAS ÁGILES	185

8.8.- CONSUMO DE RECURSOS.....	186
8.9.- RESULTADOS OBTENIDOS POR EL PRODUCT OWNER.....	187
9.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	190
9.1.- DISCUSIÓN	190
9.2.- CONCLUSIONES GENERALES.....	191
9.3.- CONCLUSIONES SECUNDARIAS.....	192
9.4.- LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	192
9.5.- CONCLUSIÓN FINAL.....	193
GLOSARIO	195
REFERENCIAS.....	196
ANEXO.....	208

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las metodologías descriptivas	33
Tabla 2. Características de los organismos de gestión predictiva	35
Tabla 3. Adaptación de riesgos según la norma de calidad ISO9000	39
Tabla 4. Matriz de riesgo, adaptado de (Rodríguez, 2011).....	40
Tabla 5. Características y efectos de la ingeniería concurrente.....	49
Tabla 6. Requerimientos de la ingeniería concurrente.....	49
Tabla 7. Pasos de la técnica Benchmarking.....	59
Tabla 8. Principios básicos para el buen desempeño de los proyectos.....	64
Tabla 9. Principios básicos para el buen desempeño de los productos.....	66
Tabla 10. Principios del manifiesto ágil (Batra, 2009)	82
Tabla 11. Variables objeto de medida en sistemas ágiles.....	87
Tabla 12. Resumen de las distintas generaciones de los procesos de gestión	97
Tabla 13. Modelos de innovación, adaptado de (Balmaseda, Elguezabal, Clemente, 2007).....	98
Tabla 14. Enfoques de la gestión de la innovación.....	102
Tabla 15. Ámbitos de la investigación en innovación.....	107
Tabla 16. Principios de gestión ágiles y predictivos.....	114
Tabla 17. Comparativa entre el enfoque ágil y el predictivo	116
Tabla 18. Comparativa ágiles - predictivas, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016).....	119
Tabla 19. Inconvenientes de las metodologías ágiles	121
Tabla 20. Coste Beneficio ágil y tradicional (Rico, 2008)	123
Tabla 21. Los 10 Bloqueos de la creatividad, adaptado de (Von Oech y Willett, 2008)	136
Tabla 22. Pasos a tener en cuenta para el proceso de diseño.....	154
Tabla 23. Adaptación de las fases del ciclo Deming	155
Tabla 24. Modelos de gestión de innovación (Clemente y Balmaseda, 2010).....	158
Tabla 25. Consumo de recursos	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos según el ciclo Deming, adaptado de (García, Quispe y Ráez, 2003).....	52
Figura 2. Proyecto en espiral, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016).....	56
Figura 3. Ejemplo de diagrama de Gantt, adaptado de (Hinojosa, 2003).....	71
Figura 4. Distintas iteraciones, adaptado de (Moniruzzaman y Hossain, 2013).....	83
Figura 5. Scrum, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016).....	88
Figura 6. Evolución de la innovación (Krapyvny, Omelyanenko y Vernydub, 2015)	98
Figura 7. Ventajas específicas de los métodos ágiles (Moniruzzaman y Hossain, 2013).....	120
Figura 8. Distinta utilización de métodos (Moniruzzaman y Hossain, 2013).....	122
Figura 9. Burndown Chart (Sutherland, 2001).....	124
Figura 10. Éxito en metodologías según Ambler (Moniruzzaman y Hossain, 2013).....	125
Figura 11. Tasa de éxito según Standish group (Moniruzzaman y Hossain, 2013)	125
Figura 12. Modelo de innovación, adaptado de (Rothwell, 1992).....	132
Figura 13. Gestión del conocimiento (Johannessen, Olsen y Olaisen, 1999).....	133
Figura 14. Categorías y objetivos de innovación (Durand).....	134
Figura 15. Intersección de la creatividad (Amabile, 1988).....	135
Figura 16. Etapas organizativas (Amabile, 1988)	137
Figura 17. Modelo lineal – ágil, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016).....	138
Figura 18. Coste del retroceso, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016).....	140
Figura 19. Material empleado para la toma de datos.....	155
Figura 20. Dificultades para el éxito por fases (Gerybadze, 2010).....	159
Figura 21. Instrumentos de cooperación para el consenso (Gerybadze, 2010)	160
Figura 22. Embudo de innovación (Cooper, 2019)	161
Figura 23. Curva S de desarrollo tecnológico (Figuroa, 2016).....	162
Figura 24. Progreso de la inteligencia tecnológica, adaptado de (Figuroa, 2016).....	163
Figura 25. Triángulo de hierro	165
Figura 26. Evolución del riesgo y el consumo de recursos para la cancelación.....	168
Figura 27. Interacciones en innovación tecnológica (Álvarez y Bernal, 2017).....	169
Figura 28. Innovación y etapas del desarrollo (Utterback y Abernathy, 1975).....	170
Figura 29. Factores ágiles a medir, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016).....	173
Figura 30. Resultados cuantitativos.....	184
Figura 31. Resultados cualitativos de gestión.....	185

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

- 5G: Quinta generación de tecnología de telefonía móvil.
- ACV: Ciclo de vida.
- AEIPRO: Asociación de los profesionales de la Dirección e Ingeniería de Proyectos de España.
- AMFEC: Análisis modal de fallos.
- BIM: Building Information Modeling.
- BS: British Standards, especificaciones técnicas de la British Standards Institution (BSI).
- CAD: Diseño asistido por ordenador.
- CAS: Sistemas adaptativos complejos.
- CPM: Ruta de cadena crítica.
- DAFO: Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.
- DFMA: Design for Manufacturing and Assembly.
- EDP: Estructura de descomposición del proyecto o Work Breakdown Structure (WBS).
- EPM: Microsoft Office Enterprise Project Management.
- I+D+i: Investigación, desarrollo e innovación.
- INE: Instituto Nacional de Estadística de España.
- IoT: Internet de las cosas.
- IPMA: International Project Management Association.
- ISO: International Organization for Standardization.
- JIT: Producción justo a tiempo.
- NPD: New product development.
- OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- OGC: Oficina de Comercio Gubernamental, incorpora la Central Computer and Telecommunications Agency (CCTA),
- PDCA: Ciclo continuo.
- PERT: Program Evaluation and Review Technique.
- PMP: Project Management Professional.
- PRINCE2: Projects In Controlled Environments.
- QFD: Quality Function Deployment o Función de calidad.
- RAE: Academia de la Lengua Española.
- ROI: Retorno de inversión.
- SPC: Statistical Process Control.
- TIC: Tecnología/s de la información y la comunicación.
- TPM: Mantenimiento productivo total.
- TQC: Control de calidad total.
- TQM: Total Quality Management.
- TWI: Training Within Industry.
- UNE: Una Norma Española, son las especificaciones técnicas creadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- VSM: Value Stream Map, programa de Toyota.
- WCM: World Class Manufacturing.

TÍTULO I

1.- INTRODUCCIÓN

1.- INTRODUCCIÓN.....	22
1.1.- ANTECEDENTES DEL ENTORNO DE TRABAJO.....	22
1.2.- OBJETIVOS.....	23
1.2.1.- OBJETIVO PRINCIPAL.....	23
1.2.2.- OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	25
1.3.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS PREDICTIVAS.....	25
1.4.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES.....	26
1.5.- INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y CREATIVIDAD.....	26
1.6.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN ÁGIL Y PREDICTIVA.....	27
1.7.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN, INNOVACIÓN Y TIC.....	27
1.8.- MODELO PROPUESTO.....	27
1.9.- VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO.....	28
1.10.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	28

1.- INTRODUCCIÓN

Mediante el primer capítulo se introducen las motivaciones y aplicaciones que se pretenden del estudio empírico. Se ponen de manifiesto las justificaciones que permiten reformular los métodos tradicionales para el diseño y desarrollo de los productos tecnológicos y se aprovecha para exponer los contenidos de cada una de las partes del documento.

1.1.- ANTECEDENTES DEL ENTORNO DE TRABAJO

Bajo el punto de vista del entorno empresarial, este trabajo forma parte de una modalidad contrastada de aportación de innovación desde el entorno académico al sector industrial, a través de la realización de concursos de diseño en los que se propone un reto abierto a participantes externos al departamento propio de I+D+i de la empresa.

Desde el punto de vista del entorno mixto empresa – universidad, se deben tener en cuenta el gran número de interacciones que nutren a ambos tipos de instituciones. Uno de los ámbitos en los que la creación de sinergia es más eficaz es en el campo de la innovación (Harryson, Kliknaite y Dudkowski, 2007).

El punto de vista académico, exclusivamente centrado en la obtención de créditos universitarios, se compatibilizó con el empresarial, permitiendo que una primera entrega de documentación estuviera sujeta a los parámetros docentes y una segunda entrega más completa con prototipo y panel de marketing, fuese presentada para su evaluación externa por los tribunales de los concursos. Se demostró que las ganancias tanto en prestigio como económicas, otorgadas por las empresas que patentaron y comercializaron dichos productos, motivaron al alumnado a elegir una asignatura de diseño práctico, realimentando el proceso que producía resultados sobresalientes.

La extraordinaria oportunidad de acoger un número significativo de proyectos que inicialmente servían para obtener créditos universitarios, o como trabajos finales de grado, permitió recoger los datos que se muestran en este estudio. Se compatibilizó la labor de profesor asociado en la Universidad de Zaragoza, con el perfil entusiasta y proactivo que requería

tanto esta Tesis doctoral, como la gestión de los proyectos de innovación industrial que participaron en un ámbito superior al meramente académico.

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 el 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 multidisciplinares. Para ensayar los diversos sistemas de gestión de proyectos de ingeniería que se describen en este documento, 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 (Deemer, 2009).

1.2.- OBJETIVOS

De modo similar al modelo de trabajo que propone esta Tesis, basado en el abandono de los objetivos planificados, se puede afirmar que el objetivo inicial ha evolucionado y crecido a lo largo de los años del estudio empírico que aquí se muestra. En un primer año de puesta en marcha, se intentaron realizar mediciones mediante protocolos convencionales basados en tablas planificadas, que permitieran con posterioridad extraer los porcentajes de éxito o aquellos datos que fueran considerados relevantes. Dicha línea de trabajo tuvo que dejarse a un lado en primer lugar debido a su enfoque

reactivo, opuesto al enfoque proactivo al que se dirigió finalmente el programa de toma de datos. Y, en segundo lugar, ante la imposibilidad de lograr resultados insatisfactorios respecto al nuevo modelo, dado que el 100% de los casos optó por adaptarse a las herramientas ágiles con resultados mejores de lo esperado en todos los casos.

Así, el objetivo global responde a cómo debe realizarse el proyecto de innovación de un producto industrial, sin importar las especificaciones del producto. Se consideraba 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.

1.2.1.- OBJETIVO PRINCIPAL

Al alcanzar precozmente los objetivos iniciales, se reformuló el objetivo principal, enfocado esta vez en encontrar empíricamente la mejor herramienta para cada una de las fases de diseño, utilizando como base de medida el retorno de inversión (R.O.I.). Se define inversión como el conjunto de consumos de recursos económicos, humanos, materiales, riesgo, temporales, satisfacción, motivación, etc.

En este documento se van a exponer las dificultades de encajar las herramientas convencionales de gestión, de enfoque predictivo, en proyectos cuyo final se desconoce, como son muchos de los proyectos de ingeniería industrial. Por ello, el objetivo de este documento busca compatibilizar en un sistema mixto ágil - predictivo, las diversas cualidades que ayudan a innovar en la industria 4.0, sin menoscabo de ser susceptibles de adaptación para la gestión de otro tipo de proyectos. La limitación mostrada en este documento para proyectos de innovación ha sido consecuencia del acceso a datos exclusivamente de este tipo de proyectos durante los tres años de la toma de datos.

1.2.2.- OBJETIVOS SECUNDARIOS

Como objetivos secundarios, se van a exponer las razones por las que no ha resultado adecuada la utilización de algunas de las técnicas más relevantes del modelo convencional, como son las que llevan a la obtención de la certificación "*Projects In Controlled Environments*" (PRINCE2) o a la certificación "Project Management Professional" (PMP). Como resultado, uno de los objetivos secundarios recae en la conveniencia de incluir la comparativa y descripción de las características de aquellas técnicas que han mostrado un rendimiento menos idóneo.

Tras la obtención de éxitos encadenados en términos de alumnos y egresados participantes, junto a un ritmo de premios obtenidos crecientes, se profundizó en obtener como objetivo secundario un sistema de compuertas que permitiera asegurar el mínimo gasto de recursos para obtener el máximo valor entregado al cliente.

Por último, el estudio debía abordar entre sus objetivos las limitaciones que cada miembro del equipo debía adoptar, dada las características de autonomía creativa que formaban parte del marco de trabajo. En estas consignas de reparto de responsabilidades, el objetivo también involucró las funciones del docente, como gestor del proyecto, y las funciones del delegado de la empresa convocante, con funciones de "*product owner*".

1.3.- TÍTULO I CAPÍTULO 2, GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS PREDICTIVAS

En este capítulo se afronta la descripción del estado del arte sobre la gestión de proyectos de ingeniería mediante técnicas tradicionales, también conocidas como predictivas o convencionales.

En una primera exposición se detallan las características que definen a un proyecto de ingeniería y cómo el entorno afecta a su desarrollo. Posteriormente se expone en detalle tanto la normativa de aplicación como los organismos que regulan el standard de funcionamiento de un proyecto

genérico, es decir, aquel que fija el éxito al inicio de modo inamovible, permitiendo únicamente variaciones en coste o plazo.

La consideración del éxito del proyecto se trata de modo independiente, así como sus implicaciones en la velocidad de cambio, que como se verá, provoca gran parte de los problemas de adaptación de los sistemas a los requerimientos de la actualización tecnológica.

1.4.- TÍTULO I CAPÍTULO 3 GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES

En el capítulo 3, las metodologías ágiles se observan bajo la óptica de la ingeniería, resultando particularmente adecuadas para las tecnologías de información y comunicaciones, por lo que en algunos casos se conectarán con desarrollos de software de características muy específicas.

1.5.- TÍTULO I CAPÍTULO 4 INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y CREATIVIDAD

Se ha considerado que la creatividad e innovación disponen de características únicas que deben describirse en detalle para observar cómo se potencian y cómo se ven afectadas al interaccionar con las metodologías que se han descrito con anterioridad. Se observa que son conceptos que exceden del ámbito de la ingeniería, por lo que se ha optado por acoger los conceptos relacionados con la innovación tecnológica. No se ha profundizado en innovación docente, por considerar que no forma parte del núcleo de esta Tesis, a pesar de que se ha utilizado con éxito como método de trabajo para la toma de datos.

1.6.- TÍTULO II CAPÍTULO 5 RELACIONES ENTRE GESTIÓN ÁGIL Y PREDICTIVA

El título II inicia la descripción de los esfuerzos realizados para poner en valor los datos obtenidos y poder extraer conclusiones de ellos. En primer lugar, se relacionan las distintas metodologías de aplicación cuando se aplican a los proyectos de productos industriales, sin tener en cuenta si incorporan características propias del diseño o de la innovación. Dejando a un lado las técnicas experimentales, se han utilizado y probado las mejores técnicas disponibles para lograr los objetivos del proyecto. Como se verá, el gestor de proyectos de ingeniería dispone de capacidad para elegir los modelos más probados para garantizar el éxito otorgado por los recursos empleados.

1.7.- TÍTULO II CAPÍTULO 6 RELACIÓN ENTRE GESTIÓN, INNOVACIÓN Y TIC

En el capítulo 6 se relaciona por primera vez el paralelismo que aparece al comparar el desarrollo de un proyecto de software y un proyecto de innovación, teniendo en cuenta las incertidumbres, los fracasos que se requieren para tomar impulso y la reiteración de planteamientos a una velocidad de cambio desconocida por otros procesos de las ramas de la ingeniería. En este capítulo se obtienen las respuestas que se requieren para tratar las condiciones especiales de un trabajo creativo. Después de haber expresado en otros capítulos cuáles son las características de la innovación tecnológica, en este apartado se resumen las especificaciones que han presentado mejor comportamiento para lograr los objetivos.

1.8.- TÍTULO II CAPÍTULO 7 MODELO PROPUESTO

Culmina el título II con la descripción del sistema final de gestión que ha sido comprobado en el estudio empírico. Tras un primer año de prueba, comparando las técnicas recomendadas más populares, se expone el modelo que mayor éxito ha manifestado. Se profundiza en las razones que corroboran

desechar la gestión tradicional y la conveniencia de pasar a modelos que funcionan de manera natural en el entorno homogéneo y estable que ha sido instaurado durante los tres años del estudio. Los ajustes que se realizaron a lo largo de la toma de datos no resultaron sustanciales, lo que pudo ser demostrado mediante las herramientas de validación interna y externa que se muestran.

1.9.- TÍTULO III CAPÍTULO 8 VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

Los resultados de la aplicación del modelo elegido son expuestos en este título III. Comienza describiendo las opciones que la reingeniería otorga y su utilidad para ensayar alternativas respecto a las prácticas tradicionales. En coherencia con las ventajas enumeradas en capítulos anteriores acerca de los sistemas más comúnmente aceptados, se cuestiona si existen alternativas en función de las características específicas del entorno. Además, se exponen situaciones en las que no se han encontrado mejoras que a priori deberían existir gracias a la utilización de las técnicas más contrastadas.

1.10.- TÍTULO III CAPÍTULO 9 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Por último, se aporta una discusión acerca de las técnicas y herramientas que han mostrado éxito parcial o total, lo que lleva posteriormente a las conclusiones obtenidas, tanto parciales como de ámbito global. Se finaliza con las tendencias futuras que avalan continuar investigando en esta materia.

2.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS PREDICTIVAS

2.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS PREDICTIVAS	31
2.1.- ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS	31
2.2.- DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA PREDICTIVA	32
2.3.- FORTALEZAS DE LA GESTIÓN BASADA EN PROYECTOS	34
2.4.- GENERALIDADES SOBRE GESTIÓN DE PROYECTOS	34
2.5.- ORGANISMOS DE PROYECTOS PREDICTIVOS	35
2.5.1.- PRINCE2	36
2.5.2.- ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS	38
2.5.3.- INSTITUTO DE GESTIÓN DE PROYECTOS	38
2.6.- FACTORES DETERMINANTES PARA LA GESTIÓN	39
2.6.1.- EN RELACIÓN CON LA INCERTIDUMBRE Y EL RIESGO	39
2.6.2.- EN RELACIÓN CON LA CALIDAD DE GESTIÓN	42
2.6.3.- EN RELACIÓN CON LA VELOCIDAD DE DESARROLLO	42
2.7.- CARACTERÍSTICAS DE LA GESTIÓN PREDICTIVA	42
2.8.- PLANIFICACIÓN PREDICTIVA	44
2.9.- DIVISIÓN EN FASES	44
2.10.- CICLO DE VIDA	47
2.11.- HERRAMIENTAS DE MEJORA CONTINUA	48
2.11.1.- INGENIERÍA CONCURRENTE	48
2.11.2.- PRINCIPIO DE PARETO	51
2.11.3.- CICLO DEMING	51
2.11.4.- KAIZEN	54
2.11.5.- LEAN MANUFACTURING	55
2.11.6.- BENCHMARKING	58
2.11.7.- REINGENIERÍA	59
2.12.- ENTORNO DEL PROYECTO	60
2.13.- ÉXITO EN GESTIÓN DE PROYECTOS TRADICIONALES	62
2.14.- ADAPTACIÓN AL CAMBIO DE LA GESTIÓN TRADICIONAL	67
2.15.- HERRAMIENTAS METROLÓGICAS PREDICTIVAS	70
2.15.1.- DIAGRAMA DE GANTT	71
2.15.2.- ANÁLISIS DE VALOR	72
2.15.3.- INFORMÁTICA ESPECÍFICA PARA GESTIÓN DE PROYECTOS	73

2.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS PREDICTIVAS

Se considera esencial comenzar con la descripción de las metodologías descriptivas para comparar las herramientas que van a llevar a optimizar el desarrollo de innovaciones en los productos objeto de este estudio. A partir de su conocimiento y después de extraer las posibilidades que presentan para el avance de los objetivos, se pretende estar en condiciones de permitir observar las ventajas e inconvenientes principales que las caracterizan.

2.1.- ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

Puede considerarse a Taylor como el padre de la Ingeniería Industrial o de la Ingeniería en Organización Industrial (Witzel, 2003). En su conocida publicación "*Administración científica*" (Taylor, 1911), se establecen las bases que posteriormente desarrollarían discípulos como Gantt y Fayol. El famoso diagrama del primero forma parte de todos los planes de estudio de cualquier grado en ingeniería, por ser una de las mejores herramientas existentes para la planificación y control temporal de la gestión de tareas (Cleland y Gareis, 2006). Por su parte, Fayol sienta las bases de la estructura de descomposición del proyecto (EDP), o Work Breakdown Structure (WBS), por medio de cinco funciones: planear, organizar, dirigir, coordinar y controlar.

Para cumplir con los objetivos de eficiencia, trazabilidad y calidad, se establece la gestión por procesos de las actividades industriales (Brotherton, Fried y Norman, 2008). Posteriormente, a través de un número elevado de trabajos, se profundiza en la división de los ciclos de vida secuenciales y en la especialización del trabajo, estableciendo las teorías que se van a describir a continuación y que fijan los axiomas asumidos por la gestión predictiva de proyectos.

2.2.- DEFINICIÓN DE METODOLOGÍA PREDICTIVA

En general, recogiendo las definiciones de diversos autores, se asocia el concepto de proyecto a un esfuerzo temporal definido, comprometido a cumplir aquellos objetivos que lo hacen único, logrando aportar valor al culminar con éxito.

Entre las definiciones más aceptadas, se encuentra la que se incluye en la guía más popular para la gestión de proyectos PMBOK® (Guide, 2001): *“un esfuerzo temporal orientado a la creación de un producto, servicio o resultado único”*. A su vez, la guía de la metodología PRINCE2 lo define como: *“un entorno de gestión que se crea con el objetivo de conseguir uno o más productos empresariales según determinado modelo de negocio”*.

La *“Organization International for Standardization”* (ISO), ha mantenido la misma definición en distintas normas, como la ISO 8402 y la ISO 10006: *“un proyecto es un proceso único que consiste en un conjunto de actividades coordinadas y controladas, con fecha de inicio y término, que son emprendidas para alcanzar un objetivo, que se establece de acuerdo con requisitos específicos, incluyendo restricciones de plazo, coste y recursos”*.

Para (Cleland y Gareis, 2006) es una combinación de recursos, humanos y no humanos, reunidos en una organización temporal para conseguir un propósito determinado.

Específicamente, los proyectos de innovación tecnológica que se acometen en este documento suelen aceptar en su definición la consecución de un producto o proceso de éxito, por medio de la combinación adecuada de recursos de todo tipo durante un espacio temporal (Baregheh, Rowley y Sambrook, 2009). A diferencia de los proyectos de producción basados en procesos (Kalpakjian y Schmid, 2002), que responden a las siguientes tendencias:

- a) Los métodos de fabricación, en el contexto actual de competitividad, deben ser flexibles para adaptarse a la tipología de productos y al mercado.
- b) El producto debe cumplir los requisitos fijados por las normas.

- c) Los métodos de fabricación han de respetar la sostenibilidad medioambiental.
- d) No basta con comprobar la calidad del producto al final del proceso de fabricación. Deben realizarse controles a lo largo de cada etapa entre el diseño y el montaje final.
- e) Se evalúa la implantación de nuevos materiales y métodos de forma continua.
- f) El sistema de producción se contempla como un gran sistema en el que se pueden estudiar variables individuales como el diseño del producto.
- g) El cliente participa en la mejora continua del fabricante mediante una retroalimentación adecuada.
- h) Debe elevarse constantemente la productividad y el uso de recursos como energía, capital, mano de obra, maquinaria, tecnología, materiales, etc.

Las características principales de las metodologías descriptivas de gestión se resumen en:

Análisis	Predictivo	Descriptivo	Prescriptivo
Introducción de datos	Estadística	Minería	Heurística
Herramienta	Simulación	Integración	Optimización
Aptitud	Informacional	Concentrador a	Determinista
Decisiones	A futuro	Influenciable	Adaptativa

Tabla 1. Características de las metodologías descriptivas

2.3.- FORTALEZAS DE LA GESTIÓN BASADA EN PROYECTOS

Para garantizar la viabilidad empresarial, es imprescindible lograr el equilibrio adecuado entre costes y beneficios. La inversión de recursos, entre los que se encuentra el tiempo y el capital económico, necesita que los beneficios superen a los costes. Para ello se suelen utilizar formatos convencionales de proyectos al alcance de la realidad empresarial, que permiten elevar la rentabilidad de la empresa (Ingason y Jónasson, 2009). De este modo se obtienen las siguientes fortalezas:

1. Reducir los costes a través de métodos, materiales, reciclaje, etc.
2. Aumentar los ingresos por medio de un nuevo producto o por la ampliación de las ventas en el mercado actual.
3. Menor necesidad de capital para conseguir más con menos, favoreciendo el retorno de inversión.
4. Mejorar el cumplimiento legal con estructuras más sólidas.
5. Reducir el riesgo inherente a toda acción relacionada con el entorno sujeto a variables cambiantes y desconocidas.

Además (Pinto, 2000), amplía el espectro de aplicación de las interacciones del proyecto añadiendo las estructuras sociales y políticas, dejando patente la existencia tanto de aspectos tangibles como intangibles. Se pueden citar entre los valores intangibles, las mejoras en las comunicaciones interpersonales para la toma de decisiones consensuada, la transparencia o el encuentro de una terminología común. A diferencia de los tangibles, se suele expresar que los valores intangibles aumentan su influencia con el transcurso del tiempo.

2.4.- GENERALIDADES SOBRE GESTIÓN DE PROYECTOS

La expresión gestionar proyectos puede comprender las siguientes acepciones (Gvozdenovic y otros, 2008):

- a) La planificación, organización, dirección, control e implantación, mediante el conocimiento del estado del arte de la administración científica.
- b) El proceso por el cual, tras la definición inicial del proyecto, se superan los obstáculos y riesgos que se oponen, de acuerdo con un plan que incluye las medidas correctivas.
- c) El equilibrio de demandas enfrentadas cuyas limitaciones en recursos impiden el cumplimiento de los objetivos planificados.
- d) La consecución de un trabajo consensuado por un grupo de personas que se desconocen, abarcando un tiempo limitado y bajo unas condiciones de recursos limitados.

Asimismo, la Guía del PMBOK® en su carácter de referencia fundamental establece pautas convencionales para los procesos, herramientas y técnicas para la gestión de proyectos. El *"code of ethics and professional conduct"* del *"Project Management Institute"* (PMI) sirve de guía y regulación de comportamiento entre profesionales de la gestión de proyectos y describe las expectativas en la relación con el entorno.

2.5.- ORGANISMOS PREDICTIVOS

Es posible incluir a PRINCE2 entre las instituciones que desarrollan el cuerpo de conocimiento para la gestión predictiva, puesto que, aunque no fue concebido inicialmente como tal, actualmente sitúa sus herramientas a disposición de los gestores, en competencia con las dos escuelas profesionales de certificación de utilidad para los gestores de proyectos: *"International Project Management Association"* (IPMA) y *"Project Management Institute"* (PMI).

En la siguiente tabla se pueden observar las propiedades más significativas de tres de los principales sistemas:

	PRINCE2	PMI	IPMA
Resultados	Producto	Entregable	Entregable
Medida del trabajo técnico	Paquete de trabajo	Actividad	Actividad
Medida del trabajo de gestión	Actividad	Proceso	Proceso
Agrupación de unidades de gestión	Proceso	Grupo de Procesos	Sin detallar

Tabla 2. Características de los organismos de gestión predictiva

2.5.1.- PRINCE2

La metodología PRINCE2 fue inicialmente desarrollada por el gobierno británico, más concretamente la Oficina de Comercio Gubernamental (OGC), con objeto de sacar adelante las tareas de la "Central Computer and Telecommunications Agency" (CCTA), orientada a proyectos específicos de servicios de información (Jamali y Oveisi, 2016). Su constante actualización y revisiones sufridas le ha supuesto permitirle ser aplicado de modo generalista. Amplía los conceptos y principios del PMBOK®, que toma como punto de partida, rechazando ciertas áreas como el análisis presupuestario, la gestión del riesgo, las herramientas comunes de planificación y la gestión de los recursos humanos. En consecuencia, con la metodología PRINCE2 no es posible crear valor hacia la gestión de la estrategia o la gestión de detalle en contratos (Lianying, Jing y XinXing, 2012).

Entre sus características diferenciadoras es posible encontrar la separación de los productos en dos tipos: de gestión o especializados. Estos últimos suponen la razón de ser de su nacimiento y son los que forman parte de las entregas a los usuarios. Por otra parte, los productos de gestión, como el "business case", reciben un tratamiento centrado en la seguridad para garantizar la comunicación entre los miembros implicados, no resultando de

interés el conocimiento de dichos documentos por parte de los usuarios. Introduce una reflexión sin precedentes acerca de qué herramienta debe aplicarse y cuándo es el momento idóneo del proyecto para su incorporación.

Consta de los siguientes niveles de gestión en su modelo de procesos:

1. La gestión corporativa o "*project mandate*".
2. La dirección que remite notificaciones al nivel superior.
3. La gestión del proyecto donde se concentra el grueso de las actividades y acciones a realizar. Todos los productos de gestión o "*management products*", de las capas superiores no son entregados a los clientes.
4. Nivel inferior de entrega, que remite a los usuarios los productos generados por los proyectos. Los productos específicos son la razón por la que se puso en marcha el proyecto.

Los principios que conforman la estructura de la metodología PRINCE2 son:

1. Cubrir las necesidades del cliente, al orientarse en la entrega de productos específicos.
2. Flexibilizar su desarrollo ante diferentes condiciones de entorno, riesgo o complejidad.
3. Formar al equipo utilizando la experiencia que se adquiere a partir de su aplicación.
4. Justificar el rendimiento económico o empresarial de los proyectos de modo continuado.
5. Definir inequívocamente la estructura de trabajo y las responsabilidades que adquieren cada uno de sus roles.
6. Subdividir las fases del proyecto para ser monitorizado de modo adecuado.
7. Asumir las tolerancias predefinidas y evaluarlas continuamente y de este modo permitir la delegación de funciones estableciendo excepciones.

Los procesos de la metodología PRINCE2 son:

1. Puesta en marcha del proyecto.

2. Dirección del proyecto por la dirección superior.
3. Inicio del proyecto.
4. Controles de fase, que conllevan el mayor consumo de tiempo.
5. Manejo de los límites de fase para determinar cuándo realizar el cambio.
6. Entrega de productos especializados por parte del equipo de trabajo.
7. Cierre de proyecto.

2.5.2.- ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS

La Asociación Internacional de gestión de proyectos (IPMA), es una asociación formada mediante *"networking"* por organizaciones nacionales como la Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (AEIPRO), bajo un modelo de federación internacional. Responde a la necesidad de crear normas y pautas de funcionamiento que permitan afrontar el desarrollo de proyectos de ingeniería complejos. Además del desarrollo de la profesión, investiga continuamente para la evolución y la mejora continua de los procesos de certificación de competencias en gestión tanto de proyectos como de carteras y programas.

2.5.3.- INSTITUTO DE GESTIÓN DE PROYECTOS

A partir de la popularidad alcanzada por publicaciones específicas de dirección de proyectos, que se centraron en conjuntar la faceta técnica con la faceta de organización y gestión de recursos, se culminó la creación del instituto para la gestión de proyectos (PMI) en Filadelfia para elaborar la guía PMBOK® (Guide, 2001), que ha encaminado los esfuerzos de un número elevadísimo de expertos en gestión técnica y les ha ayudado a la obtención del éxito en su profesión. Dicha guía es un documento aprobado y al demostrar su conocimiento, mediante la superación de las pruebas existentes, se puede conseguir su certificación profesional. La aplicación de la guía requiere de la interpretación individual por parte del director del proyecto, que estudiará el método más adecuado de aplicar la planificación, seguimiento y control para encaminar el éxito del proyecto.

Los capítulos de la guía se estructuran en procesos y áreas de conocimiento, que pueden aplicarse globalmente. Mediante la publicación de buenas prácticas se dan a conocer los procesos con mayores posibilidades de éxito. Los procesos estándar son:

1. Acta de constitución.
2. Planificación.
3. Gestión de la ejecución.
4. Control y monitorización permanente.
5. Control de cambios.
6. Cierre.

2.6.- FACTORES DETERMINANTES PARA LA GESTIÓN

Los factores determinantes para la gestión van a ser relacionados en función de la calidad, la velocidad y el riesgo.

2.6.1.- EN RELACIÓN CON LA INCERTIDUMBRE Y EL RIESGO

Ejemplo típico de relación entre riesgo y calidad:

	TIPO	VALOR	ACCIÓN DE MEJORA
Riesgo de pérdida de datos	No hacer copia de seguridad	Riesgo bajo	Tolerable, no necesita acciones correctoras
Riesgo de uso de documentación obsoleta	Falta de formación	Riesgo medio	Formar e informar del procedimiento de actualización
Riesgo de no digitalizar bases de datos	Falta de medios	Riesgo alto	No tolerable, requiere plan de acción

Tabla 3. Adaptación de riesgos según la norma de calidad ISO9000

La normativa que regula la gestión de riesgos comparte terminología y propiedades con la normativa de aplicación a la calidad industrial. Además, en la última modificación de la normativa ISO 9001 se han incorporado procedimientos obligatorios para evaluar el riesgo, para permitir mantener los procesos de acuerdo con los principios de la mejora continua.

Diversos autores (Murray, Grantham y Damle, 2011) han concentrado sus esfuerzos en agrupar los riesgos en diversas categorías:

- Riesgo para el proyecto, en el que se engloban los aspectos generalistas, es decir, calidad, alcance, coste, plazo, eficiencia en el consumo de recursos, etc. La matriz de probabilidad frente al impacto suele ser una herramienta útil para visualizar el riesgo. La siguiente tabla, en la que el término "A" sería el caso más leve y el término "D" el más grave, muestra un ejemplo de gravedad del riesgo en función de las interacciones entre las causas:

RO		Riesgo				
		12-25	8-10	5-6	3-4	1-2
Exposición	1	C	B	B	A	A
	2	C	C	B	B	A
	3	C	C	C	B	B
	4	D	C	C	C	B
	5	D	D	C	C	C

Tabla 4. Matriz de riesgo, adaptado de (Rodríguez, 2011)

- Riesgo empresarial, a través de amenazas que impactan en el desarrollo del proyecto, como, por ejemplo, estado del mercado, coste de oportunidad, opinión pública o cuestiones legales o reglamentarias.
- Riesgo para las actividades del proyecto, que se definen individualmente de modo particular para cada tarea, resultando tan variados como alguno de los componentes de alta tecnología sujeto a fuertes variaciones de mercado. Uno de los casos posibles puede ser el fallo tecnológico de una

acción que no ha encajado en el diseño del producto de acuerdo con la previsión inicial, lo que puede desencadenar en una acumulación de riesgos hacia el proyecto y posteriormente hacia la institución inversora.

El caso particular de los proyectos individuales de innovación se desarrollará en un capítulo posterior. No obstante, generalmente se considera que el riesgo de un producto único y novedoso es mayor que para los productos repetitivos. Es importante reseñar que la definición de proyecto señala el carácter único de un proyecto, considerándolo como un ente vivo que nace y muere en un lapso de tiempo fijo. El actual estado del arte se va a centrar, como en el párrafo anterior, en descomponer y desagrupar las posibles influencias cuantitativas y cualitativas, tanto implícitas como explícitas, (Barczak y Wilemon, 2003). A continuación, se exponen los enfoques que permiten resolver los factores afectados por la calidad y el plazo de entrega, que crean tensiones e incertidumbres en el desarrollo de productos con cierto grado de comportamiento individual o único:

- a) Abandonar el proyecto o la tarea causante del problema ante la inviabilidad de soluciones.
- b) Establecimiento de una autoridad capaz de imponerse a las partes.
- c) Dejar de profundizar en las áreas de conflicto y progresar en las áreas aceptadas.
- d) Buscar soluciones mediante el consenso y el compromiso en aceptar la corriente de opinión general.
- e) Centrarse en las alternativas viables en lugar de los problemas que provocan confrontación.

También se afrontará más adelante la consecuencia del riesgo observado en el informe "*Chaos de Standish Group*" (Clancy, 1995), de afección limitada a proyectos predictivos. Complementariamente, la metodología PRINCE2 profundiza en concebir el riesgo como un conjunto de eventos que afectarán de manera incierta a la consecución de los objetivos previstos.

2.6.2.- EN RELACIÓN CON LA CALIDAD DE GESTIÓN

PRINCE2 define la calidad como el conjunto de características y rasgos inherentes de un sistema que satisface las expectativas. El concepto de sistema bajo esta metodología resulta ser muy amplio, comprendiendo un proceso, producto, servicio o incluso una persona.

La Norma ISO 9004 es complementada por la norma UNE 66916 para definir los sistemas de calidad, mediante las directrices para la gestión de la calidad en los proyectos, aunando bajo un enfoque sistémico los aspectos referidos tanto para los procesos como para los productos.

En el caso de procedimientos repetitivos, donde obviamente la innovación es menor, es donde se crean las condiciones óptimas para la reducción de los parámetros de riesgo. El movimiento "*Six Sigma*" ahonda en la promoción de este tipo de optimización basada en la repetición, lo que evidencia la creación de sinergia con las metodologías predictivas.

2.6.3.- EN RELACIÓN CON LA VELOCIDAD DE DESARROLLO

La velocidad de desarrollo de un proyecto varía en general al aumentar los ratios de innovación o singularidad, así (Darasteanu y Moskalenko, 2010), a partir de las investigaciones de Clark, describen las razones que explican las diferencias entre sectores sujetos a diferentes ritmos de desarrollo:

- a) Apoyo al equipo de desarrollo desde la dirección estratégica.
- b) Comunicación interna y externa.
- c) Autonomía del equipo de desarrollo respecto de la dirección estratégica.
- d) Coordinación entre secciones.
- e) Adquisición de competencias para el logro del objetivo del proyecto.

2.7.- CARACTERÍSTICAS DE LA GESTIÓN PREDICTIVA

La norma ISO 10006, junto a la norma UNE 66916 establece que los proyectos tienen las siguientes características de modo general:

- El proyecto no abarca necesariamente la totalidad de las interacciones entre actividades.
- La organización normalmente se establece para el lapso de tiempo de duración del proyecto.
- Normalmente el alcance del proyecto establece el producto objeto del proyecto, pudiendo ser tangible o intangible, y tanto para un desarrollo individual como un desarrollo en serie.
- Los objetivos y el alcance pueden evolucionar y actualizarse a lo largo de la vida del proyecto.
- Los proyectos individuales pueden conformar o ser parte de un proyecto de magnitud superior.

En relación con los procesos:

1. Un proyecto puede estar orientado hacia un producto o hacia un proceso. Se establece que un proceso será una actividad continua o conocida, formada por operaciones rutinarias en las que participan insumos de recursos. Los procesos no participan únicamente en la adición de características a los productos y servicios, sino que también pueden servir para reducir el consumo de recursos del sistema.
2. A diferencia de los procesos, un proyecto asume riesgos en su ejecución que requieren permanente supervisión, tiene un único objetivo que lo lleva a su finalización y crea valor para la empresa mediante la modificación del estado actual.

En relación con las operaciones, que se concretan en acciones repetitivas, comparten las siguientes características con los proyectos (Dvir y Shenhar, 2003):

- a) Responden a una estrategia sujeta a planificación, ejecución, supervisión y control.
- b) Utilizan una considerable cantidad de recursos humanos en su ejecución.
- c) Se adaptan a la limitación de los recursos a su disposición.

- d) Reciben apoyo creciente conforme se alinean con el logro de los objetivos.

2.8.- PLANIFICACIÓN PREDICTIVA

De acuerdo con lo fijado por la norma UNE 66916, los proyectos pueden subdividirse de manera independiente tanto en fases como en procesos. El objeto de fraccionar en fases normalmente responde a la simplicidad asociada para realizar su planificación y el seguimiento de los objetivos y riesgos. A diferencia de los procesos, que cumplen una función cerrada dentro del proyecto, las fases son secciones de extensión gestionable, como por ejemplo diseño, desarrollo, realización y finalización.

La planificación predictiva por medio de fases suele presentar las siguientes características:

- a) Capacidad dinámica, actualizándose y requiriendo su seguimiento constante.
- b) Versatilidad en la combinación posible de diversas simulaciones.
- c) Posibilidad de reflejarse mediante dos gráficos de Gantt: Actividades y recursos.

Se utilizan asiduamente distintas denominaciones para referirse a la descomposición de la planificación del proyecto, resultando intercambiables en función del entorno en el que se utilizan. Entre ellas se pueden encontrar: calendario de actividades, plan de trabajo, estructura de desglose del trabajo, plan del proyecto, etc.

2.9.- DIVISIÓN EN FASES

En general, una fase es un concepto flexible que puede abarcar un periodo en el que exista de manera homogénea un intercambio de recursos o de información, en un espacio de tiempo determinado. Una de las propiedades más significativas para este trabajo es abandonar el principio secuencial de

fases mediante el modelo concurrente, favoreciendo además la retroalimentación del flujo de información entre ellas de atrás a adelante.

La gestión mediante PRINCE2 ahonda en este concepto clasificando las fases en gestión y técnicas. Permite la superposición en las fases técnicas e impide la concurrencia en las de gestión, que únicamente podrán ser abiertas en caso de haberse cerrado la anterior. Las actividades de diseño, formación y prototipado son etiquetadas como fases técnicas.

El *"Project Management Institute"* (PMI) otorga especial relevancia a la descomposición de los trabajos del proyecto de manera estructural, también llamada estructura de descomposición del trabajo (EDT o WBS), hasta reducirlo a nivel de paquetes de trabajo (PT). Para ello se conforma un organigrama mediante niveles en forma de pirámide o ramificados en forma de árbol. Las características de los PT suelen constar de:

1. Periodo temporal determinado.
2. Recursos humanos o una organización responsable.
3. Alcance único sin duplicidades.
4. Generar una única subdivisión natural del contenido total.
5. Cuantificación de la asignación de recursos de capital o de otro tipo.

Las ventajas de la descomposición de acciones que suelen aceptarse son:

1. Control facilitado al crear una línea base para el seguimiento.
2. Estimaciones más exactas.
3. Definiciones más ajustadas que permiten menos errores, indefiniciones intermedias o modificaciones.
4. Diferentes modos de gestión más apropiados a cada una de las partes.
5. Jerarquización de la responsabilidad clara.
6. Implicados con mayor grado de satisfacción al aceptar la cuota de esfuerzo.
7. Implementar un mecanismo que hace más sólida la gestión mediante indicadores y establecimiento de vínculos entre calendario, presupuesto y planes.

8. Integración del trabajo individual como un componente del equipo.
9. Riesgo con menor incertidumbre al existir prevención e identificación temprana.
10. Confianza aumentada respecto a la estructura por parte de sus integrantes.

El modo de acometer la descomposición y subdivisión en fases debe respetar:

- a) Organización de los datos que permita conocer el alcance a los implicados.
- b) Centrarse en las entregas para crear la estructura de las partes.
- c) Integrar todas las fases en el desglose de las tareas.
- d) Abarcar todas las entregas en las subdivisiones.
- e) Mejorar sucesivamente la estructura descompuesta a lo largo del proyecto.
- f) Verticalidad jerárquica de la subdivisión.
- g) Desplazar las tareas de trabajo al nivel inferior jerárquico, para de este modo permitir estimar con precisión los costes y el consumo de recursos.
- h) Asignar identificadores únicos a cada nivel de actividad para evitar confusiones y falta de precisión.
- i) Reflejar la disposición organizativa en la estructura de descomposición.
- j) Confirmar por todos los interesados la validez de la estructura.
- k) Asegurar que cada rama de la estructura quede asociada a cada una de las entregas, mediante una o varias líneas de la estructura.
- l) No permitir vincular una entrega a distintas cabeceras, diluyendo la responsabilidad.
- m) Relacionar las tareas de gestión con las entregas fijadas en las posiciones inferiores de la estructura.
- n) Incluir las tareas individuales que sirven a la totalidad identificándose en el diagrama mediante líneas aisladas.

- o) Desplegar las tareas delegadas a terceros de acuerdo con las especificaciones.
- p) Recoger el riesgo y las medidas requeridas para equilibrar coste y beneficio, mediante la magnitud de profundidad que muestra la estructura.

2.10.- CICLO DE VIDA

El conjunto de fases de un proyecto es definido por el PMBOK® como el ciclo de vida del proyecto. Las fases pueden ser parte de un todo de manera superpuesta o secuencial. En función de la naturaleza del proyecto, del tipo de organización o del uso, podrán verse modificadas dichas fases en composición y número.

La norma ISO 14000 define el ciclo de vida como un conjunto de procedimientos para examinar y registrar las entradas y salidas de recursos, como pueden ser materiales o energía. También se tienen en cuenta de manera sistemática los impactos atribuibles al producto durante su ciclo de vida, al igual que si se trata de un proceso o sistema de servicios.

Para definir el ciclo de vida, PRINCE2 recurre al uso del tiempo, teniendo en cuenta la vida del proyecto, así como la aceptación y recorrido del producto. En este caso no se consideran las operaciones de mantenimiento como parte del ciclo de vida del proyecto, una vez que ha finalizado y ha sido cerrado.

Desde un punto de vista medioambiental, el análisis del ciclo de vida (ACV) define las afecciones que el producto o servicio produce durante el transcurso de su vida, mediante el desglose de las etapas consecutivas que afectan al entorno. Actualmente se ha pasado del concepto *"de la cuna a la tumba"* más popular, al concepto ligado a la economía circular conocido como *"de la cuna a la cuna"*, haciendo uso de productos reciclables y reciclados.

En relación con el estudio descrito en este documento, la mayor aplicación del ciclo de vida responderá a la separación que realizan habitualmente los sectores industriales entre el ciclo de vida del proyecto y el ciclo de vida del producto. De modo que, aunque haya sido finalizado el proyecto, seguirán

sucedándose éxitos o fracasos como consecuencia del devenir del ciclo de vida del producto.

Las guías descriptivas del ciclo de vida exponen en general las siguientes características:

1. Las fases normalmente se definen en función de la transferencia de componentes o información.
2. Aportan el contenido que un bien debe disponer entre fases.
3. Incluyen a los participantes en cada fase, muy significativo en el caso de la ingeniería concurrente, en la que se comparten grupos de trabajo.

Además, la evolución de las fases suele adoptar la siguiente configuración de acuerdo con las guías de gestión de proyectos más aceptadas:

- a) El coste de personal y recursos es bajo al inicio y al final, con un máximo central después de una subida lenta y con una caída muy pronunciada al final.
- b) La influencia por parte de los interesados decrece a lo largo de las fases, motivado por el coste cada vez más elevado de modificar las características del contenido.
- c) La incertidumbre es máxima al inicio y decrece gradualmente conforme se va acercando el presunto éxito del proyecto.

2.11.- HERRAMIENTAS DE MEJORA CONTINUA

En este capítulo se van a incorporar las herramientas que con mayor intensidad aparecen posteriormente en el apartado correspondiente a la formulación del modelo propuesto.

2.11.1.- INGENIERÍA CONCURRENTE

Conocida como "*concurrent engineering*" (CE), se trata de un enfoque multidisciplinar de resolución de problemas, (Espinosa y Domínguez, 2003). Las principales características que los definen se describen en la siguiente tabla:

PROPIEDAD	EFEECTO
Integración del presupuesto y programas en un único plan.	Bloquea la ejecución secuencial a cambio de una gran eficiencia.
Cortos plazos de ejecución.	Mayor rapidez de ejecución.
Concurrencia de tareas.	
Cambios mínimos desde el inicio.	Reinicio del sistema de ejecución en paralelo.

Tabla 5. Características y efectos de la ingeniería concurrente.

Los requerimientos que suelen acompañar a la puesta en marcha de la ingeniería concurrente son:

NECESIDADES DE LA INGENIERÍA CONCURRENTE
Disponibilidad para la definición de los parámetros que fijan la calidad final.
Necesidad de ser afrontado por un equipo de trabajo multidisciplinar.
Aceptación del detalle del producto realizado por el cliente.
Enmarcarse dentro del programa de fabricación.
Asimilación del desarrollo simultáneo de todos los procesos, junto al desarrollo del producto.
Incorporar simultáneamente a toda la organización y a las entidades asociadas.

Tabla 6. Requerimientos de la ingeniería concurrente.

Algunos autores (Koufteros, Vonderembse y Doll, 2001), exponen que el enfoque holístico aporta enormes beneficios en tiempo y coste, brindando mejoras al diseño y calidad del producto, por medio de soluciones que coinciden con los puntos fuertes de las metodologías ágiles.

Al tratarse de un sistema que mejora las bondades de cada una de las partes, requiere de complejos sistemas de control, normalmente basados en sistemas informáticos personalizados. En consecuencia, no se trata de un modelo que puede ser elegido por los equipos tradicionales de dirección y gestión de proyectos, sino que requiere una modificación de la filosofía de trabajo.

Algunas de las dificultades que no permiten su utilización masiva están relacionadas con la dilución de responsabilidad debido a que todas las acciones son consecuencia de un equipo de trabajo, incluido el diseño e ideación de la propiedad intelectual, junto a la participación de la subcontratación con proveedores cuando el tamaño del proyecto lo requiere.

Cuando este modo de trabajo se impone a los departamentos de proyectos encargados de la planificación, se requiere planear con anticipación todas las fases de los productos y de los procesos, incluyendo la etapa de obsolescencia. La complejidad inherente a la realización en paralelo de estas funciones, sin capacidad para realizarse de manera unipersonal, limita en gran medida el alcance del proyecto.

Las exigencias de un proyecto concurrente, o como se denomina en ocasiones, de ingeniería simultánea son:

- a) Ingeniería de detalle por parte del cliente para definir el producto. Como consecuencia de la imposibilidad de fijar a priori absolutamente todos los datos involucrados en el proyecto. Debe admitirse de manera asidua poder trabajar con datos incompletos o ambiguos.
- b) Equipo de trabajo capacitado para el trabajo multidisciplinar en paralelo, en todas las secciones de la empresa. Con directivos capaces de reinventar las soluciones ante problemas de adaptación, como por ejemplo departamento de ventas, finanzas, etc.

- c) Parámetros rigurosos de aseguramiento de la calidad que impidan no encajar las diferentes piezas que van surgiendo de manera autónoma.
- d) Acceso a herramientas sofisticadas de control y gestión, como por ejemplo "*Quality Function Deployment*" (QFD), análisis modal de fallos (AMFEC), "*Statistical Process Control*" (SPC), diseño asistido por ordenador (CAD), "*Building Information Modeling*" (BIM) o "*Design for Manufacturing and Assembly*" (DFMA).
- e) Coordinación máxima entre las partes.
- f) Consenso que elimine tensiones provocadas por la dirección tomada por los trabajos en equipo de cada departamento.
- g) Evitar la redundancia y el desperdicio de recursos, ante la posibilidad de que la autonomía de cada equipo trabajando simultáneamente no rinda en la dirección adecuada, o complete acciones suplementarias en lugar de complementarias.

2.11.2.- PRINCIPIO DE PARETO

También conocido como principio de calidad de Juran, Ley de la Prioridad o Diagrama 80/20, enuncia que pocas causas son las que provocan la mayoría de los efectos, es decir el 80% de los defectos se solventan trabajando en el 20% de las causas. Académicamente, suele citarse: "Separar los pocos vitales de los muchos triviales" (Dunford y Tamang, 2014).

2.11.3.- CICLO DEMING

La mejora continua obtiene su más clara representación en el ciclo permanente Planear – Hacer – Verificar - Actuar, adecuadamente definida en la norma ISO 9000. Se trata de una herramienta de ámbito global, que favorecerá a la entidad en su crecimiento de modo estable, consistente y amplio. Asegura la eficiencia y calidad tanto de los procesos como de las organizaciones.

Al disponer de carácter globalizador, no puede concebirse como una herramienta de un departamento o de un proceso, ni siquiera para un

determinado momento del ciclo de vida del trabajo. Se concibe como una herramienta que impide ejercitar la mejora de manera aislada al integrarse como una filosofía común de trabajo en la acción a realizar.

El ciclo Deming no debe considerarse únicamente como un proceso aislado, sino que a menudo se desarrolla como un grupo de acciones interaccionando entre ellas, como se puede apreciar en la siguiente figura:

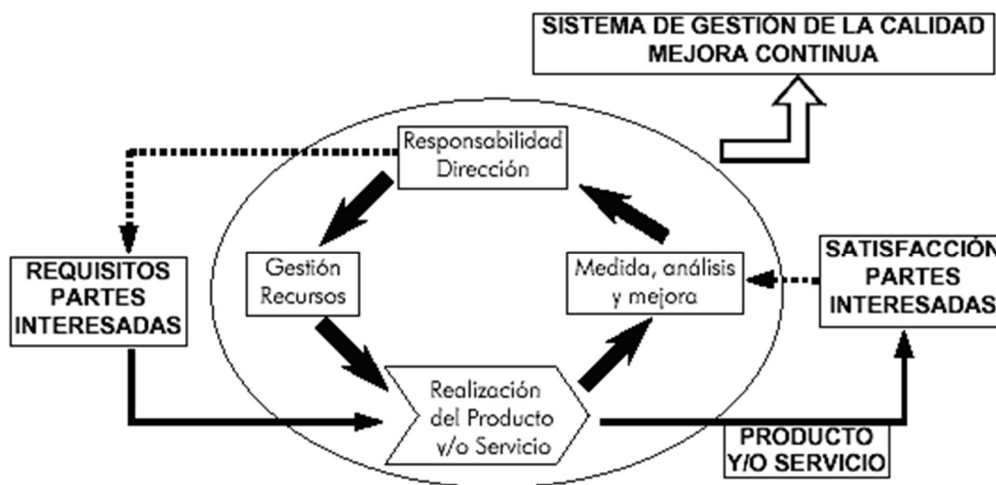


Figura 1. Procesos según el ciclo Deming, adaptado de (García, Quispe y Ráez, 2003)

Los principios continuos en los que se asienta son:

1. Todos los esfuerzos individuales de mejora se dirigen a la obtención de logros de mejora en los procedimientos y procesos simples que intervienen en el proyecto total.
2. La satisfacción del cliente es el objetivo al que se dirigen los esfuerzos de los métodos y procedimientos. Por tanto, van a requerir un diseño previo dirigido a optimizar dichas prestaciones.
3. El enfoque de la mejora de la calidad se realizará entendiendo la organización como un conjunto de procedimientos, integrando en cada uno de ellos la búsqueda de mejora de los resultados.
4. La figura del cliente no queda restringida a mero receptor del producto o servicio al final del proceso, sino que aparece como cliente interno

dentro de la propia organización recogiendo de cada uno de los procesos el objetivo logrado por cada uno de los eslabones. Así, se forma una cadena cliente - proveedor para cada uno de los procedimientos establecidos, en la que participan todas las personas integradas en la entidad que dispondrán en la mayoría de los casos de ambas consideraciones.

Junto al “análisis de Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas” (DAFO), el ciclo Deming aporta pese a su sencillez, uno de los patrones de conocimiento de más frecuente uso para el aseguramiento de la calidad. Su mayor potencia proviene de su utilización continuada, derivando en ocasiones en procesos con capacidades que muestran paralelismos respecto a las metodologías ágiles, como se puede apreciar en la siguiente representación gráfica del modelo lineal siguiendo una iteración en espiral. Puede observarse que su configuración repetitiva y ordenada no lo evade de su incapacidad para reformularse en dirección contraria:

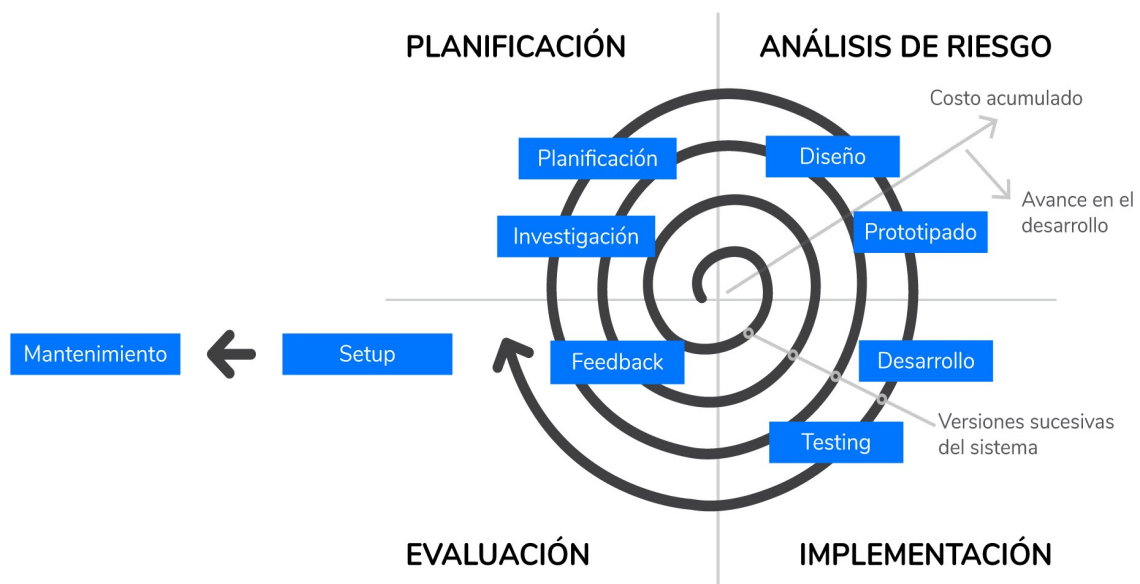


Figura 2. Proyecto en espiral, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016)

2.11.4.- KAIZEN

Kaizen puede traducirse como mejora continua adaptada en ese caso al ámbito de la filosofía industrial japonesa, en línea con el sello de reconocimiento de la calidad "*World Class Manufacturing*". Cuando Deming y Juran impartieron a la industria japonesa sus conocimientos dentro del programa de progreso hacia la "*Total Quality Management*" (TQM), se encontraron con una rápida asimilación cultural que venía de sus programas militares basados en el "*Training Within Industry*" (TWI). Denominaron Kaizen a la integración de conocimientos que se recopilan en los llamados conceptos y principios. Los conceptos involucran el modo de pensar y los principios el modo de trabajar.

Los conceptos que soportan la filosofía Kaizen son:

- a) El cliente interno o externo es el objetivo principal.
- b) La calidad es lo primero.
- c) El ciclo continuo PDCA divulgado por Deming se aplica al producto y al proceso.
- d) Las expectativas del cliente se extraen del mercado y se introducen mediante el despliegue de la función de calidad (QFD).
- e) La revisión de cada etapa la realiza el área responsable de ese eslabón de la cadena, para evitar seguir invirtiendo recursos en algo erróneo.
- f) Los datos deben estar contrastados para evitar fallos introducidos por información falsa.
- g) La prevención de fallos repetitivos mediante el dominio de la variabilidad.

Los principios que se aplicarán a los trabajos bajo la visión Kaizen son:

1. Gestión orientada a los procesos.
2. Definición de las funciones de dirección.
3. La función de los ejecutivos adquiere una relevancia mayor.
4. Integración de todas las funciones de gestión en una sola.

5. Mejorar el nivel anterior, es habitual la expresión hoy mejor que ayer y mañana mejor que hoy.
6. Las reglas y normas se encuentran a un nivel superior.
7. Adhesión continua a la innovación para mejorar.
8. La importancia del lugar de trabajo que genera valor, denominado Gemba.
9. Otorgar al tiempo la mejor posición entre las variables aisladas susceptibles de ser medidas para determinar la existencia de desperdicios. Por tanto, se debe maximizar su uso en todas y cada una de las acciones de la organización, incluyendo mantenimiento, administración, etc.

2.11.5.- LEAN MANUFACTURING

Admite varias definiciones en función del entorno y de la actividad en el que se introduce esta filosofía. En su aplicación más generalista se traduce como producción esbelta, ágil, sin grasa, definida como una metodología que trata de eliminar los desperdicios que se producen en toda organización, mediante una evaluación en profundidad de las acciones que se realizan (Towill y Christopher, 2002). Se incluyen las eficiencias de cada persona, de cada máquina y de cada proceso, estudiando los efectos de reducir numéricamente alguno de los recursos, y su impacto positivo o negativo en los costos. El Kaizen hace uso del concepto Kanban y del concepto de producción “pull”, que se describe más adelante en el capítulo correspondiente a las metodologías ágiles. También utiliza los elementos “Poka Yoke”, traducidos como procesos a prueba de fallos.

La adopción del concepto Lean en fabricación se denomina manufactura ágil. Implica introducir el modo de trabajo a una escala de aplicación mucho más amplia, perdiendo la ingeniería de detalle. En este caso se busca adquirir flexibilidad por parte del departamento de fabricación, normalmente causado por la introducción de variables de cambio en el mercado de la empresa manufacturera, que requieren dotar de capacidad de adaptación a las novedades, que resultan muy forzadas con la filosofía de la estructura antigua.

Extiende el concepto japonés de acciones que perjudican la eficiencia de la gestión, al hacer acopio de siete desperdicios vitales: inventario, transporte, sobreproducción, tiempo de espera, defectos de manufactura, exceso de procesado y movimiento.

La definición Lean también se asocia en ocasiones al *"World Class Manufacturing"* (WCM), que agrupa en entornos productivos a estrategias como por ejemplo ingeniería concurrente (CE), sistemas de producción justo a tiempo (JIT), sistemas de control de calidad total (TQC) o mantenimiento productivo total (TPM). Se incluye en la corriente *"world class"*, que permite una visión estratégica de la organización basada en incluir en sus resultados y en su núcleo de negocio las áreas que habitualmente se consideran auxiliares. Guarda relación con el estudio sistemático del ciclo de vida de todos los elementos desde su adquisición a su declaración de baja, con especial énfasis en los costes de mantenimiento. En esencia WCM acoge el concepto de eliminación de despilfarros del sistema Lean durante toda la cadena de valor y la extiende a las operaciones, como estrategia competitiva frente a los competidores.

Por último, la evolución de modelos relacionados con el diseño y fabricación de productos industriales ha llevado a la utilización de la capacidad competitiva central, separando atribuciones convencionales, para llevar a una entidad a ser quien es de manera nuclear a través del aprendizaje continuado que la separa de los demás ofreciendo competitividad. Como claro ejemplo del modo exitoso de volcar la experiencia a un rasgo central competitivo podemos citar a Toyota por medio de la *"mass customization"*, que trata de satisfacer al cliente ordenando la cadena de valor junto a la *"teoría de la complejidad"*. Resulta conveniente nombrar brevemente las ramificaciones que Lean puede generar, al guardar paralelismos con el desarrollo de prototipos en el diseño de productos que veremos más tarde. Dichas ramificaciones se relacionan con los sistemas computerizados no lineales basados en un gran número de variables, muchas de ellas subjetivas para satisfacer objetivos múltiples a percibir por distintas personas, para lo que se necesitan sistemas informacionales de alto nivel de abstracción mediante inteligencia artificial, fractales, lógica difusa o inteligencia distribuida.

Culminan en sistemas adaptativos complejos (CAS) formados por un número cambiante de personas físicas y jurídicas, que en paralelo reaccionan en tiempo real a los estímulos que otros agentes ejercen. Como veremos, responder a estas circunstancias es responsabilidad de un buen diseño industrial 4.0 al servicio de la satisfacción del cliente.

Diversos autores (Hines, Holweg y Rich, 2004), consideran al pensamiento Lean el antecesor de las metodologías ágiles, además de funcionar como modelo autónomo y final, después de haberse implantado con éxito en un elevadísimo número de empresas manufactureras de productos repetitivos. Se sirven de herramientas flexibles aptas para ambas filosofías como el mapa de flujo de valor o *"Value Stream Map"* (VSM), dentro del programa de *"Material and Information Flow Mapping"* de Toyota.

Se suelen nombrar los siguientes objetivos Lean:

1. Búsqueda de la mejora continua en la cadena hasta la perfección.
2. Prevenir hasta eliminar las interrupciones y fallos de equipos de producción.
3. Disminuir los desperdicios y pérdidas causadas por los defectos en la eficiencia de los procesos.

Podemos citar como principios:

1. Relaciones estables con los proveedores compartiendo riesgos, información y negocio.
2. Aumentar la flexibilidad en la salida de bienes, sin pérdida de eficiencia por cambio de tipo o cantidad.
3. Obtención mediante la mejora continua de calidad de un efecto positivo en los costes y en la productividad.
4. Optimizar la utilización de los recursos hasta la eliminación del despilfarro.
5. Cero defectos al identificar los errores desde el origen, al primer intento.

Se aceptan las siguientes acciones requeridas para su implantación en cualquier organización:

- a) Encontrar al agente líder en el arranque, para que mediante la formación pueda encontrar el efecto palanca en la crisis natural o creada, encontrando resultados lo antes posible olvidando de momento la excelencia por medio de la cartografía de los flujos de valor.
- b) Después de tomar impulso, seguir ampliando los campos de acción.
- c) Desplegar la organización necesaria para canalizar los flujos anteriores bajo un modelo Lean que identifique al personal o recursos sobrantes. Para ello se aceptan retrocesos para tomar impulso, eliminando todo aquello que se oponga al cambio dentro de la estrategia de crecimiento definida.
- d) Crear un sistema práctico Lean entre el sistema administrativo y retributivo, de manera transparente, incluyendo a las máquinas adaptadas a sus requerimientos.
- e) Culminar la estrategia global haciendo que el proceso de transformación provenga finalmente desde la base de la empresa hacia la dirección y desde los proveedores o clientes hacia la organización.

2.11.6.- BENCHMARKING

Forma parte de las herramientas técnicas de mejora continua, no alcanzando el rango de filosofía de trabajo empresarial, como las que se han descrito anteriormente. Se encuentra a mitad de camino entre las técnicas de mejora continua y la aceptación de las posibilidades de mejora a la que lleva la reingeniería. En consecuencia, en función del contexto en el que se desarrolle encontraremos publicaciones que dotan de un perfil u otro a la técnica benchmarking (Clemente y Balmaseda, 2010).

Consiste en identificar dónde se encuentra el estado del arte de las funciones que se desarrollan en la propia organización, para compararlas con las tasas de eficiencia actual desarrolladas y encontrar dónde se puede mejorar. Obviamente, encaja perfectamente con el sistema Lean, puesto que obtener la referencia determina el punto de partida que marca el objetivo de la pérdida de despilfarro que se debe acometer.

Varios autores llevan al límite el valor de conocer las fortalezas de los líderes que marcan la referencia y obligan a la comparación sistemática y continua para adaptar e igualar los resultados más competitivos. A continuación, se expresan en la tabla los pasos que usualmente ocurren para su puesta en marcha:

Tiempo	PASO	ACCIÓN	TAREA
25%	1	Base sólida	Seccionar proceso a conducir y determinar variables clave
25%	2	Socios "Best in Class"	Entrevista y selección para crear grupo de trabajo
20%	3	Sesiones Benchmarking	Desarrollar órdenes del día y responsabilidades
15%	4	Conducción al detalle	Comparar datos entre procesos propios y asociados
15%	5	Analizar resultados	Elaborar plan que lleve a mejoras cuantificadas
Continuo	6	Control resultados	Durante un tiempo y determinar causas

Tabla 7. Pasos de la técnica Benchmarking

2.11.7.- REINGENIERÍA

Algunos autores (Hammer y Champy, 2009), acuñan la noción de reingeniería como un cambio radical para obtener una mejora radical. Para ello sostienen que no se puede fracasar si se dispone de la información correcta, alejándose de los factores aleatorios, por lo que conviene identificar lo siguiente:

1. La parte estructural en la que se asientan los procesos, como pueden ser sistemas o políticas.
2. Los procesos sustanciales que aportan valor a los clientes y que no pueden sustraerse de la organización.
3. La totalidad de los procesos que se llevan a cabo.
4. Los resultados, los objetivos y, en el caso de realizar reingeniería, la meta a alcanzar.

La reformulación del estado actual de los procesos, volviendo una y otra vez a descomponer las partes de la organización para volver a colocarlas de modo que se obtengan ganancias, hacen de la reingeniería un modo válido de cuestionarse si realmente se ha alcanzado la perfección, aunando esfuerzos con los procesos de mejora continua. El desarrollo posterior de este concepto ha evolucionado y actualmente se encuentra dividido a raíz de los trabajos *"Reengineering Revolution"* de Hammer y *"Reengineering Management"* de Champy.

2.12.- ENTORNO DEL PROYECTO

Las condiciones del entorno definen los aspectos técnicos, económicos y sociales del proyecto. En consecuencia, los distintos desempeños en la consecución de los objetivos del proyecto que son provocados exclusivamente por circunstancias externas llevan a la necesidad de optimizar el estudio de las siguientes variables:

- a) Tejido industrial existente en el lugar en el que se va a desarrollar el producto o la actividad.
- b) Infraestructura adicional, como agua o electricidad, añadiendo la disponibilidad de componentes electrónicos o soporte informático para la industria 4.0, actualmente en auge.
- c) Vías de comunicaciones existentes, tanto para materias primas como para servicios de información 5G.
- d) Condiciones administrativas y financieras ligadas a la confirmación de pagos.

- e) Ordenanzas municipales y normativa legal de aplicación.
- f) Política de la organización frente a las acciones asociadas al producto o servicio.
- g) Prioridades que el proyecto fija respecto a los ámbitos de actuación, por ejemplo, en materia de ocupación del suelo.

Además, actualmente la gestión integrada de proyectos obliga a considerar las medidas medioambientales entre las condiciones de entorno, tal y como expresan las normas ISO 14000 y UNE 66920. Las siguientes determinaciones resultan clave para la gestión del diseño de productos industriales:

1. Identificar los subproductos resultantes de los procesos y su posible reutilización.
2. Mejorar las prestaciones y posibilidades de uso de los suministros accesibles respecto a los proveedores seleccionados.
3. Simplificar mediante la optimización de los procedimientos de fabricación, aplicando que la mayor parte de las soluciones lleguen desde la etapa de diseño y prototipado.
4. Eliminar los desechos que provocan impacto negativo en el medioambiente.
5. Reducir los desechos al final de su ciclo de vida.
6. Reducir la energía consumida por parte tanto de los productos como de los procesos.
7. Disminuir los costes asociados al conjunto de acciones incluyendo la eliminación de productos usados, obsoletos o reciclados.
8. Aumentar la eficiencia de la logística empleando tamaño o forma para distribuir y almacenar con menores costes y desechos.
9. Elevar la vida útil de los productos, así como las reparaciones que involucran afección al medio ambiente.
10. Compatibilizar las gamas de productos antiguos con nuevos, para aprovechar sistemas funcionales que no deban ser reemplazados.
11. Introducir materiales reciclados que sean nuevamente reciclables.

2.13.- ÉXITO EN GESTIÓN DE PROYECTOS TRADICIONALES

Diversos autores consideran que gestionar de modo predictivo los proyectos de diseño de productos permite visualizar anticipadamente los factores que conducen a su fracaso (Papke-Shields, Beise y Quan, 2010). Suelen citarse las siguientes acciones que se oponen a la buena marcha de los procesos:

1. Gestionar de modo erróneo conlleva sumar defectos de calidad a los plazos inapropiados.
2. Dilatar los plazos fijados por la planificación debido a los defectos de calidad.
3. Dirigir sin un único responsable, diluyendo la toma de decisiones de manera colectiva que reste impulso a las decisiones que implican sanciones.
4. Desordenar las acciones fijadas por la planificación, improvisando a medida que aparecen las dificultades.

A su vez, como consecuencia del estudio de casos exitosos, se suelen identificar actividades susceptibles de evitar el fracaso del proyecto acometido por la organización, que se materializan mediante los siguientes principios:

PRINCIPIOS FAVORABLES PARA EL PROYECTO

Anticipar los problemas, desarrollando colectivamente soluciones que se adelantan a los problemas aplicando correctamente la prevención de riesgos.

Gestionar el cambio permanente de la manera más próxima posible a los problemas y a los mecanismos de solución.

Identificar de modo proactivo el riesgo, buscando la probabilidad actual en función del posible impacto, sin esperar a que suceda.

Acumular los recursos que se van a necesitar, asegurando su disposición en correcto estado en todo momento.

Trabajar en equipo facilitando la cooperación y minimizando la exposición a los defectos individuales.

Acometer de modo firme las soluciones cuando aparece un problema.

Validar constantemente las expectativas mostradas por los interesados.

Coincidir la totalidad de los implicados en la misión, visión, meta y objetivos.

Planificar contando con los recursos requeridos.

Asegurar la eficacia del liderazgo.

Refrendar las expectativas de los interesados mediante logros realistas, sin causar expectativas injustificadas.

Compatibilizar los objetivos de la organización con los objetivos del proyecto.

Especificar al detalle durante la planificación acerca de las entregas que sucederán durante las tareas necesarias para obtener el alcance fijado.

Contar el equipo de gestión con el apoyo expreso del equipo directivo.

Detallar las responsabilidades y funciones de cada miembro implicado en la buena marcha de las acciones.

Desarrollar un calendario ajustado a la realidad y con los márgenes necesarios.

Establecer los canales de comunicación suficientes para asegurar que se comprenden los mismos parámetros de funcionamiento.

Priorizar la exactitud acerca de las mediciones y de las estimaciones que abarca el trabajo a desarrollar.

Medir constantemente la evolución y la exposición de las actividades.

Centrar la atención del equipo de trabajo en la satisfacción del cliente.

Tabla 8. Principios básicos para el buen desempeño de los proyectos.

Con posterioridad al buen funcionamiento de la organización, se suelen citar los siguientes factores de éxito que afectan al buen desempeño del producto:

PRINCIPIOS DEL PRODUCTO
Evaluar las necesidades del cliente, tanto implícitas como explícitas.
Prestar atención al mercado, a su evolución y a su segmentación.
Expandir las posibilidades internacionales de mercado del producto.
Condicionar el producto a los requerimientos reglamentarios de distintos entornos.
Acompañar a la distribución del producto de alianzas y socios que permitan acometer medios complejos donde se dificulta desenvolverse en nuevas relaciones con falta de confianza.
Multiplicar las posibilidades del producto con sistemas multifuncionales.
Elevar la creatividad de diseño.
Compatibilizar la cultura de la empresa con la imagen pública del producto.
Detectar las acciones de liderazgo y seguimiento que aportan valor al producto y a su aceptación por el mercado, para apoyar con recursos su progresión.
Dar autonomía a los miembros de la empresa que están en contacto con la función de aportar satisfacción al cliente.

Investigar el mercado constantemente, asignando un equipo especialista a dicha función.

Obtener el producto más adecuado a las necesidades reales mediante las iteraciones que sean necesarias.

Aplicar las técnicas y herramientas que garantizan la mejora de la calidad continua.

Explicitar la parte sustancial o nuclear del producto, separándolo de las cuestiones accesorias.

Especificar los principios que causan las características innovadoras del producto, evitando rehacer investigación ya realizada por otros productos.

Proteger la marca, la patente o el producto de interés industrial susceptible de propiedad industrial o intelectual.

Correlacionar la imagen de marca con el producto y sus valores.

Realizar las encuestas que correspondan a los usuarios, exponiendo las posibilidades de los nuevos productos mediante grupos de muestra.

Invertir en la campaña de comunicación que acompañará al lanzamiento del producto, asegurando un coste que permita su despegue.

Utilizar las ayudas informáticas más avanzadas en la fase de diseño de producto.

Asegurar la presencia óptima del producto en los canales de comunicación.

Cumplir con el programa comercial diseñado para el producto, que valide el retorno de inversión prefijado.

Valorar las ventajas de demorar la salida al mercado del producto, obteniendo los posibles beneficios de dejar a la competencia los gastos iniciales.

Mantener las condiciones que aportan éxito al producto, mientras inevitablemente la competencia va diluyendo las ventajas iniciales.

Dar mayor importancia a los procesos en detrimento de los proyectos.

Dejar que el tiempo valide lentamente las buenas ideas, debido a que rara vez el éxito sucede de modo instantáneo.

Tabla 9. Principios básicos para el buen desempeño de los productos.

Además, es común encontrar detalladas las señales que indican de antemano que la gestión de un proyecto de puesta en marcha de un producto industrial se dirige al fracaso de no actuar en las correcciones que requiere su actividad de gestión (Baccarini, 1999):

- a) No coordinar las expectativas de cada una de las partes, puesto que cada uno espera algo distinto.
- b) Mantener barreras de comunicación naturales a lo largo de los diferentes niveles de desarrollo produciendo obstáculos en el flujo de datos.
- c) Explorar terreno desconocido puesto que cada proyecto y su entorno son diferentes.
- d) Utilizar tecnologías emergentes a pesar de poseer poca experiencia en ellas.
- e) Equilibrar calidad con plazo y coste, que tenderán inevitablemente al desequilibrio, en mayor medida cuando las expectativas de los interesados son diferentes y conciben un estado de equilibrio diferente en función del punto de vista.
- f) Liderar el gestor principal o director los intereses de las distintas partes que deben trabajar en colaboración, aceptando que según la visión holística la suma de las partes es mayor que el contenido de cada una de modo individual.

- g) Acertar en las estimaciones de trabajo, tanto individuales como del proyecto. No resulta factible registrar cada acción en términos de esfuerzo y recursos consumidos, de modo que resulte extrapolable entre proyectos o procesos, por lo que existirán dificultades para realizar un cálculo real de tareas a completar con los recursos disponibles.
- h) Respetar los diferentes niveles de autoridad dentro del proyecto, que por otra parte puede resultar distinto de un proyecto a otro, o de la estructura de la organización. Normalmente los flujos de información funcionarán por capas lo que facilita que los intereses del proyecto y de la empresa pueden no coincidir, lo que debe ser solventado por el equipo de gestión.

2.14.- ADAPTACIÓN AL CAMBIO DE LA GESTIÓN TRADICIONAL

La metodología PRINCE2 permite los cambios en el desarrollo del producto cuando se reciben solicitudes para la modificación de la planificación, y su organización contempla realizarlas bajo un formato:

1. Se comprueba la necesidad de proceder al cambio.
2. La validación de los cambios se compara con la descripción del producto.
3. Los sucesivos cambios no pueden realizarse por el *"project manager"* sin la aprobación del *"project board"*.
4. El registro de los cambios consta en el *"issue log"*, mostrando al detalle la descripción, la toma de decisiones que corresponden a la evaluación de los impactos y el estado final obtenido.
5. Los cierres de etapa *"managing stage boundaries"*, catalogan la revisión permanente del estado de los cambios.

La gestión de proyectos, sujeta a mecanismos cada vez más exigentes y adaptados en términos de velocidad, aporta como beneficios a la organización:

1. Lograr más objetivos con menos recursos.
2. Aprovechar en mayor medida la experiencia adquirida, tanto interna como externa.
3. Optimizar la capacidad innovadora que surge espontáneamente para solventar posibles problemas posteriores.
4. Facilitar los canales de comunicación que son utilizados más rápida y frecuentemente, con pequeños paquetes de gran velocidad.
5. Aportar un medio de trabajo capacitado para responder a las oportunidades que los cambios generan.
6. Maximizar las inversiones al no progresar precozmente las iniciativas que aportan menor valor a la empresa.
7. Ayudar a la preparación de la estructura de la organización al trabajo a velocidades a las que a priori no estaban adaptados.
8. Abrir la visión de conjunto al potenciar la presencia de canales de comunicación de alta velocidad.

Para el PMBOK®, la gestión del cambio no presenta paralelismos respecto a las metodologías ágiles, organizando en un mismo bloque la gestión de los cambios y la corrección de defectos mediante acciones correctivas o preventivas. En función de la etapa alcanzada por el proyecto, se aplica con distinta profundidad de detalle el control integrado de cambios. Con este proceso se revisan las solicitudes, para registrar su aprobación en los documentos y en el plan mediante las siguientes actividades:

- a) Aprobar de la manera más rápida posible la solicitud de cambio, para evitar progresar en los defectos.
- b) Revisar las solicitudes aprobadas o no, para evitar implementar cambios no aprobados.
- c) Incluir en la gestión periódica los cambios aprobados.
- d) Mantener las líneas del plan que rige la marcha del proyecto, compatibilizando con los cambios y documentando los impactos de las modificaciones.

- e) Filtrar las medidas correctivas y preventivas propuestas, hasta proceder a su aprobación.
- f) Entregar los resultados de las modificaciones que han afectado al coste, plazo o alcance fijado inicialmente, para su posterior evaluación.

Diversos autores (Eckerson, 2007), coinciden en una serie de principios que los proyectos predictivos deben respetar para realizar el control de cambios:

1. Sistematizar los cambios de acuerdo con las instrucciones de la dirección del proyecto.
2. Concienciar a los implicados de la importancia de no permanecer anclados en la estructura de modo inamovible.
3. Mantener la dedicación del equipo en los objetivos iniciales a pesar de la inevitable necesidad de acometer los cambios.
4. Proceder a la modificación de la planificación inicial mediante un sistema aceptado con antelación, asumiendo que los cambios van a llegar. Todavía el recurso de mantenerse a la espera de la modificación es mayor en el caso de proyectos que incorporen tasas de innovación entre sus objetivos.
5. Buscar las ventajas de acometer cambios, como pueden ser reforzar la figura de liderazgo basado en una buena conducción y rápida respuesta a estímulos que sirvan para reducir costes o plazos.
6. Evitar cambios en el alcance, para ello se debe fomentar la receptividad por parte del equipo gestor hacia el equipo de trabajo y hacia los interesados, que obtendrán mayor satisfacción si su opinión es tenida en cuenta.
7. Observar situaciones de falta de comunicación o ausencias de decisiones que puedan paralizar el transcurrir de los procesos, para limitar tanto el exceso de cambios como una posible escasez de nuevos estímulos que disminuyan la eficiencia del sistema.

2.15.- HERRAMIENTAS METROLÓGICAS PREDICTIVAS

La metrología aplicada a las metodologías predictivas cuenta con un gran número de herramientas para llevar a cabo el control de los parámetros de gestión. Han sido perfeccionadas con el tiempo y fundamentalmente aportan soluciones al análisis y síntesis de información, con ánimo de planificar y ejecutar las acciones en proyectos, como por ejemplo diseño de productos industriales. Entre las más populares se han seleccionado aquellas susceptibles de presentar comparaciones o ventajas para solaparse con las herramientas métricas de la gestión ágil. Se dejan de lado, por las mismas razones, los procedimientos de planificación y gestión de riesgos, incluida la matriz de responsabilidades. Por consiguiente, se considera que las herramientas más compatibles son la ruta crítica o "*Critical Path Method*" (CPM) combinada con Gantt y Pert, las herramientas informáticas y la herramienta del análisis de valor (ACV) (Belassi y Tukel, 1996).

Además, se suelen fijar las siguientes premisas para validar una herramienta métrica para labores de gestión:

- a) Sirven para el proceso de mejora continua.
- b) Basta con una herramienta, el número creciente de herramientas impide su eficacia.
- c) No deben potenciar la incomodidad o el aumento de la percepción de riesgo para los recursos humanos.
- d) Evitan la focalización particular, favoreciendo la visión de conjunto. Son sistémicas y de uso permanente, advirtiendo de las fluctuaciones.
- e) Simples para entregar valores directamente proporcionales de coste, alcance y plazo.
- f) Capaces de incorporar funciones matemáticas como media, desviación típica, etc.
- g) Entrega de datos aprovechables por los estudios financieros o de calidad que trabajan habitualmente con magnitudes como penetración en el mercado, avisos de alarma, cumplimientos legales o de negocio,

panel de riesgo, defectos, tiempo de resolución, nivel de almacén, acciones abiertas, etc.

2.15.1- DIAGRAMAS PERT Y GANTT

El diagrama de Gantt realiza una representación estándar mediante la aplicación de filas para las actividades en desarrollo, presentando en las abscisas el factor tiempo. No suelen aportar niveles de recursos, por lo que diversos autores solicitan que el gráfico de recursos forme pareja con el original, sin menoscabo de mantener la utilidad de representar la línea temporal, su inicio, sus fases y su final. Ha sido utilizado habitualmente en los trabajos efectuados para detallar el cronograma en el documento final sujeto a evaluación. A continuación, se muestra un ejemplo:

Actividad	Días empleados en la actividad															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Planteamiento del proyecto	■	■	■	■												
Presentación del proyecto				■												
Aprobación del proyecto				■	■											
Gestión de recursos económicos (Recursos económicos)				■	■											
Contratación de personal (Recursos humanos)				■	■	■	■									
Compra de equipo (Recursos tecnológicos)							■	■	■	■						

Figura 3. Ejemplo de diagrama de Gantt, adaptado de (Hinojosa, 2003)

La herramienta "Program Evaluation and Review Technique" (PERT) potencia la utilidad de Gantt al combinar la ruta de cadena crítica CPM y la asignación de recursos. Fue ideada para eliminar restricciones y tiempos muertos a través de las siguientes características:

- El sistema tiene en cuenta la totalidad de las tareas involucradas para la optimización.

- b) Identifica la cadena crítica como la sucesión de tareas más larga con insumos de recursos.
- c) Se realizan estimaciones de probabilidad de las tareas, para llevarse a cabo con éxito, como por ejemplo 50 y 90%.
- d) La decisión acerca de que el 50% de las tareas sucederá antes de tiempo, quedando la otra mitad fuera del tiempo determinado, lleva a aconsejar la estimación a través del uso de la media aritmética.
- e) La protección de la fecha final se realiza mediante un amortiguador que tiene en cuenta la posibilidad de no compensar los tiempos entre márgenes individuales.
- f) Se introducen los amortiguadores de alimentación de las tareas no críticas, para ayudar al amortiguador del proyecto basado en la cadena crítica.
- g) Se analiza el consumo de recursos para evitar o reducir multitareas.
- h) Se establece un tercer amortiguador gracias al intercambio de recursos entre tareas.
- i) Las tareas conocen su momento de arranque al llegar el testigo de la tarea precedente. Se considera más eficiente basarse en etapas secuenciales midiendo recursos en lugar de valor ganado.
- j) Los amortiguadores ganan o pierden tiempo y recursos en función de tareas adelantadas o retrasadas, impidiendo la "*Ley de Parkinson*", o síndrome del estudiante, por la que una tarea no definida tiende a expandirse en el tiempo.

2.15.2- ANÁLISIS DE VALOR

El procesamiento de un bien consume recursos y aporta valor monetario o de cualquier otro tipo, incluidas las labores de diseño, por lo que se considera relevante incluir la herramienta ACV entre las más polivalentes para este estudio. El valor resulta de la división entre lo ganado y el costo, siendo en ocasiones difícil obtener valores numéricos extrapolables, por ejemplo, en el caso de requerir evaluar el valor de prestigio de una imagen de marca.

Esta herramienta maximiza el valor entregado por cada unidad de coste, mediante las siguientes etapas: información, análisis, creatividad, evaluación, implantación y revisión. Otorgando los siguientes beneficios: costes, tiempos de fabricación, tiempos de entrega, tamaño, peso del producto o calidad.

2.15.3.- INFORMÁTICA ESPECÍFICA PARA GESTIÓN DE PROYECTOS

Mediante el *"project management software"* se ha mejorado ampliamente la planificación y la programación de costes y recursos. No obstante, la variedad de soluciones requiere fijar de antemano los principios básicos a los que acogerse en cada caso particular:

1. Capacidad de las herramientas informáticas.
2. Capacitación del personal involucrado.
3. Responsabilidad y transparencia de los datos a procesar.
4. Tipología y complejidad del proyecto.
5. Grado de control de las variables.

La elección de cada herramienta informática queda condicionada por el enfoque como proyecto aislado o como gestión de un proceso complejo. En el caso de ser un proyecto aislado se exigen las siguientes cualidades: facilidad de uso, compatibilidad, generación de organigramas, generación de diagramas de Gantt, ocultar exceso de información, camino crítico, alarmas mediante automatismos en recursos y tiempo, y, por último, interfaz apto para varios usuarios conectados mediante distintas plataformas.

Para los sistemas con capacidad de respuesta para entornos donde se gestionan proyectos múltiples, resulta importante contar con capacidad de coordinación, planificación por capas, posibilidad de gestionar o simular el intercambio de recursos, etc. Cobra especial referencia el programa *"Microsoft Project"*, con capacidad para acoger la estructura predictiva del PMBOK® (Guide, 2001), que permite ser complementado con *"Microsoft Office Enterprise Project Management"* (EPM).

3.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES

3.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES	76
3.1.- ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES	76
3.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES	77
3.3.- OBJETIVOS DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES	78
3.4.- CARACTERÍSTICAS ÁGILES	79
3.5.- INTERACCIÓN CON LOS ENTORNOS ÁGILES	80
3.6.- MANIFIESTO ÁGIL	81
3.7.- FASES ÁGILES	83
3.8.- APLICACIONES	84
3.9.- HERRAMIENTAS PARA LA MEDIDA DE LA EFICIENCIA	86
3.10.- SCRUM COMO CASO DE ÉXITO	88

3.- GESTIÓN MEDIANTE METODOLOGÍAS ÁGILES

Las metodologías ágiles van a resultar en este estudio fundamentales para la obtención de un sistema que permita la creación de productos industriales basándose en la innovación. No obstante, ante la imposibilidad manifiesta de aplicar directamente una metodología ágil directamente desde un manual técnico, se hace necesario profundizar en el concepto mediante este capítulo.

3.1.- ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES

Las tecnologías predictivas han demostrado su eficacia durante largo tiempo y, en consecuencia, se considera que han alcanzado la fase de madurez (Marquis, 1969). No obstante, existen mercados y usuarios que deben trabajar en entornos ligados a las tecnologías emergentes, que muestran abiertamente su recelo a utilizar dichos métodos tradicionales, debido a que el acceso a la información les resulta rígido y lento. Tanto las nuevas plataformas de comunicación como la concepción del teléfono inteligente, de la ciudad inteligente, del internet de las cosas (IoT), de la domótica..., prestan especial atención en distribuir la toma de decisiones entre los diferentes medios electrónicos con capacidad "inteligente". Este hecho choca frontalmente con la concepción predictiva, caracterizada por tomar las decisiones de modo planificado en una única dirección, para conseguir un objetivo fijado de antemano.

Al crear, basado en la agilidad, su propio sistema de gestión estas nuevas tecnologías, existe el riesgo de abrir un abismo entre estas dos escuelas (Špundak, 2014). Esta Tesis recoge ambos tipos de metodologías dentro de un único sistema mixto, entendiendo que la plataforma industrial es capaz de incorporar y adaptar modelos compatibles de otras ramas de la ciencia. En particular, como se verá más adelante, resultan de interés las similitudes que presentan los proyectos de innovación (Kerzner, 2017), con los proyectos orientados a las metodologías ágiles, lo que justifica la exposición de los contenidos que aparecen a continuación.

3.2.- DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

El término Lean suele traducirse como "sin grasa", esbelto y ágil. Las referencias bibliográficas consultadas suelen resaltar la conexión entre las metodologías ágiles y los conceptos flexibles, extremos, iterativos o adaptativos (Towill y Christopher, 2002). El modo de trabajar ágil ha sido ampliamente difundido entre las empresas tecnológicas asociadas a altas tasas de riesgo. Las observaciones continuadas del factor de éxito, que suele ser común para este tipo de empresas, coinciden en señalar los beneficios que obtienen gracias a su capacidad para adaptarse a los cambios que se producen continuamente en los mercados.

Se suele aceptar que las metodologías ágiles son la respuesta adecuada para resolver situaciones de gestión sujetas al cambio permanente, sin embargo, no han alcanzado un éxito tal que pueda provocar la desaparición de las metodologías predictivas. En buena parte se debe a su modo de contemplar el avance del proyecto hacia el objetivo. El método ágil fija los recursos dejando el objetivo difuso, permitiendo, en definitiva, acercarse al objetivo lo mejor posible. A diferencia del método ágil, el modo predictivo fija el objetivo y permite modificar los recursos, evaluando el final del proyecto mediante un factor binario respecto al cumplimiento o no de lo planificado. El modo ágil no resulta aceptable para una gran cantidad de proyectos industriales, como por ejemplo los relacionados con las administraciones públicas, caracterizadas por la rigidez de sus planteamientos. A lo largo de este capítulo va a suponerse que el entorno natural para desarrollar proyectos ágiles será aquel que permita sucesivas aproximaciones hacia la excelencia del resultado final, como pueden ser los proyectos de I+D+i.

Entre las características principales que motivan la implantación de las metodologías ágiles suelen citarse la reducción del ciclo de vida y el empleo de tecnologías emergentes efímeras. Estos factores, que son aceptados de buen grado en entornos TIC, provocan un rechazo natural en las empresas consolidadas y conservadoras. Es necesario comprender que empresas industriales con un pasado ágil e intuitivo motivado por la falta de herramientas de gestión, tuvieron que modificar sus parámetros de funcionamiento hacia las certificaciones de calidad, gestión medioambiental,

riesgos, etc. Por lo tanto, solicitar a esos mismos profesionales adoptar ahora las metodologías, rechazando dichas herramientas convencionales puede presentar dificultades (Müller y Turner, 2007). Teniendo en cuenta estas circunstancias, no se va a estudiar en este documento la viabilidad de las herramientas ágiles en proyectos industriales de perfil ajeno a la I+D+i.

3.3.- OBJETIVOS DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

Los objetivos ágiles se centran en aumentar la velocidad de acceso a los mercados y para ello se apoyan en dos pilares (Ambler y Lines, 2012):

1. Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas para que el equipo sea eficiente en un entorno adaptativo.
2. Permitir los cambios y las actualizaciones de manera natural gracias a un entorno apropiado.

Mediante la óptima gestión del tiempo, se pretende dar respuesta a las siguientes necesidades de la industria (Atkinson, 1999):

- a) Elevar el valor del producto al añadir las cualidades aportadas por la flexibilidad.
- b) Potenciar la imagen relacionada con la innovación del producto y, con ello, la calidad percibida.
- c) Reducir los tiempos de puesta en mercado, puesto que un adecuado diseño contempla la logística, la distribución y el acopio de materiales.
- d) Permitir solapar las fases de desarrollo.
- e) Responder de manera inmediata a las necesidades del cliente cuando existan urgencias o prioridades.
- f) Flexibilizar las partes o los complementos que demanden los mercados.
- g) Respetar los plazos que se incumplirían de no utilizar herramientas rápidas.

Respecto al equipo de desarrollo ágil, se deben centrar los esfuerzos en:

1. Integrar un equipo de la forma más próxima posible, con intereses comunes.

2. Acompañar las incertidumbres tecnológicas con un método claro de fijación de objetivos o aspiraciones.
3. Elegir personas con experiencia para los procesos más sencillos o rutinarios, que pueden integrarse de modo parcial, siempre y cuando respondan al grupo de modo confiable.

3.4.- CARACTERÍSTICAS ÁGILES

Las iteraciones ágiles son una de las características que marcan una mayor diferencia con cualquier otro método, puesto que se basan en pequeños paquetes de trabajo que sirven para acercarse al objetivo final. El método predictivo no es compatible con ellas puesto que cada proyecto es único, y las secuencias repetitivas están definidas como operaciones de un trabajo secuencial según un cronograma.

En general, las metodologías ágiles presentan las siguientes características:

1. Equipos de trabajo autónomos que se rigen por sus propias reglas organizativas. Parten de cero y la institución asume todo el riesgo del fracaso en la formación de ese equipo.
2. Reto genérico cargado de incertidumbre sin planificación incorporada, lo que lleva a un grado de libertad que puede ser mal gestionado.
3. La visión lejana es difusa, cargada de interrogantes, lo que facilita el desarrollo de creatividad y compromiso personal.
4. A lo largo del tiempo el equipo aprende del microentorno multidisciplinar, se autorregula y se va superando mientras va venciendo los retos.
5. Se mezclan los conceptos de la mejora continua con la ingeniería concurrente puesto que las fases se solapan rompiendo el ritmo secuencial. Se incluye al cliente como miembro de la "melé", que es la denominación de la metodología ágil más popular Scrum.
6. Se maximiza la utilización de la información y de la experiencia de los involucrados, para lo cual es habitual intercambiar miembros entre los equipos y permitir el acceso a la información sin restricciones.

7. Se tiende a situar al equipo de ingeniería creativa tecnológica en el ambiente del cliente, para realizar un acopio de datos a la vez que se resuelven los problemas de adaptación.
8. Dirección adaptada a la creatividad, para no permitir el fracaso de un equipo mal encauzado. Para ello se deben establecer marcas o pautas o registros de control, que permitan evaluar de modo transparente la evolución. Se suele aconsejar comparar el nivel de cumplimiento de las fases entre equipos similares, como se hace en los sistemas de calidad basados en la excelencia. También se mejoran los resultados cuando la función de control se realiza entre iguales, puesto que se incrementan los niveles de tolerancia frente a los fallos que se producen de manera periódica.

3.5.- INTERACCIÓN CON LOS ENTORNOS ÁGILES

Se define entorno como la acumulación de agentes legales, culturales, sociales o administrativos que interactúan de manera externa con la institución que va a desarrollar el trabajo según las pautas ágiles. Se clasifican en cuatro tipos:

1. Entorno en contacto con las innovaciones tecnológicas, modificado en tiempo real por la incorporación de información de los elementos activos. Está sujeto a pocas reglas, pudiendo llegar a crear un universo paralelo y en una situación límite, un nuevo orden social (Gurusamy, Srinivasaraghavan y Adkari, 2016).
2. Entorno natural, el que se encuentra a merced, al contrario que el anterior, de elementos caracterizados por una actitud pasiva en su relación. Forma el paisaje, la flora, la fauna, etc.
3. Entorno urbano, en el que se modifica la reactividad de los entornos naturales y se crean prioridades, controles de acceso, reglas de movilidad, etc. Resulta ser el modelo de entorno más artificial para las actividades de gestión ágil.

4. Entorno macro, aquel que está por encima de la institución, cuyas variables afectan unidireccionalmente y no existe modo de accionar o evitar. No se consideran necesarias o forman parte de los recursos a consumir por el proyecto. Suelen desarrollar influencias fuertes que se catalogan como amenazas a lo largo de la vida del proyecto.

3.6.- MANIFIESTO ÁGIL

Nace como consecuencia de una reunión en el año 2001 de diecisiete expertos en proyectos tecnológicos, que postularon cuatro axiomas que dieron lugar a los principios del manifiesto ágil (Beck, 2001). Estos axiomas expresaron que: la interacción del individuo estaba por encima del proceso del proyecto; la respuesta al cambio antes que la planificación; el cliente colaborativo antes que el contrato y el resultado por encima de la documentación. A continuación, se describen los doce principios del manifiesto ágil que recogen dichas directrices:

1	Buscar la satisfacción del cliente mediante entregas continuas que aporten valor.
2	Motivar a los individuos y confiar en ellos.
3	Colaborar en el equipo de trabajo con los miembros que reciben el resultado del trabajo.
4	Reflexionar frecuentemente en relación con las acciones de mejora de la organización.
5	Apostar por la simplicidad como el camino más eficiente para el desarrollo.
6	Permitir la organización autónoma del equipo para lograr las mejores soluciones.
7	Favorecer el entorno y el ambiente a través de trabajos en armonía.

8	Elevar el nivel de agilidad utilizando las mejores técnicas disponibles.
9	Aumentar el diálogo cercano como mejor medio de compartir información.
10	Medir el éxito en función de la cantidad de resultados entregados funcionales.
11	Abrazar los cambios para obtener mejoras competitivas junto al cliente.
12	Entregar partes funcionales al cliente lo antes posible.

Tabla 10. Principios del manifiesto ágil (Batra, 2009)

Algunas de las conclusiones que se extraen chocan con los modelos de gestión tradicionales, puesto que los modelos ágiles apuestan por una planificación muy débil de los procesos, a cambio de potenciar las fortalezas y la autonomía de los equipos de trabajo. Además, la documentación ágil se considera prácticamente un desperdicio, hasta el punto de no calificar la documentación estrictamente legal como un valor entregado al cliente, sino una influencia externa.

3.7.- FASES ÁGILES

El concepto de desarrollar las fases de un trabajo de manera simultánea ya existía en la metodología basada en la ingeniería concurrente; sin embargo, la filosofía ágil lo convierte en uno de sus pilares (Espinosa y Domínguez, 2003). Además, el abandono del perfil de trabajo sujeto permanentemente a la planificación predictiva juega aquí un papel tan extremo, que el término de fase desaparece para denominarse actividad. Análogamente a la ingeniería concurrente, se abandona el modelo de relevos planificados rígidos y se

tiende a realizar simultáneamente la fase conceptual, la fase de diseño y el desarrollo de producto. Puede observarse en la figura siguiente:



Figura 4. Distintas iteraciones, adaptado de (Moniruzzaman y Hossain, 2013)

Las actividades o fases se pueden realizar en cualquier momento y por lo tanto no quedan sujetas a planificación. Una consecuencia novedosa es que no puede existir el control de requisitos o cambios al que tanta importancia le concede el PMBOK®. En este sistema los requisitos y los diseños evolucionan y se enriquecen mientras avanzan a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Todo ello da lugar a una singular relación entre tres conceptos: la fase, la actividad y la iteración. Se admite la denominación fase, aunque con matices, cuando en un momento de la actividad existe solapamiento amplio entre varios trabajos. Se denomina actividad cuando se realiza de modo concurrente, sin separación definida. Se denomina iteración a los ciclos breves que se producen continuamente para evolucionar la entrega.

En consecuencia, cuando los proyectos finalizan la etapa conceptual, pasan a una etapa especulativa donde se cuestiona si la información aportada es suficiente. Cada iteración consta por tanto de etapas sujetas a especulación y a aportaciones realizadas mediante trabajos participativos y cooperativos. Posteriormente se procede a la exploración de las características, a la revisión y al cierre. Como sucede con otras características ágiles, la iteración es totalmente distinta a otros métodos en relación con la documentación y la gestión del riesgo, debido a que se produce de manera muy dinámica. Por

último, el cierre tampoco acaba con el proyecto puesto que el mantenimiento puede aportar funcionalidades mediante futuras actualizaciones.

Se considera que los escenarios susceptibles de emplear las metodologías ágiles requieren disponer de las siguientes funcionalidades para la optimización de los resultados:

1. Consumo de recursos mínimos frente al valor entregado al cliente.
2. Recepción de la información del entorno, del producto y del cliente de modo continuo.
3. Aceleración de puesta en mercado del producto.
4. Adición de la máxima innovación integrada en el producto.
5. Reducción de tiempos empleados en la gestión.
6. Alejamiento del concepto de producto terminado, debido a que únicamente se acepta la existencia de un producto en constante evolución.

3.8.- APLICACIONES

A la vista de los resultados logrados por los métodos ágiles, el Instituto PMI ha considerado adecuado añadir, en la medida de lo posible, soluciones ágiles a la guía PMBOK® (Guide, 2001), la cual es considerada el máximo exponente de las metodologías predictivas. Está bajo estudio la incorporación de nuevas consignas que integrarán previsiblemente un capítulo dedicado a las metodologías ágiles. Actualmente, es un documento que recopila buenas prácticas, casos de éxito y principios de compatibilidad. Además, desde el año 2020 es posible obtener la certificación PMI en el paquete de herramientas "*disciplined agile*" (DA), actualmente pendiente de aceptación por parte del mercado.

Entre las ventajas de aplicar el sistema ágil se suelen encontrar (Keaveney y Convoy, 2006):

- a) Responder a los cambios de manera adecuada.
- b) Colaborar con el cliente y el equipo de trabajo.

- c) Cumplir los plazos, fijados en formato breve, y acelerar la entrega.
- d) Simplificar hasta realizar lo imprescindible.
- e) Insistir en las enseñanzas comprobadas basadas en la mejora continua.
- f) Buscar la excelencia en el diseño.
- g) No obstante, también se citan los siguientes inconvenientes:
- h) Requerir documentos firmados como paso previo a la etapa de desarrollo.
- i) Necesitar una curva de aprendizaje demasiado lenta, debido a su complejidad.
- j) Consumir recursos debido al alargamiento de las fases previas. No es posible entrar a trabajar directamente y aunque se amortiza ese tiempo posteriormente, en caso de que existan modificaciones en esa etapa, van a llevar un mayor coste asociado.

Por último, se suelen exponer las siguientes características comunes en los sistemas existentes (Wiraeus y Creelman, 2019), antes y después de ser modificados al aplicar alguna metodología ágil:

1. Compartir el concepto iterativo, que en ágil se denomina sprint y anteriormente se materializaba la toma de datos mediante la realización de prototipos.
2. Ejecutar calendarios en detalle para plazos cortos resulta común en prácticamente la totalidad de los sistemas que pueden aplicarse.
3. Repartir entregas por fases, como pueden ser las fases beta de muchos productos generados con cualquier sistema.
4. Involucrar al cliente, incluso la legislación de contratos del sector público encomienda al responsable del contrato esa función, como extensión de la mesa de contratación con poderes para la licitación.
5. Emplear el ciclo Deming.
6. Colocar al cliente por encima de las especificaciones, siguiendo la escuela de Porter.

7. Gestionar el riesgo, también incluido en la última modificación de la norma ISO9000 de calidad. A pesar de ser común, el empleo de sistemas ágiles minimiza considerablemente el riesgo de no satisfacer al cliente.
8. Colaborar entre distintos miembros del equipo eliminando barreras, al igual que la ingeniería concurrente.
9. Enfatizar en las cualidades y el talento de los implicados.
10. Centrar el enfoque en los objetivos aportando soluciones frecuentemente.
11. Aceptar los cambios, incluso estimularlos.
12. Fijar cápsulas de tiempo para cumplir los objetivos o *"timeboxing"*, sin importar el estado final obtenido en el desarrollo del producto.

3.9.- HERRAMIENTAS PARA LA MEDIDA DE LA EFICIENCIA

En general, la gestión ágil considera que medir es costoso, aunque no medir puede ser todavía más costoso (Hand y Adams, 2014). En consecuencia, se reducen las mediciones a lo mínimo imprescindible bajo dos pilares básicos: buscar como medio de eficiencia la entrega de productos funcionales y la entrega continua de satisfacción al cliente (Rico, Sayani y Sone, 2009). Diversos autores subrayan que, mediante este punto de vista, el cliente puede evaluar el valor del proyecto en todo momento, ayudándole a determinar la aproximación al cierre (Wiraeus y Creelman, 2019).

Las herramientas ágiles de medida deben adaptarse a las siguientes características:

- a) Aproximación temporal al trabajo realizado, con tasa de resolución diaria, en su caso.
- b) Medición del trabajo pendiente de realizar en lugar de medir el trabajo realizado.
- c) Visión homogénea y transparente para todos los interesados.

Pueden citarse las siguientes variables aisladas que sirven para generar indicaciones con las que evaluar los sistemas ágiles:

1	Costes de cada sprint y coste total.
2	Velocidad a la que se suceden los cambios
3	Porcentaje de sprints culminados y propuestas rechazadas
4	Valor entregado por sprint y valor total.

Tabla 11. Variables objeto de medida en sistemas ágiles

Entre las técnicas más habituales podemos encontrar, independientemente del programa informático utilizado, las siguientes:

1. Monitorizar los sprints mediante gráficos burn – down de seguimiento, fijando el trabajo pendiente en el eje de las ordenadas. Debido a la dificultad de valorar el trabajo pendiente, la escala de medida se cifra en puntos, y no se contemplan estimaciones realistas más allá de 20 puntos, es decir, aproximadamente 20 horas de trabajo (Rico, 2008). Existe un fuerte paralelismo entre el modo de establecer la carga laboral ágil y el método de medida de la carga de mantenimiento de las máquinas sujeta a sobreesfuerzos, como ocurre en la ingeniería militar, donde los equipos se miden en unidades técnicas de mantenimiento. Dichas unidades acarrear un cómputo distinto de horas de uso en función de la carga a la que han sido sometidos, siguiendo una curva exponencial.
2. Estimación subjetiva del tiempo a emplear en las tareas mediante cartas numeradas. La unidad mínima se fija de antemano, y en ocasiones se emplea la sucesión de Fibonacci para entregar un número lo más preciso posible a la estimación, que debe actualizarse periódicamente por sometimiento al juicio de expertos.

3.10.- SCRUM COMO CASO DE ÉXITO

El término Scrum proviene del concepto de melé empleado en el rugby, asimilado como trabajo de equipo en paralelo (Deemer, 2009). Observado su éxito en la industria automovilística japonesa, fue adoptado por la ingeniería informática dada su especial aptitud para desarrollar proyectos inestables sometidos a flexibilidad y rapidez para afrontar los cambios (Sutherland, 2001).

Sus creadores publicaron inicialmente unas claves a las que sujetar dicha metodología, basadas en los conceptos ágiles que apostaban por la formación y autonomía del equipo, la visión holística para entregar valor al cliente de manera frecuente e involucrar a toda la cadena de valor mediante la mejora continua. Mediante un proceso iterativo se logra que el modelo de trabajo se adapte a los requerimientos de la organización y del cliente, y no al contrario. Estas iteraciones están en continua evolución conforme el equipo se gestiona autónomamente y adquiere conocimientos, resultando en un proceso incremental de entregas por parte de cada iteración. Su esquema es el siguiente:

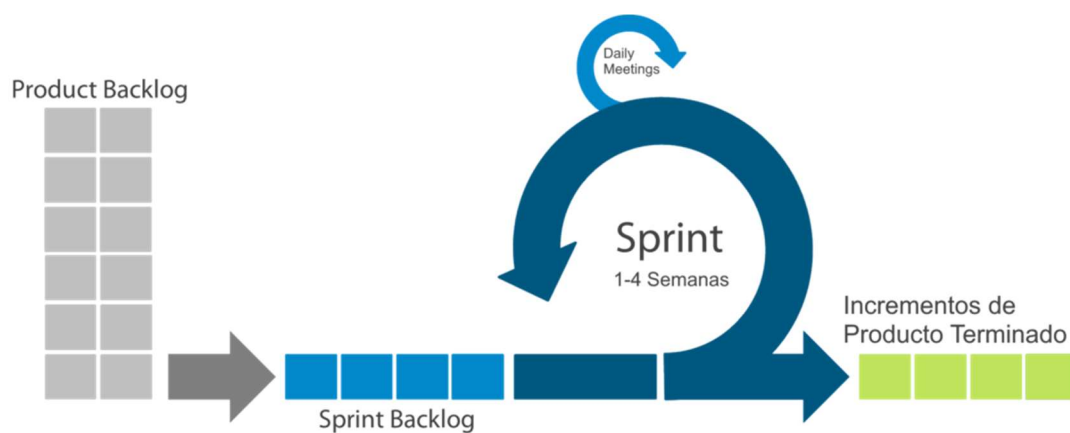


Figura 5. Scrum, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016)

La estructura Scrum radica en los sprints, que emanan de una planificación muy ligera, que se ejecutan con posterioridad a las reuniones periódicas de trabajo, que sirven tanto para evaluar la tarea anterior como para lanzar la siguiente, detallando recursos e impedimentos a salvar. La lista de tareas pendientes se denomina historias de usuario o backlog, y al culminar cada una de ellas se incrementa el valor entregado al cliente. El representante del cliente o product owner establece la prioridad entre las tareas, debido a que el grado de compromiso es mayor que el del equipo, pudiendo incluso poder trabajar alternativamente en varios equipos (Sverrisdottir, Ingason y Jonasson, 2014). La métrica que utiliza el representante de la empresa para priorizar tareas suele ser el retorno de inversión (ROI), debido a que el orden de la lista se define por el valor que aporta frente al coste de recursos asociados.

La lista de tareas pendientes se encuentra en constante evolución, siendo también el riesgo un parámetro tenido en cuenta, aunque con connotaciones diferentes a otros sistemas, puesto que el objetivo al inicio del proyecto posee un perfil difuso. Las ventajas de que en la lista aparezcan prioridades inesperadas son:

1. Evitar detallar a priori tareas que conforme se avanza en el proyecto van perdiendo prioridad, hasta poder ser desechadas.
2. Adelantar el inicio del proyecto permitiendo realizar entregas desde el primer momento.
3. Permitir que el desarrollo del proyecto aporte datos de retorno de inversión (ROI) que se desconocía al principio, hasta que llegado el momento motive el cierre del proyecto por exceso de coste frente al escaso valor aportado.

4.- INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y CREATIVIDAD

4.- INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y CREATIVIDAD	92
4.1.- DEFINICIÓN DE INNOVACIÓN	92
4.2.- METODOLOGÍAS DE INNOVACIÓN	92
4.3.- EL PROCESO DE INNOVACIÓN	97
4.4.- LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN.....	102
4.5.- INNOVACIÓN COMO CAUSA DE ÉXITO.....	104
4.6.- INVESTIGACIÓN ACERCA DE LA INNOVACIÓN.....	106

4.- INNOVACIÓN INDUSTRIAL Y CREATIVIDAD

En el capítulo dedicado a la innovación se van a exponer los atributos que llevan a la generación de ideas según las corrientes de investigación más aceptadas. Además, se van a recoger aquellos conceptos que posteriormente van a resultar de interés para la generación de los diseños y desarrollos de los productos que forman parte de este estudio.

4.1.- DEFINICIÓN DE INNOVACIÓN

La innovación, como factor de éxito, representa uno de los aspectos más importantes para la investigación relativa al desarrollo de productos industriales 4.0. Al añadir el concepto de innovación a los diferentes métodos de gestión de proyectos tecnológicos que se han descrito anteriormente en esta Tesis, se forma el bloque de conceptos que se consideran imprescindibles para abordar la optimización en la gestión del diseño de nuevos productos.

El término innovación en general incluye la introducción de algo nuevo, como pueden ser materiales, procesos, productos o tecnologías. También pueden ser nuevos mercados o métodos de organización industrial. Según la Real Academia de la Lengua Española (RAE), *“la innovación es la modificación o creación de un producto - servicio, comprendiendo su introducción en el mercado”*, es decir, generar nuevos productos, servicios o incluso cambios orientados al cliente, tanto para su renovación como para la modificación de sus características.

Los postulados de Schumpeter (Schumpeter, 1982), abordan las cuestiones originales que desarrollan las líneas de pensamiento acerca de la innovación, confinando en un solo concepto las relaciones entre los aspectos sociales, económicos y técnicos. A partir de sus publicaciones, diferentes autores (Rosegger, 1995) ofrecen visiones suplementarias fusionando las cuestiones tecnológicas con las cuestiones organizativas, empleando conceptos como los métodos de gestión, procesos productivos o mejoras en productos. Debe señalarse que en el pasado el cambio tecnológico no formaba parte del cuerpo de conocimiento del espectro económico, por lo que difícilmente

podían ligarse estos conocimientos. A partir de las sucesivas revoluciones tecnológicas cada vez más frenéticas, se introdujeron las particularidades técnicas a campos científicos a priori ajenos a ellas. Actualmente generan grandes expectativas los conceptos ligados a la industria 5.0 relacionados con la tecnología 5G, lo que probablemente no deje indiferente a ningún sector económico. En la actualidad, la innovación ocupa un lugar de privilegio tanto en la investigación económica como en la organización de las empresas, erigiéndose en uno de los campos fundamentales de las políticas de desarrollo económico de la mayoría de los países, lo que explica el interés por lograr empresas innovadoras, entendiendo la innovación como factor clave de la competitividad (Baregheh, Rowley, Sambrook, 2009).

Hasta hace unos años, podían considerarse duraderas las estrategias empresariales debido a la estabilidad del contexto en el que se encontraban enmarcadas. De un modo lento pero inexorable se han ido rompiendo las inercias de las estructuras en las que se basaba la gestión tecnológica, para acceder actualmente a un mercado con mucho mayor vigor. Algunos autores (Nelson y Nelson, 2002), apuntan a que la innovación además de tener capacidad para causar dichas rupturas es capaz de crear nuevos sectores al añadir nuevas capacidades gracias al empleo de la imaginación. La conexión entre innovación y renovación facilita los aspectos defensivos de los países con mano de obra más cualificada y de alto coste (Fleming, King y Juda, 2007). De este modo, se concluye que la formación y la innovación suelen complementarse como motores del tejido industrial.

El desarrollo del concepto de innovación relacionado con la industria, de entre las muchas ramificaciones que existen, resulta fuertemente marcado por las teorías de la competitividad (Porter, 2008) y (Durand). Para diversos autores la innovación industrial se convierte en un entorno único al combinar distintos tipos de actividades como el diseño, la organización interna o externa, la comercialización, la gestión, la producción y todo ello tanto para productos nuevos como mejorados. El sector industrial debe concebirse en su visión más amplia, donde además de los productos industriales caben servicios o consultorías, abarcando entregas mixtas entre lo convencional y lo innovador. En consecuencia, la tendencia actual considera que son demasiado

superficiales los conceptos de innovación entregados por Schumpeter (Schumpeter, 1982) y (De Oslo, 1997), requiriendo en el caso de la industria 4.0 un mayor dominio del detalle. Otras definiciones consideran la innovación como la introducción de nuevos procesos, productos y servicios lograda gracias a la transformación de ideas nuevas, realizándose además la distinción entre innovación tecnológica o no tecnológica, esta última más relacionada con los procesos comerciales y con las formas de organizar o gestionar la empresa (Gerybadze, 2010).

En un contexto académico, se describe la innovación como la explotación de las ideas que llevan al éxito, de modo que la creación e implementación de nuevos productos, procesos, métodos y servicios obtendrán mejoras significativas en los resultados, la eficacia, la calidad o la eficiencia (Roberts, 1988). Suele citarse la definición que figura en el manual de Oslo de la OCDE (De Oslo, 1997), *"Una innovación es la introducción de un bien, servicio o proceso nuevo o significativamente mejorado, o la introducción de un método de comercialización o de organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas"*. Los autores citados anteriormente profundizan en el término "introducir", al considerar que se refiere tanto a las entradas como a las salidas del proceso productivo. En ocasiones la innovación va adherida al concepto de proceso creativo. En consecuencia, la última versión del manual (De Oslo, 1997) ha añadido las innovaciones organizativas y de marketing, incluyendo las metodologías y conceptos necesarios para la realización de encuestas sobre innovación tecnológica. En España, las encuestas de innovación del instituto nacional de estadística (INE), utilizan este marco conceptual, complementado con la propuesta de norma práctica Frascati (Godin, 2008). En la definición establecida por (Johannessen, Olsen y Olaisen, 1999) la innovación es considerada como el proceso que comprende el uso del conocimiento y de la información sustancial, con el propósito de crear e introducir algo útil y novedoso a tres niveles distintos: individual, organizacional o social. La innovación es, por tanto, el desencadenante del cambio necesario en los métodos o productos que permita obtener una mejora en la posición comercial. Algunas definiciones consideran el concepto de innovación como

el uso de una forma sistemática de los cambios en la sociedad, en la demografía, en la economía y en la tecnología a partir de las oportunidades surgidas.

4.2.- METODOLOGÍAS DE INNOVACIÓN

En función del enfoque se suelen concretar las distintas metodologías de innovación que se describen a continuación. Debido a que en la práctica suelen equilibrarse las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas, se describen enfrentando sus características específicas:

- a) Radical frente a incremental. Estos dos modelos generadores de innovación sirven como ejemplo del permanente debate acerca del necesario equilibrio entre capacidades que se ha puesto de manifiesto anteriormente en los capítulos dedicados a los sistemas ágiles y predictivos. Aquí, el avance radical no resulta en general apto para realizar modificaciones en procesos de fabricación en serie, donde se requiere un seguimiento absoluto de las especificaciones fijadas en la planificación. Sin embargo, los productos de objetivo final difuso admiten la versión radical, debido a que favorece la aportación de creatividad. Considerando un punto de vista económico, suele citarse el beneficio que presenta la innovación radical por su capacidad para reducir los costes generales. También existe un fuerte impacto en la formación de la propia organización, puesto que la incremental mejora la existente y la radical introduce nuevos conocimientos y capacidades (Utterback y Abernathy, 1975). Además, suele subrayarse que la innovación radical puede producir transiliencia, es decir, nuevos sectores, nuevos mercados o sistemas productivos, que en una situación límite pueden llegar a reformular los objetivos iniciales.
- b) Técnica frente a administrativa. Se diferencian fundamentalmente en su aplicación práctica, siendo la administrativa muy limitada a procesos frente a la técnica, que se extiende a procesos y productos. Existe una línea de investigación acerca de los beneficios de equilibrar en las organizaciones ambas fuerzas, puesto que son eslabones tanto de la

cadena de suministro como de la reducción de costes (López, 1999). La materialización de este concepto se evidencia en los planes de estudio de la ingeniería en organización industrial.

- c) Proceso frente al producto. Se puede observar en la actualidad un incremento del empleo de la innovación en aspectos organizativos y de marketing, abandonando progresivamente el enfoque original industrial más enfocado al producto. Es un hecho que la innovación en un producto puede modificar un proceso o viceversa, por lo que cobra sentido en estos casos asumirlo como un todo. No obstante, este punto de vista ya estaba recogido en la teoría schumpeteriana que distinguía cinco tipos de innovaciones, entre las que se encontraba el mercado.
- d) Basada en el cambio de línea de negocio. Este modelo de investigación descompone en nueve bloques la línea de negocio de la organización, para aplicar de manera discreta la innovación específica que corresponda a cada bloque, de acuerdo con un marco teórico. En la práctica, este modelo está recogido en la corriente *"open services innovation"*, que se basa en introducir al cliente en un contexto participativo, lo cual presenta fuertes paralelismos con las corrientes ágiles actuales (Tushman, Lakhani y Lifshitz-Assaf, 2012).
- e) Sostenidas frente a disruptivas. Guarda semejanzas con el modelo radical, no obstante, en este caso existe un factor determinante, como es el coste creciente en el tiempo que únicamente puede ser mantenido en caso de aplicarse a grandes volúmenes. Aquí debe monitorizarse la diferencia de tiempo entre la capacidad de entregar una innovación y la capacidad de absorción del mercado (Amabile, 1988).
- f) Tecnológicas modulares o discontinuas. Se trata de un modelo que separa las organizaciones en función de su capacidad de acceso a la tecnología. En el caso de no disponer de medios para absorber un paquete tecnológico, lo que se produce habitualmente, debe esperar a dar el salto y reformar su estructura cuando se incorpora el producto o el proceso (Ethiraj y Levinthal, 2004).

4.3.- EL PROCESO DE INNOVACIÓN

El concepto de proceso puede incorporarse al desarrollo de la innovación, puesto que va a consistir en un conjunto lógico de acciones, relacionadas entre ellas y con el exterior, que pueden ser transversales a la actividad de la institución. A grandes rasgos, el proceso de innovación asume las etapas genéricas del desarrollo científico global, debido a la conjunción de aportes que hacen las diferentes ramas de la ciencia al concepto de creatividad. En la tabla siguiente se resumen las características principales de las distintas generaciones de gestión de procesos de innovación, que resultan claves en nuestro estudio para identificar las etapas existentes en los procesos de diseño industrial:

EVOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Proceso lineal 1950. De la I+D al mercado, de concepción obsoleta en la actualidad.
2	Marketing 1970. Dirigiendo la I+D con las 5 P's del marketing mix: Producto, Personas, Precio, Plaza y Promoción.
3	Retroalimentación 1980. Diferenciando el proyecto de la organización mediante las interacciones del proceso lineal.
4	Ingeniería simultánea 1990. Influencia de la industria japonesa automovilística dada su acusada innovación en los procesos.
5	Networking 1990. Utilizando la acumulación de conocimientos y el aprendizaje constante, procesando en paralelo.

Tabla 12. Resumen de las distintas generaciones de los procesos de gestión

Suele distinguirse entre la innovación adoptada y la innovación generada, tanto en procesos como en productos. En general, esta diferenciación guarda relación con el incremento constante de absorción de innovación externa por parte de las empresas, causado por la modificación del estilo de innovación, que ha pasado de un modelo lineal push – pull de tipo industrial, a un modelo matricial de inteligencia distribuida (Kline y Rosenberg, 2010). No obstante, en todos los casos se subrayan los aspectos relacionados con la inspiración aleatoria y el fuerte impacto de la formación (Cooper, Edgett, Kleinschmidt, 2002), (Utterback y Abernathy, 1975). Dada la cantidad de variables humanas y técnicas (Rosegger, 1995), no existe consenso sobre la existencia de un único proceso innovador. Se aprecian en la siguiente figura las influencias temporales implicadas, donde también se indican las distintas generaciones de los procesos de innovación:

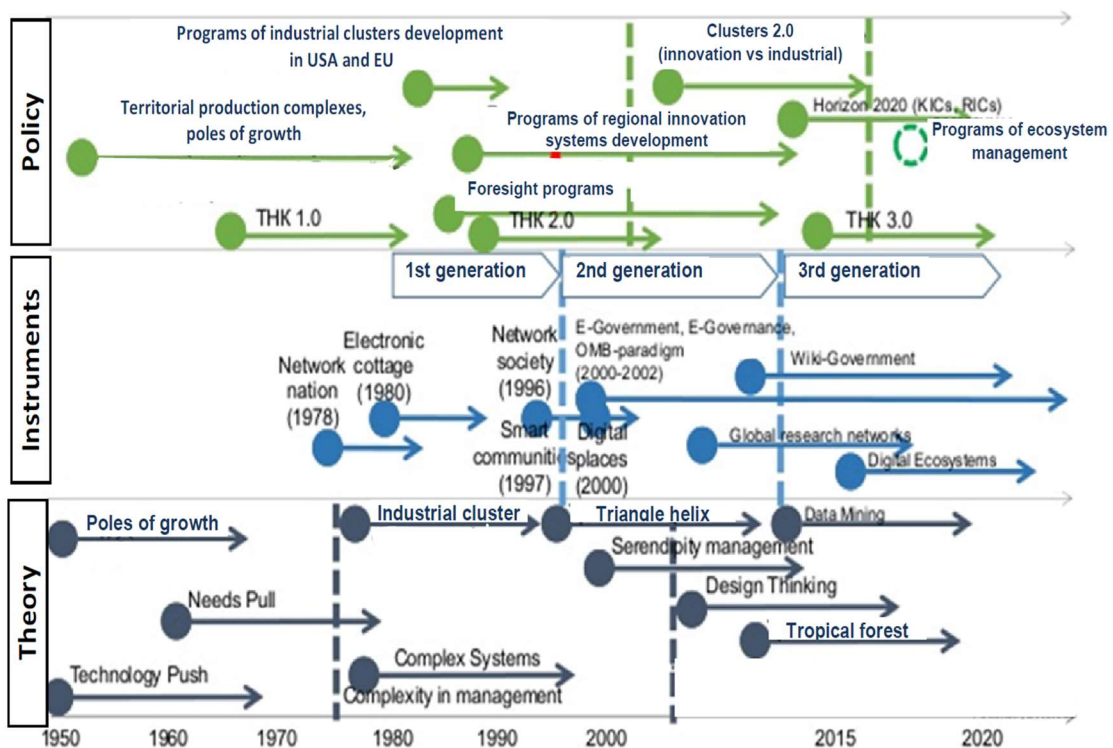


Figura 6. Evolución de la innovación (Krapivnyy, Omelyanenko y Vernyudub, 2015)

En ocasiones diversos autores aconsejan distinguir entre el proceso de innovación y el proceso de difusión de la innovación, ante el solapamiento que se produce entre ellos. Debe resaltarse la influencia del apoyo a esta corriente de pensamiento que han ejercido (Kline y Rosenberg. 2010), llegando incluso a ser tomados como modelo por las normas UNE para definir la innovación, sus procesos y su gestión. Señalan la importancia de los diferentes conocimientos técnicos que requieren cada una de las etapas de la innovación, como elemento clave para los gestores de proyectos de innovación.

Otros autores (Balmaseda, Elguezal, Clemente, 2007), profundizan en las uniones entre las tareas que forman un proceso, lo que los lleva a representar varios modelos de conexión:

1. Cadena de elementos vinculados mediante retroalimentación, como pueden ser la fase conceptual, de diseño, desarrollo, producción, innovación de procesos, marketing y distribución.
2. Acciones de aprendizaje que desembocan en innovación, como puede ser el producto de acciones de análisis, síntesis y benchmarking. No se limitan al concepto de aprender mientras se actúa, puesto que, entre los objetivos a alcanzar, existe el ánimo de modificar la estructura.
3. Conexiones basadas en la estrategia a medio plazo de acuerdo con la planificación de los objetivos.

Debe destacarse el papel de (Rothwell, 1992) que concibe los procesos en función de su pertenencia a cinco generaciones. Algunos autores remarcan la falta de modificaciones o evolución que ha sufrido en los últimos años, dado que ninguna de las aportaciones posteriores ha superado a este modelo, por lo que se espera que sirva esta Tesis como empuje para el desarrollo de los modelos que se citan a continuación:

FECHA - Autor	CLASIFICACIÓN DE MODELOS DE INNOVACIÓN
1983 - Saren	Etapas (Compuertas, Actividades y Decisiones) Respuestas

	Procesos
1991 - Forrest	<p>Etapas (Compuertas)</p> <p>Decisiones</p> <p>Integradores</p> <p>Conversores y Empuje - Tirón de la demanda</p>
1994 - Rothwell	<p>Generación 1ª Push</p> <p>Generación 2ª Pull</p> <p>Generación 3ª Interactivos</p> <p>Generación 4ª Integrados</p> <p>Generación 5ª Red o matricial</p>
1998 - Padmore	<p>Lineales</p> <p>Cíclicos</p> <p>Enlaces encadenados</p>
2002 - Trott	<p>Lineales</p> <p>Simultáneos acoplados</p> <p>Serendipia o hallazgo afortunado</p> <p>Interactivos</p>
2004 – Unión Europea	<p>Innovación derivada de:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Avances científicos · Necesidades del mercados · Vínculos entre los actores presentes en los mercados · Vínculos en las redes sociales · Redes tecnológicas

Tabla 13. Modelos de innovación, adaptación de (Balmaseda, Elguezabal, Clemente, 2007)

Resulta de interés subrayar el concepto de subprocesos de innovación, como pueden ser la generación de ideas, depuración, estudio de viabilidad, etc., que acogen varios autores, siendo habitual citar el concepto de embudo de generación de ideas para significar la diferente cantidad de creatividad a lo largo del tiempo, potenciado por el concepto *"stage gate"* (Cooper, Edgett, Kleinschmidt, 2002). Este enfoque es compartido por la corriente de pensamiento *"new product development"* (NPD). Resulta especialmente útil para la generación de encuestas y para la interacción con el cliente. Al focalizar en aspectos concretos acerca de la importancia de la innovación hacia los detalles, es posible aplicar soluciones en módulos que resulten similares y que se encuentren presentes en varios estadios temporales del desarrollo del producto.

Las investigaciones en innovación de los autores que participan en la corriente enfocada en los recursos (Figuerola, 2015), identifican las siguientes características del proceso de innovación:

- a) Depende de la trayectoria histórica de la evolución tecnológica particular y bajo estas circunstancias pueden establecerse tendencias dominantes.
- b) La evolución es continua por medio de la acumulación del aprendizaje. Se distinguen las habilidades esenciales de cualquier otra, bajo diferentes estructuras, siendo la espiral de conocimientos una de las más populares.
- c) La incertidumbre se eleva en procesos de tipología I+D, cuyos resultados finales requieren añadir esfuerzos de adaptación para su incorporación al mercado.
- d) Resulta irreversible el proceso, al establecer que una nueva tecnología genera sectores de conocimientos distintos, como puede ser una rama de la ingeniería. Posteriormente a estas modificaciones se forman economías de escala y estructuras que hacen que la evolución se oponga a la reversibilidad del proceso.

4.4.- LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN

Con un claro origen industrial, la gestión de la innovación ha sido señalada por diversos autores como una materia en auge desde hace años, a partir de la fusión de conceptos sociológicos y económicos con los puramente económicos. También suele ponerse de manifiesto la falta de conexión que se está produciendo entre las perspectivas académicas teóricas y la puesta en marcha en el mercado, lo que se justifica por las incertidumbres y riesgos que tales acciones conllevan (Nambisan, 2017). Todo esto es una clara motivación para realizar estudios empíricos como el de esta Tesis.

De no contemplar la innovación en el concepto original de la I+D, se pasó a contemplar la innovación en común con la gestión de la tecnología según el modelo S de Foster (Lea, 2015), para posteriormente acabar con la llegada de nuevas corrientes de pensamiento como el "design thinking", que están ayudando a forjar un valioso cuerpo de conocimiento (Steinbeck, 2011).

Es habitual encontrar cuatro enfoques acerca de la gestión de innovación, que surgieron a partir del análisis comparativo de un gran número de artículos publicados:

ENFOQUE	DESCRIPCIÓN
Caótico	Sujeto a cambios permanentes rápidos que impiden seguir una planificación.
Biológico	Concibiendo la organización como un ente vivo y robusto con capacidad para adaptarse a los cambios.
Empírico	A partir del análisis de un gran número de acontecimientos.
Determinista	Dado que los esfuerzos se centran en medir entradas y logros.

Tabla 14. Enfoques de la gestión de la innovación

En la bibliografía existente se distinguen las siguientes áreas donde introducir la innovación mediante procedimientos de buenas prácticas: nivel de proyecto, nivel de producto, mercado o empresa. El factor de empresa suele ser el que más influencia presenta a través de los siguientes aspectos (Adams, Bessant y Phelps, 2006):

- a) Estrategia de la empresa con respecto a la innovación.
- b) Cultura empresarial capaz de vencer las barreras internas presentes en la propia institución.
- c) Experiencia acumulada en forma de conocimientos que han dejado otros trabajos y que pueden ser considerados un activo.
- d) Emprendimiento y carácter multidisciplinar de los recursos humanos aplicados a la I+D+i.

La sistematización en la innovación suele formar parte de la gestión industrial, resultando en una sucesión de pasos hasta obtener la idea perseguida. De este modo, han ido apareciendo diversas guías, manuales, libros blancos o normas, entre las que deben citarse las normas UNE y las BS 7000 británicas, así como las publicaciones de la fundación COTEC.

Las Normas UNE que tratan este tipo de proyectos son UNE 166000, 166001 y 166002. El título de la norma UNE ISO 166001 es *"Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i"*. En esa norma se señala: *"El objetivo de esta norma es tanto facilitar la sistematización de las actividades de investigación y el desarrollo e innovación en forma de proyectos de I+D+i, como ayudar a definir, documentar y elaborar proyectos de I+D+i, mejorar su gestión y comunicación a las partes interesadas. Esta norma es aplicable a todos los proyectos de I+D+i, independientemente de su complejidad, duración o área tecnológica."*

La norma UNE ISO 166000, cuyo título es *"Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i"*, señala: *"Las actividades de Investigación, Desarrollo tecnológico e Innovación (I+D+i) están siendo objeto de una especial atención y examen como consecuencia de su importancia en el progreso económico y social. Esto hace que sea necesario armonizar y*

desarrollar la terminología y definiciones que se utilizan en las mismas, para que todas las partes interesadas puedan entender de qué se trata."

Por último, la norma UNE ISO 166002 de título: *"Gestión de la I+D+i: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+i"* expone lo siguiente: *"La I+D+i constituye un elemento clave para el éxito de las organizaciones. El objetivo de esta norma es orientar a las organizaciones en el desarrollo, implantación y el mantenimiento de un marco sistemático para sus prácticas de gestión de la I+D+i, integrándose todo ello en un sistema de gestión de la I+D+i. Un sistema de este tipo permite a las organizaciones ser más innovadoras y fomentar el éxito de sus innovaciones en productos, servicios, procesos, diseños organizativos o modelos de negocio, contribuyendo con ello a la mejora de sus resultados, de su valor y de su competitividad."*

Las administraciones públicas asocian en ocasiones los procedimientos de calidad ISO 9000 con los procesos para la obtención de la innovación, señalando fases comunes como pueden ser: vigilancia, previsión, creatividad, análisis interno y externo, planificación, gestión, ejecución, protección de resultados, control y mejora, transferencia de tecnología y diagnóstico de resultados

4.5.- INNOVACIÓN COMO CAUSA DE ÉXITO

La innovación se estudia habitualmente bajo distintos criterios, anteriormente se ha puesto de manifiesto la utilidad de asimilar sus capacidades de gestión y la conveniencia de descomponerla en un proceso. Desde el punto de vista del mercado, (Akrich, 2002) se incluye en la línea de investigación que contempla la innovación como un dispositivo clave para obtener el éxito respecto al cliente, debido a sus cualidades para elevar la eficiencia propia respecto al entorno. Esta línea guarda relación con lo expuesto para el sector industrial, donde se le reconoce a la innovación su contribución como motor para el crecimiento económico y tecnológico. Históricamente, la corriente schumpeteriana ha utilizado métodos de medida cuantitativos y cualitativos para evaluar el beneficio de la innovación. Además, se suele apreciar que las instituciones más innovadoras obtienen respuestas más favorables en las

interacciones internas y externas. Un rasgo característico de ellas es su solidez para resistir los cambios en la organización de manera duradera y favorecer la supervivencia de la organización, siendo un factor clave la visión a largo plazo (Von Oech y Willett, 2008). Se suelen citar las siguientes ventajas competitivas producidas por la innovación:

1. Ofrecer una novedad diferenciada respecto a la competencia.
2. Aportar conocimientos valiosos para los interesados.
3. Mejorar las condiciones del producto existente.
4. Cambiar las características actuales objeto de competencia.
5. Sobrepassar las barreras de aplicación de los conocimientos.
6. Modificar las reglas del mercado a las que se sujeta la competencia.
7. Iniciar una trayectoria nueva.
8. Reformular los procesos existentes.

Por otra parte, existen limitaciones a la conexión favorable entre éxito e innovación, dado que la creatividad por sí misma no puede lograr las condiciones más beneficiosas para la organización. En apartados anteriores se han puesto de manifiesto las diferencias entre innovación e investigación, fundamentalmente respecto a la poca orientación al mercado que caracteriza a la I+D, y que corrobora el planteamiento limitativo hacia el éxito de una determinada innovación, que debe ser aceptada por la demanda como medio imprescindible hacia el éxito.

Otro aspecto que se expone habitualmente es la protección frente a imitadores, que, de carecerse, impide alcanzar las ventajas enumeradas, y que se dan en empresas cuyos esfuerzos no acompañan al desarrollo innovador (Figuerola, 2016). A continuación, se exponen algunas de las cuestiones causantes del fracaso:

1. Adelantar demasiado las actualizaciones y los costes a los seguidores de una marca a través de una relación forzada con el cliente.
2. Menospreciar la protección de la patente, de la propiedad intelectual o de la propiedad industrial.

3. Rebasar la capacidad de conocimiento que puede ser trasladado al mercado.
4. Desconocer la curva de aprendizaje hasta sobrepasar los tiempos necesarios.
5. Introducir modificaciones radicales en contra de lo solicitado por el cliente.
6. Carecer de los recursos requeridos para la producción y la distribución.
7. Necesitar un estándar distinto a lo establecido.
8. Elevar la complejidad técnica del producto por encima de las expectativas.

4.6.- INVESTIGACIÓN ACERCA DE LA INNOVACIÓN

Es tal la importancia que recibe actualmente la I+D+i que es posible encontrar habitualmente la expresión "era de la innovación". En esta línea, Nieto destaca la gran cantidad de investigación volcada últimamente hacia la gestión y dirección de la innovación, como medio para introducir continuamente aportaciones de múltiples campos (Nieto, 2016). Además, recomienda utilizar la clasificación realizada por la "Academy of Management", para subdividir los sectores implicados en el concepto "technology and innovation management":

1	Tecnologías de la información
2	Impacto de las nuevas tecnologías en el comercio electrónico
3	Dirección de proyectos tecnológicos
4	Estrategias de desarrollo de productos
5	Procesos organizativos y actividades tecnológicas
6	Capital intelectual

7	Trayectorias de desarrollo tecnológico
8	Aplicación y uso de las tecnologías
9	Difusión de innovaciones
10	Previsión tecnológica y políticas
11	Dirección estratégica de la tecnología
12	Procesos de innovación

Tabla 15. Ámbitos de la investigación en innovación

En cada uno de los ámbitos anteriormente expuestos existe numerosa literatura sobre la innovación, siendo posible que, en determinados casos, se produzcan interacciones entre varios ámbitos, mayoritariamente en aquellos vinculados con la dirección estratégica, los procesos de aprendizaje, los procesos organizativos y la adaptación a los cambios de la tecnología y al entorno. En este estudio se hace uso de técnicas de innovación docente, con éxito, no siendo consideradas sustanciales para los resultados alcanzados, es decir, se hubieran conseguido los mismos resultados sin ellas, por lo que no se describen en este capítulo.

Algunos autores consideran que la innovación debe realizarse bajo una perspectiva que tenga en cuenta todas las variantes de innovación que se incluyen en la definición entregada por Schumpeter (Schumpeter, 1982). Sin embargo, otros autores defienden que una definición de la innovación basada en dichas variantes no es lo deseable, debido a que consideran que es una definición imprecisa que no ha tenido en cuenta los cambios producidos durante los últimos años en las investigaciones de dirección de la innovación. Es relevante recordar que el mismo Schumpeter fue evolucionando, con el paso de los años, de una aproximación a la innovación que se centraba en el emprendedor hacia un mayor reconocimiento de la innovación organizada en los grandes departamentos de I+D.

(Beveridge, 2017) junto con (Nieto, 2016), exponen tres enfoques teóricos acerca del estudio de la innovación, que resultan útiles para el desarrollo del resto de capítulos.

1. Enfoque conductual desde la estructura a los resultados. Influenciado por las ramificaciones de la economía según un concepto histórico, responde a la búsqueda de los factores estructurales sustanciales. Tras encontrar los factores que modifican el comportamiento de la estructura industrial, se realiza el análisis que llevará a la estrategia tecnológica. No analizan el proceso de innovación en las organizaciones.
2. Enfoque operativo. Centrado en la búsqueda de las herramientas que demandaban los departamentos de I+D de la época, en ocasiones más centrados en investigación básica sin conexión con el mercado.
3. Enfoque basado en los recursos. De fuerte influencia evolucionista y dinámica, no busca un marco teórico o modelo rígido. Puesto que la institución está orientada a resolver problemas tecnológicos mientras se suceden los cambios, se requieren actualizaciones en los conocimientos de manera dinámica, que posteriormente se convertirán en investigación. Como pieza fundamental de la competitividad empresarial, es un enfoque que señala la importancia de proteger la investigación a través de los medios legales existentes. En una visión macroeconómica, los recursos limitados no recuperables son repartidos de modo heterogéneo entre las organizaciones que pujan en competencia, para dar lugar a un proceso innovador imperfecto. Se aprecia que este enfoque se centra más en los procesos que en el desarrollo de los productos.

Por otra parte, la teoría neoclásica extiende el enfoque basado en los recursos, considerando a la institución como una caja negra definida por su función de producción, así como por las curvas de coste. Al disponer como principal objetivo la obtención de los máximos beneficios, y dada su individualidad frente a la competencia, desarrollará mecanismos de optimización propios para competir utilizando la tecnología como medio para la innovación. Dicha actualización tecnológica y sus resultados de innovación deben protegerse

para mantener las ventajas en el mercado. La teoría neoclásica ha sido ampliada por diversos autores al considerar que no hace uso del valor de la gestión del conocimiento (Beckman y Barry, 2007), o bien no todos los entes tienen acceso a la misma tecnología (Schumpeter, 1982). Resulta también cuestionable suponer el beneficio como único objetivo, dado que el entorno actual condicionado por adaptaciones tecnológicas obligatorias a los productos 4.0, cada vez más rápidas, obliga a las empresas a innovar constantemente, a dedicar esfuerzos en obtener información por medio de procesos estructurados de vigilancia, a multiplicar sus objetivos y a reflexionar sobre la importancia de la organización o incluso acerca del propio proceso proactivo de innovación.

La organización industrial ofrece un enfoque teórico similar al anterior, en el cual las empresas innovan para defender su posición competitiva actual. De este modo pueden lograrse nuevas ventajas competitivas y tener una aproximación tanto reactiva, centrada en protegerse de la pérdida de mercados, como proactiva para ganar competitividad en el mercado (Snow, 2001). La estructura de la industria se determina en función de las condiciones de oferta y demanda, de la conducta y del rendimiento.

La teoría de la nueva economía industrial ofrece un enfoque de concepción estática en el que el proceso de innovación tecnológica proviene del exterior, con origen en el avance tecnológico y científico. Esta teoría se basa en la relación conductual innovadora entre la estructura y los resultados descritos por la economía industrial. Además, considera unidireccional la causalidad, lo que puede acarrear una fuerte limitación en su aplicación práctica. Con esta teoría, la empresa manipula el entorno para mejorar los resultados y para aumentar la eficiencia, explicando la teoría de la nueva economía industrial mediante la inclusión de retroalimentaciones y elevando la influencia de los efectos de las políticas públicas. La innovación es considerada como un elemento más en el contexto estratégico de la empresa. La limitación principal sigue siendo que se cree que el entorno puede ser previsto y que los directivos tienen una ilimitada capacidad para procesar información, siendo este un marco poco apropiado para el estudio de empresas de diversos sectores. En cuanto a la I+D, todavía no incluye la innovación al igual que las

teorías anteriormente expuestas, por lo que permanece una visión lineal del proceso, al considerar que la evolución de las tecnologías es predecible (Krapyvny, Omelyanenko y Vernydub, 2015).

La teoría económica evolutiva introduce la concepción dinámica de la innovación. A diferencia de las teorías estáticas, el enfoque evolucionista plantea, desde una perspectiva neoschumpeteriana, el estudio del cambio, introduciendo el elemento dinámico en consonancia con el análisis económico de las organizaciones. Considera los flujos de la información y del conocimiento como un elemento clave en la empresa, así como a la acumulación de conocimiento como un proceso interactivo. Pone de relieve, también, la relación existente entre ciencia y tecnología. Según este punto de vista, las organizaciones compiten por medio de métodos lo más próximos posibles a sus capacidades internas, investigando de esta forma de un modo incremental. El aprendizaje basado en la experiencia implica que las competencias de una organización son fruto de su propia historia, de manera que los cambios en estrategias o estructuras de las empresas no se producen de forma rápida. Incluye el concepto de coherencia entre actividades existentes y nuevas, como se aplica en la metodología ágil Scrum. Además, dado que se trata de capacidades dinámicas de la organización, la innovación se vincula con la capacidad de aprender de las innovaciones precedentes como base para las innovaciones subsiguientes, siendo el origen de la teoría de recursos y capacidades.

Bajo el enfoque evolucionista, otra aproximación posible es el análisis usando diferentes patrones de innovación. Estos patrones se extraen de las propias diferencias que se dan entre las empresas, desde una perspectiva interna, en términos de capacidades y organización, que pueden suponer una gran heterogeneidad innovadora. A diferencia del análisis tradicional del proceso de innovación, este tipo de análisis se centra en las asociaciones más que en las causalidades.

Otro punto de vista sobre la innovación, dentro de la corriente evolucionista, es el basado en los sistemas de innovación, que estudia la influencia de las instituciones externas en las acciones de las empresas, poniendo énfasis en la transferencia y difusión de ideas, conocimientos e informaciones. La

innovación es definida como un proceso dinámico irreversible en el que el conocimiento se acumula a través del aprendizaje y de la interacción con otros (Harryson. Kliknaite y Dudkowski, 2007).

Otra aproximación a la innovación se localiza en la línea de la teoría estratégica de la empresa. Porter (2008) introdujo esta teoría, junto con el modelo de las cinco fuerzas y conceptos como el diamante de Porter y la cadena de valor. Se basa en el estudio de las condiciones idóneas y de la situación ideal para obtener resultados empresariales mejores. En esta línea, el paradigma de la dirección estratégica se ha posicionado como modelo dominante en la actual gestión empresarial. Esta aproximación tiene como objetivo formular diferentes estrategias con el fin de explotar las oportunidades del entorno y contrarrestar las amenazas. Este primer enfoque, basado más en el análisis externo, ha sido complementado con el análisis interno, focalizado en los recursos y capacidades de la empresa. Esta segunda perspectiva permite concebir a la empresa como un conjunto único de recursos y capacidades heterogéneas, y considera que la empresa obtiene de las diferencias en los recursos sus ventajas competitivas, especialmente de aquellos recursos escasos, difícilmente imitables, no sustituibles y valiosos. El paradigma de la dirección estratégica pretende, por lo tanto, insertar la empresa en su medio externo, haciendo posible que sea capaz de responder eficazmente a las oportunidades y situaciones favorables que el entorno le plantea y de hacer frente a los retos y amenazas que surjan, teniendo en cuenta siempre el uso de los recursos y capacidades de que la empresa dispone internamente.

TÍTULO II

5.- RELACIÓN ENTRE METODOLOGÍAS ÁGILES Y PREDICTIVAS

5.- RELACIÓN ENTRE METODOLOGÍAS ÁGILES Y PREDICTIVAS	114
5.1.- COMPARATIVA ENTRE METODOLOGÍAS ÁGILES Y PREDICTIVAS.....	116
5.2.- BENEFICIOS EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS TRADICIONALES.....	119
5.3.- BENEFICIOS EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS ÁGILES.....	120
5.4.- INCONVENIENTES EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS ÁGILES.....	121
5.5.- DIFERENCIAS SEGÚN EL TIPO DE MODELO DE AGILIDAD.....	122
5.6.- TASA DE ÉXITO SEGÚN METODOLOGÍA.....	124

5.- RELACIÓN ENTRE METODOLOGÍAS ÁGILES Y PREDICTIVAS

En este capítulo se indica la relación entre los conceptos teóricos que se han visto anteriormente acerca de las dos tendencias principales en gestión de proyectos, como son las metodologías ágiles y las predictivas, dejando para posteriores capítulos su validación en los proyectos que han servido para este estudio. Existe un gran número de publicaciones acerca de las diferencias entre metodologías (McCormick, 2012), por lo que se ha puesto especial interés en seleccionar aquellos conceptos relevantes para este estudio empírico.

En primer lugar, se describen los principios fundamentales que permiten justificar este capítulo:

ÁGIL	PREDICTIVO
Evitar el exceso de documentación, con reuniones presenciales rápidas y frecuentes	Todo debe quedar documentado, como medio para facilitar la comunicación y evitar la confusión
El producto es la entrega periódica, siempre y cuando sean partes funcionales	El producto se entrega al finalizar el proyecto, sirviendo las mediciones para evaluar el progreso
Ritmo de trabajo favorecido mediante esfuerzo sostenido, evitando la dispersión y los tirones	
Alineamiento de todos los interesados hacia la búsqueda de la excelencia	Cumplimiento de los requisitos mínimos prefijados
Utilización de la simplicidad para obtener el máximo resultado con el mínimo esfuerzo	Elevación de la complejidad del sistema para abarcar el máximo conjunto de datos posible

Organización autónoma del equipo para alcanzar los mejores resultados, promoviendo la confianza	
Ajuste de la conducta del equipo mediante reuniones regulares, aplicando la reflexión para la optimización del rendimiento	
La satisfacción del cliente como objetivo, a través de entregas tempranas continuamente	Satisfacer la entrega a través del cumplimiento de los costes y plazos marcados.
Se acepta el valor añadido de las modificaciones o incluso de los retrasos justificados por su valor	Las modificaciones son contempladas como amenazas respecto al plan
Se corrobora el avance mediante la aceptación de cada entrega por parte del cliente	Se mide el éxito por medio de la entrega final
El equipo lo forman individualidades motivadas	
Equipo compuesto por integrantes de diferentes disciplinas que favorecen la comunicación constante con distintos departamentos	Cada departamento organiza sus fases de modo autónomo, entregando el testigo de uno a otro de manera secuencial

Tabla 16. Principios de gestión ágiles y predictivos

5.1.- COMPARATIVA ENTRE METODOLOGÍAS ÁGILES Y PREDICTIVAS

Las diferencias fundamentales entre ambas metodologías se centran en que la filosofía ágil no busca un objetivo fijo y planificado, sino que busca el mejor método para avanzar o para innovar, lo que resulta inverosímil para los métodos predictivos. El método planificado es incompatible con un proyecto que considera fijos los recursos e intenta llegar con ellos lo más lejos posible. Como consecuencia de dicho enfoque, los proyectos convencionales presentan en ocasiones grandes diferencias respecto al éxito, que puede darse en el producto, o en el proyecto que desarrolla el producto, en ambos o en ninguno.

A partir de esta directriz, se muestran a grandes rasgos en la siguiente tabla los diferentes enfoques:

ÁGIL	PREDICTIVO
Cambio permanente hacia el objetivo difuso	Planificación
Simultaneidad y concurrencia	Secuencial según modelo lineal por etapas
Centrado en la visión del objetivo	Centrado en cumplir los requisitos detallados
Equipo multidisciplinar	Equipo especializado
Fija los recursos modificando el objetivo	Fija el objetivo modificando los recursos

Tabla 17. Comparativa entre el enfoque ágil y el predictivo

Se pueden apreciar las fuertes diferencias entre los dos puntos de vista, que descansan en varios pilares conceptuales. Entre dichos conceptos

fundamentales destaca, a efectos del estudio de esta Tesis, el distinto modo de entregar el trabajo que en el caso ágil incorpora iteraciones que involucran a todo al equipo y al cliente. Esta cualidad no ha podido ser obtenida a través de ningún otro sistema de entre los que se ha tenido oportunidad de comprobar. Tan sólo se han encontrado similitudes respecto a cuestiones relacionadas con: la integración del cliente y con las entregas sujetas a iteración en modelos aislados, como han sido la ingeniería concurrente y el modelo lineal en espiral iterativo, respectivamente. Ambas alternativas se califican habitualmente como “sistemas abiertos”, aptos para la mejora continua, aunque no han sido capaces de ofrecer la solución completa que ofrecen los modelos ágiles.

Así se llega a la cuestión principal que ayuda a determinar la elección de uno u otro, como es el grado de certeza acerca del resultado del proceso, que puede disponer de atributos innovadores o no, puesto que, de existir incertidumbres, el cliente conocerá mientras se avanza cuál es la velocidad del escenario tecnológico, los costes y el detalle, con suficiente precisión para anticiparse al fallo con antelación a la finalización del proyecto. Es decir, únicamente con ágiles se produce el efecto deseado cuando las modificaciones sirven como información enriquecedora de la visión del producto.

Señalar que diversos autores reclaman una mayor capacidad de trabajar juntas ambas metodologías (Rodrigues y Rabetti, 2021). En nuestro estudio se ha obtenido la compatibilidad entre distintas fases y se han encontrado dificultades que han impedido su funcionalidad conjunta cuando se han mezclado dentro de la misma fase.

Para justificar los diferentes parámetros de elección, se exponen a continuación las diferencias sustanciales entre ambos sistemas:

ÁGIL	PREDICTIVO
Planificación adaptativa	Planificación rígida

Diseño simple, rápido y basado en la comunicación	Diseño extensible basado en la documentación
Desarrollo basado en la gestión del conocimiento	Desarrollo a través de la asignación de roles
Pruebas a través de la organización autónoma	Pruebas orientadas a la generación de documentos certificando el cumplimiento de los requisitos
Análisis continuado de requerimientos	Requerimientos fijados de antemano de manera aislada
Cláusulas contractuales flexibles, tras la transmisión del objeto del trabajo	Contrato extenso que regula las relaciones
El cliente se involucra en el desarrollo	El cliente participa en reuniones con el equipo de desarrollo
Bajo número de integrantes del equipo, en un mismo entorno o ubicación	El número de participantes es muy grande, en entornos descentralizados habitualmente
Motivados para afrontar y aumentando la resiliencia intrínseca a los cambios	Resistencia al cambio
Adaptada a las características TIC: Maleabilidad, coste bajo, valor del conocimiento y factor de escala del producto	Poco adaptada a proyectos maleables de bajo coste y alto volumen de documentación
Pocos instrumentos	Muchos instrumentos
Un número bajo de roles, favoreciendo al equipo	Muchos roles

Pierde importancia la arquitectura del trabajo, del proceso o del producto	Gran importancia asignada a la arquitectura, que normalmente debe permanecer de principio a fin
Imposiciones desde el interior del equipo	Gran número de normas impuestas al equipo desde el exterior

Tabla 18. Comparativa entre ágiles y predictivas, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016)

5.2.- BENEFICIOS EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS TRADICIONALES

Las metodologías tradicionales se basan en la Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK® (actualmente se dispone de la sexta edición). Elaborada por el “*Project Management Institute*” (PMI), agrupa acciones aplicables a un proyecto y añade, como ayuda, referencias a buenas prácticas contrastadas. Sirve como orientación para conocer qué pasos deben seguirse para alcanzar el objetivo final propuesto. Mediante pruebas de conocimiento sobre las guías internacionales de herramientas de gestión de proyectos, es posible obtener la prestigiosa certificación “*project management professional*” PMP.

A pesar de que existe una corriente de detractores que cuestionan los rígidos postulados de los métodos convencionales (Koskela y Howell, 2002), deben admitirse los óptimos resultados alcanzados en sistemas sujetos a normas estandarizadas, que muestran generalmente baja holgura y aseguran la calidad de procesos repetitivos, como son determinados modelos de fabricación en cadena o en serie. No resulta infrecuente encontrar el término en serie, en cascada o “*waterfall*” como parte de su definición.

5.3.- BENEFICIOS EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS ÁGILES

Diversos autores han publicado análisis comparativos entre metodologías, entre los que se han extraído las siguientes conclusiones acerca de las ventajas ágiles:

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

Cuantificación de parámetros sujetos a los beneficios ágiles:

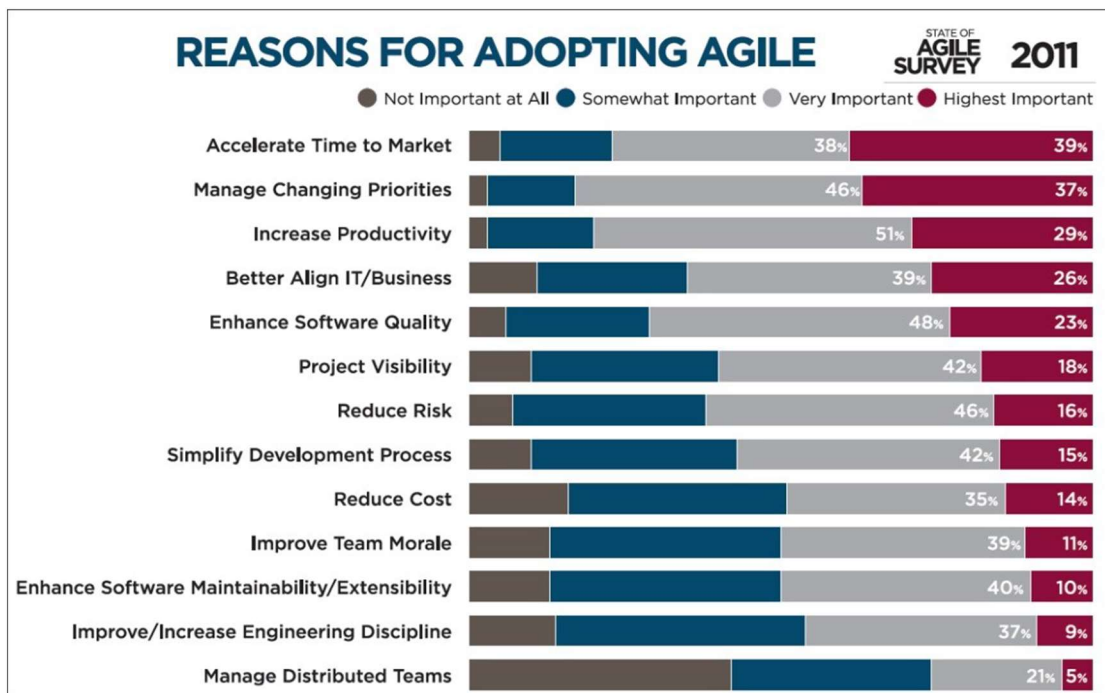


Figura 7. Ventajas específicas de los métodos ágiles (Moniruzzaman y Hossain, 2013)

Se considera que no es necesario insistir en los inconvenientes de los métodos convencionales, dado que se obtienen como resultado de las ventajas de los métodos ágiles (Ambler y Lines, 2012).

5.4.- INCONVENIENTES EN LA GESTIÓN APLICANDO METODOLOGÍAS ÁGILES

El enfoque holístico de los proyectos de ingeniería puede provocar a grandes rasgos los siguientes inconvenientes:

EFECTO	CAUSA
Fallar en la comunicación	Mantener reuniones presenciales frecuentes cuando la escala del proyecto lo impide debido a su gran tamaño
Desorientar el ajuste continuo del equipo al entorno	El entorno es demasiado inestable
Retrasar las entregas debido a que deben ser funcionales	Los costes de modificar el producto son demasiado altos, por su rigidez, criticidad o tamaño
Elevar una barrera entre investigación y desarrollo	El proyecto tiene un objetivo demasiado alejado de la demanda
Alejar al equipo de la visión del objetivo	Uno de los participantes lidera el grupo y transmite las especificaciones al resto.

Tabla 19. Inconvenientes de las metodologías ágiles

5.5.- DIFERENCIAS SEGÚN EL TIPO DE MODELO DE AGILIDAD

Existen metodologías ágiles minoritarias, como por ejemplo la programación extrema XP, que resultan de poco interés para este trabajo. Resulta de mayor interés para el sistema propuesto en este documento, el método Kanban puesto que consta de enorme éxito en el sector de la fabricación. El modelo XP se dirige a trabajos a gran escala, con alto número de fallos y de cambios. Sin embargo, Kanban aporta un punto de vista diferente que resulta muy útil, aunque su aplicación directa resulta muy compleja fuera de su ámbito. Propia del sector del automóvil, Kanban nace a través del concepto “just-in-time” (JIT), que evita la fabricación del bien hasta que no sea adquirido por el cliente. Se conocen los términos ToDo, Doing, Done, como las tres D’s, las cuales permiten formar el tablero Kanban. Es un sistema para procesos pequeños sujetos a cambios constantes en el que se deben minimizar los fallos. Se puede apreciar una comparativa entre distintos tipos de gestión, junto a su utilización media en proyectos generalistas, en la figura siguiente:

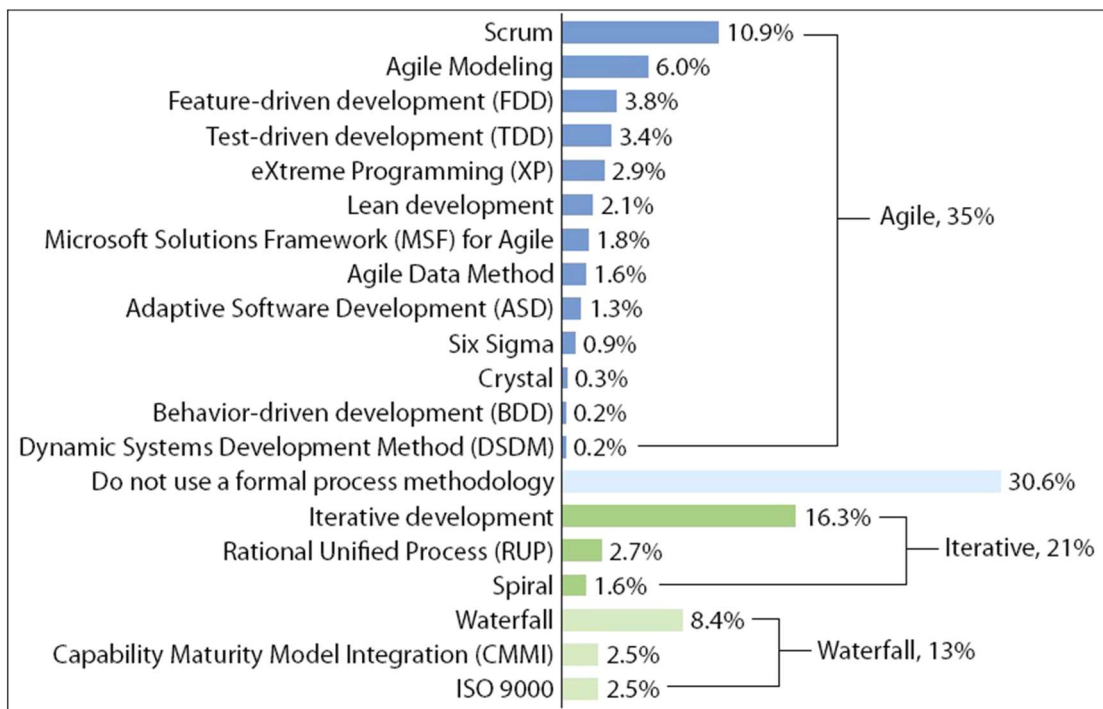


Figura 8. Distinta utilización de métodos (Moniruzzaman y Hossain, 2013)

Las similitudes entre las metodologías más aplicables para el diseño industrial como son Kanban y Scrum comparten: un concepto de trabajo sin pérdidas “Lean”; un plan modificado de modo transparente por la etapa posterior; una división del trabajo por medio de equipos organizados autónomamente y, por último, unas entregas tempranas de tipo funcional.

El modelo Scrum es el sistema de gestión ágil 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 propiedades características acerca de su carga de trabajo o de su prioridad. El encargado de ordenar el “backlog” será el “product owner” o representante del cliente. La priorización se realiza de nuevo al acabar cada iteración.

De importancia extrema es que cada vez que se produce una iteración se ha conseguido un hito, o un objetivo menor, lo que acerca paulatinamente al objetivo final. A cambio, al desconocer el resultado de cada sprint, el resultado final no se conoce todavía con certeza. Además del sistema de logros y certezas, el sistema obtiene una interacción y comunicación del equipo sin precedentes.

Otro de los aspectos que Scrum permite incorporar es el concepto de retorno de inversión R.O.I. para observar cómo se van gastando los recursos y permitir definir cuándo no va a ser rentable continuar con sprints (Rico, Sayani y Sone, 2009). En general el uso de los recursos va a ser muy diferente de los métodos tradicionales (Keaveney y Convoy, 2006).

No.	Category	Low	Median	High	Points
1.	Cost	10%	26%	70%	9
2.	Schedule	11%	71%	700%	19
3.	Productivity	14%	122%	712%	27
4.	Quality	10%	70%	1,000%	53
5.	Satisfaction	70%	70%	70%	1
6.	ROI	240%	2,633%	8,852%	29

No.	Category	Low	Median	High	Points
1.	Cost	3%	20%	87%	21
2.	Schedule	2%	37%	90%	19
3.	Productivity	9%	62%	255%	17
4.	Quality	7%	50%	132%	20
5.	Satisfaction	-4%	14%	55%	6
6.	ROI	200%	470%	2,770%	16

Tabla 20. Coste Beneficio ágil y tradicional (derecha) (Rico, 2008)

Para la buena marcha de los trabajos se debe respetar la transparencia a la hora de comunicarse entre los miembros, inspeccionar frecuentemente sin interferir y, por último, actuar para corregir problemas lo antes posible. Se logra esto con la herramienta "Burndown Chart" que hace una representación gráfica escalonada descendente de la cantidad de tarea pendiente que queda en un determinado sprint.

Estimated Hours Remaining by Date

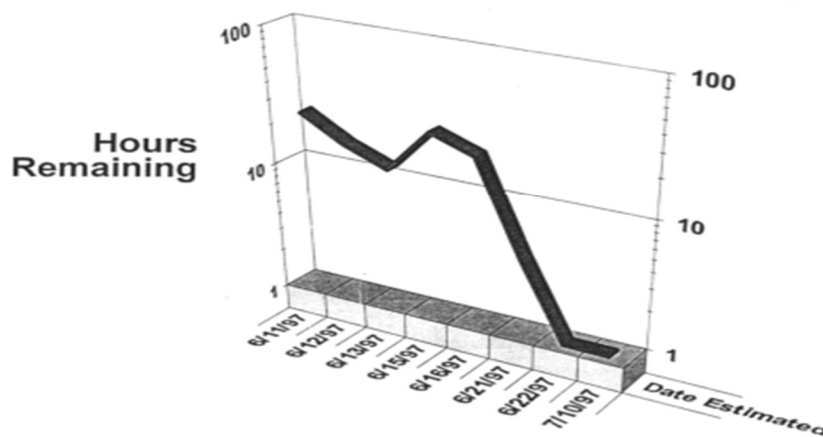


Figura 9. Burndown Chart (Sutherland, 2001)

Scrum se define como un sistema ligero, simple de entender y difícil de dominar, que sorprendió por el alto nivel de poder que se le entrega al equipo, al que se le despoja del clásico director de proyecto, creando un marco adaptativo donde sus integrantes pueden abordar problemas complejos, mientras las entregas se hacen dando el mismo peso a la productividad y a la creatividad.

5.6.- TASA DE ÉXITO SEGÚN METODOLOGÍA

En función del tipo de proyecto se obtendrán diferentes tasas de éxito, en primer lugar, se exponen los resultados para proyectos generalistas y posteriormente para proyectos de tipología TIC por medio de las estadísticas facilitadas por la fundación "Standish Group". Se pueden comprobar en la siguiente gráfica los beneficios de los sistemas iterativos:

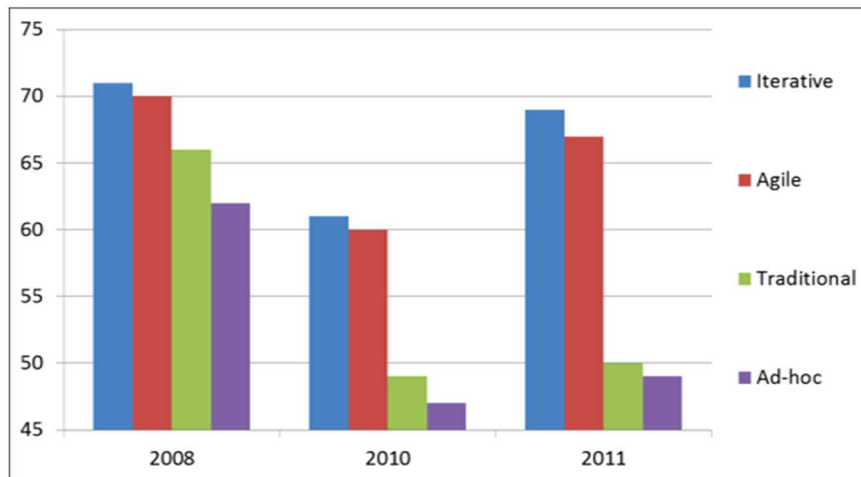


Figura 10. Éxito en metodologías según Ambler (Moniruzzaman y Hossain, 2013)

Como se ha avanzado anteriormente, el "Chaos Report" (Clancy, 1995) nos entrega porcentajes de proyectos fallidos. Resulta de interés comparar ágiles con tradicionales en proyectos de software. En estos últimos, existen peculiares características de máxima velocidad de creación y muy corta vida de utilización. En la siguiente comparativa se muestran datos relacionados con las altas tasas de proyectos fracasados:

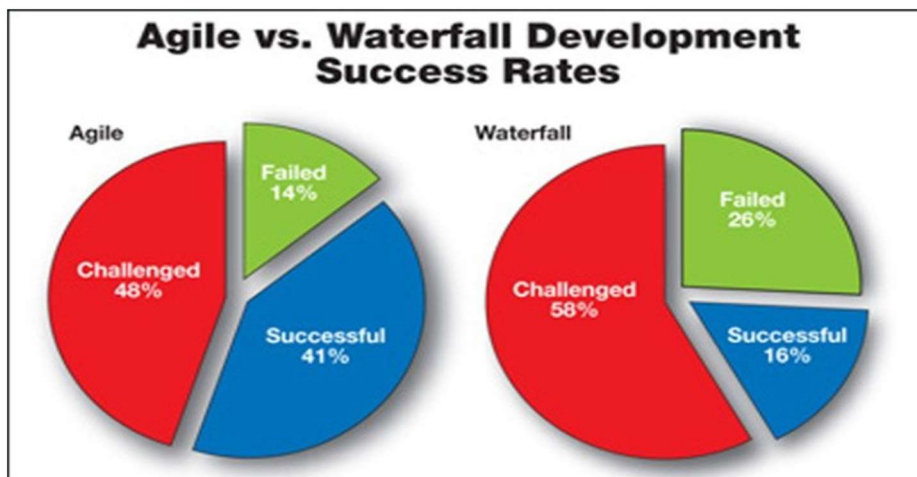


Figura 11. Tasa de éxito según Standish group (Moniruzzaman y Hossain, 2013)

El informe Chaos permite revelar cómo las metodologías ágiles son capaces de adaptar sus formas de trabajo a las condiciones diferentes de proyecto, gracias a su flexibilidad y a su capacidad para adaptar su respuesta de manera más inmediata a las circunstancias cambiantes de su entorno.

6.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN, INNOVACIÓN Y TIC

6.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN, INNOVACIÓN Y TIC	129
6.1.- NATURALEZA DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN	129
6.2.- DISEÑO INDUSTRIAL COMPATIBLE CON I+D+I.....	130
6.3.- DISEÑO DE PRODUCTOS DE INNOVACIÓN	131
6.4.- PROCESO DE INNOVACIÓN DE PRODUCTOS.....	132
6.4.1- INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	133
6.4.2.- PROTOCOLOS SISTEMÁTICOS DE INNOVACIÓN.....	134
6.4.3.- CREATIVIDAD	135
6.4.4.- PRINCIPALES FASES DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN	136
6.5.- MÉTODOS PREDICTIVOS APLICADOS EN INNOVACIÓN	138
6.5.1.- INCONVENIENTES PARA LA INNOVACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO	139
6.5.2.- BENEFICIOS PARA LA INNOVACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO.....	141
6.5.3.- GESTIÓN TRADICIONAL EN EL PROCESO DE DISEÑO.....	142
6.6.- FUTURO DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.....	145
6.7.- PARALELISMO DE LOS PROYECTOS TIC CON LA INDUSTRIA 4.0.....	147

6.- RELACIONES ENTRE GESTIÓN, INNOVACIÓN Y TIC

En este capítulo se analizan desde una perspectiva práctica las connotaciones que los apartados teóricos anteriores tienen en el estudio empírico que se ha realizado.

6.1.- NATURALEZA DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN

En sus publicaciones más reconocidas, (Kerzner, 2017) 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 planificación máxima (Marquis, 1969), 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*" PMBOK® (Guide, 2001), del "*Project Management Institute*" (PMI). 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.

A continuación, se van a exponer los aspectos más relevantes para el estudio realizado. Especialmente se establecerá la relación, por un lado, de la innovación con los proyectos de ingeniería, y, por otro lado, de las herramientas de dirección de proyectos con la concepción tradicional de la gestión orientada al cumplimiento de las normas tradicionales.

A lo largo del estudio la interpretación de un proyecto se asocia a un diseño de producto, por lo que las soluciones orientadas al desarrollo de servicios industriales, también sujetos a proyectos, son externas al objeto del documento.

6.2.- DISEÑO INDUSTRIAL COMPATIBLE CON I+D+i

Las siglas I+D+i se refieren a Investigación, Desarrollo e innovación. La investigación puede ser básica o aplicada, a diferencia del desarrollo tecnológico, caracterizándose, además, por la incertidumbre en la consecución de su objetivo final, así como sus plazos, lo que motiva que muchos proyectos de este tipo no alcancen el fin esperado. Generalmente, la investigación supone el empleo de elevadas necesidades de personal y de presupuesto (Beveridge, 2017).

Las características de un proyecto de innovación guardan similitud con los de investigación, añadiendo la necesidad de equipos multidisciplinares en permanente comunicación. Disponen de menor cantidad de recursos y tiempo que los proyectos de investigación, añadiendo un aspecto como es la puesta en mercado al formar parte de los planes empresariales. También disponen de un alto grado de incertidumbre y riesgo, puesto que una innovación, obviamente, no ha sido desarrollada con anterioridad.

En la norma UNE para la gestión de la innovación, se definen los proyectos I+D+i como el componente fundamental de toda política científica y tecnológica, tanto a nivel empresarial como a nivel nacional. También señala que la diferencia esencial con otros tipos de proyectos es que la discrepancia que puede ocurrir entre el objetivo y el resultado puede ser valiosa, es decir, conseguir algo nuevo, distinto, o no conseguirlo puede ser un resultado apropiado para una acción I+D+i. Encontramos ejemplos de empresas fracasadas por su carácter defensivo en Xerox, Kodak, IBM, etc. y encontramos ejemplos de productos innovadores de perfil atacante, que aparecieron en proyectos fuera del objetivo inicial aceptando los logros alternativos en el grafeno, el acero inoxidable o la penicilina. Como se describe más adelante, no resultan habituales los sistemas de gestión compatibles con premiar el posible fracaso del objetivo inicial, lo que ha resultado formar parte del núcleo central en la primera etapa de este estudio empírico.

Las propiedades que llevan a la elevada consideración del impacto que este tipo de proyectos tiene en la sociedad se centran en que son capaces de aprovechar la visión de futuro de prácticamente cualquier persona, puesto

que en la actualidad la formación y el acceso a la información de la sociedad no se restringe a unos pocos. Esto ha llevado a que uno de los principales efectos sea estudiar la importancia de su gestión, tal y como realiza este documento.

6.3.- DISEÑO DE PRODUCTOS DE INNOVACIÓN

Al igual que en todo tipo de proyectos, optimizar la gestión de los proyectos de innovación resulta fundamental para que se realicen de una manera adecuada. La diferencia entre este tipo de proyectos y el resto es que su gestión será más compleja, debido a que el objetivo al que se quiere llegar va cambiando continuamente, conllevando que tenga que modificarse tanto la forma de trabajo como su gestión (Adams, Bessant y Phelps, 2006).

La innovación para un producto se enmarca dentro de la curva del ciclo de vida (ACV), de acuerdo con la curva de madurez en el tiempo en forma de S definida por Foster (Lea, 2015). Cuando se alcanza el estancamiento deben realizarse discontinuidades o innovaciones o saltos, según el modelo "*design thinking*" (Steinbeck, 2011), existiendo innumerables ejemplos de empresas líderes que han perdido su competitividad ante esta situación. En consecuencia, en este estudio se ha fomentado el espíritu atacante, propio de los innovadores que tienen más a ganar que a perder, frente a departamentos consolidados en productos antiguos que aprecian más la seguridad obtenida en la continuidad de lo anterior.

Se acepta que actualmente la innovación es obligatoria en todos los sectores, siendo todavía más presente en el ámbito de la ingeniería. Sin menoscabar los principios de competitividad clásicos (Porter, 2001), que forman parte de las bases de la ingeniería en organización industrial, es necesario considerar los cambios que se producen en la sociedad capaces de provocar que una organización pueda quedarse atrás en términos de competitividad. Se citan tres aspectos que potencian la innovación como factor clave para la competitividad (Nambisan, 2017), y que fueron asimilados por los integrantes de este estudio empírico: internacionalización, progreso técnico y personalización del mercado.

Este trabajo se ha realizado en un entorno mixto universidad - empresa, presentando por ello importantes ventajas para la creatividad y para la participación sin barreras. Se expone como claro caso de éxito, acorde a lo expuesto por varios autores respecto a las inercias empresariales y las reticencias al cambio por parte de individuos que reciben beneficios de la situación presente (Baregheh, Rowley, Sambrook, 2009). Se suele admitir que, del mismo modo que la parte científica descubre algo existente, la innovación inventa algo inexistente.

6.4.- PROCESO DE INNOVACIÓN DE PRODUCTOS

Podemos destacar la existencia de diferentes modelos históricos de procesos factibles hasta la innovación, sin embargo, cada vez más se está retornando a la idea de obtener la creatividad desde la demanda de los clientes, es decir, desde el departamento comercial en lugar del departamento de I+D. Podemos encontrar el origen de esta línea de pensamiento en figuras como la que se expone a continuación:

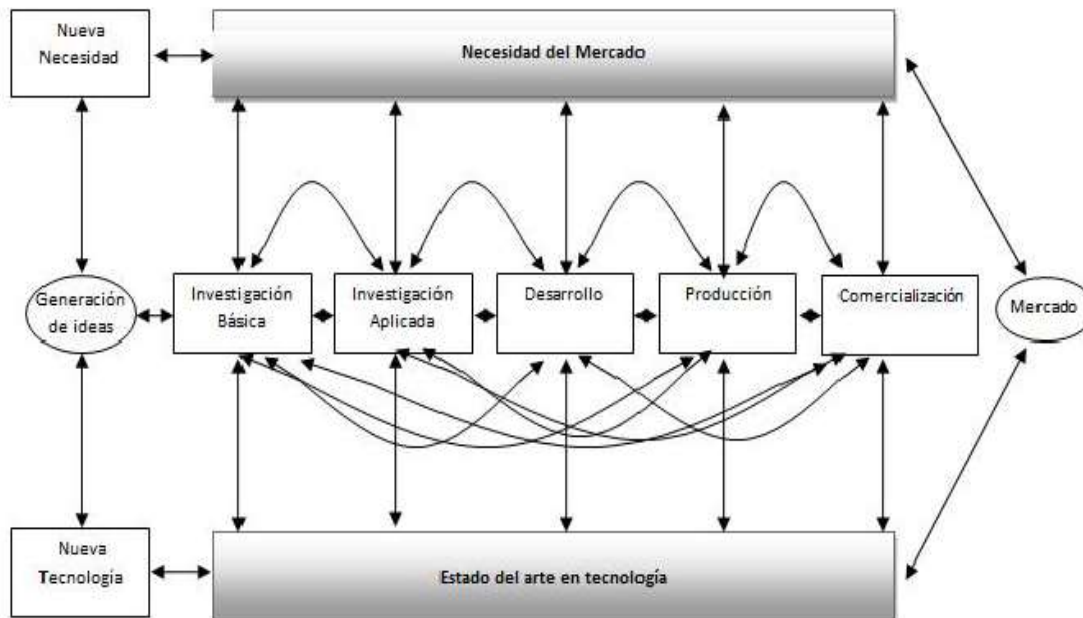


Figura 12. Modelo de innovación, adaptado de (Rothwell, 1992)

6.4.1- INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Se ha hecho hincapié en las connotaciones que tiene la innovación para conectar con el mercado. Se exponen en la siguiente figura los diferentes inputs que se pueden considerar para la gestión del conocimiento:

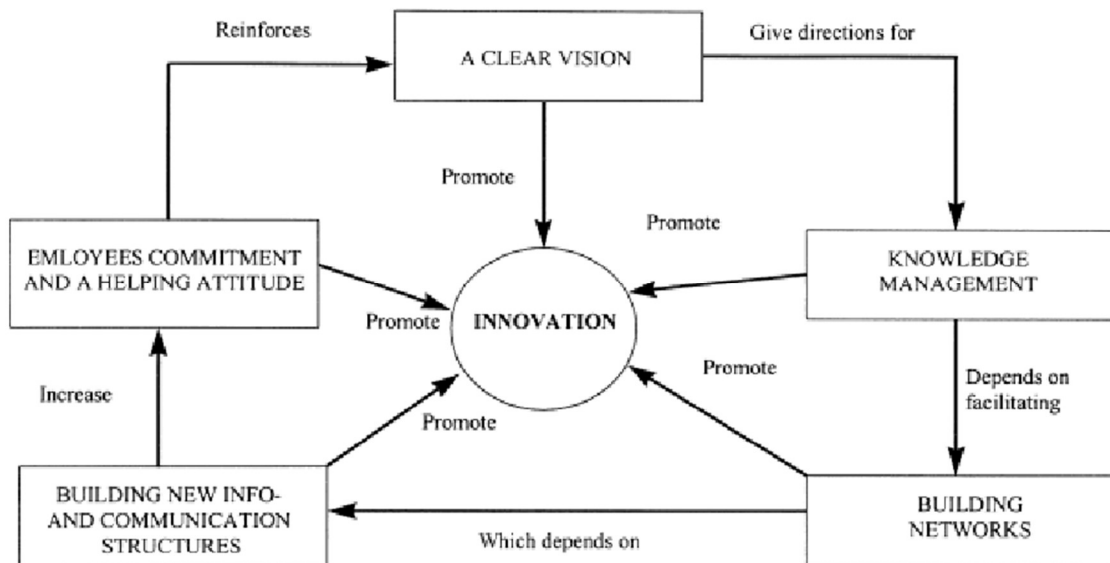


Figura 13. Gestión del conocimiento (Johannessen, Olsen y Olaisen, 1999)

En la gestión del conocimiento es habitual encontrar:

- El gasto en el departamento de I+D no tiene relación directa con las ventas de la empresa.
- La parte intangible de la empresa es la que concentra su núcleo competitivo, es decir, la que en caso de venta el precio supera al de los activos materiales, como pueden ser, el conocimiento, imagen, prestigio, etc.

Por tanto, para aportar soluciones a la situación creada, resulta válido compaginar los esfuerzos propios de las empresas con equipos externos, como pueden ser los equipos mixtos universidad - empresa en los que se centra el trabajo.

6.4.2.- PROTOCOLOS SISTEMÁTICOS DE INNOVACIÓN

A la vista de las diferencias entre el conocimiento adquirido y el conocimiento explícito, es decir, el que se puede comunicar y poner en común, la siguiente tarea a realizar tras formar un equipo innovador es asegurar el intercambio de información. Resolver estos problemas, como veremos más adelante, guarda fuertes relaciones con la ciencia de la logística, solo que en esta ocasión lo que se pone a disposición del cliente es un dato almacenado.

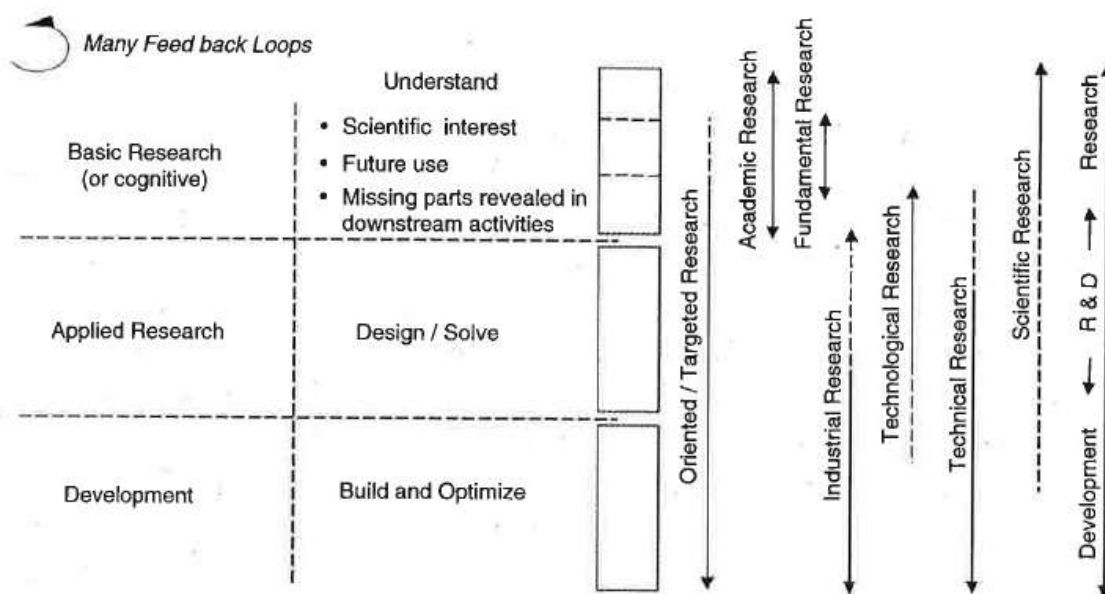


Figura 14. Categorías y objetivos de innovación (Durand)

A pesar de la intoxicación por exceso de información, debido a la pujanza de internet y de los smartphones, se conoce que un número elevadísimo de patentes son rechazadas provocando el desperdicio de un gran número de recursos. Las consecuencias que afectan a la empresa se centran fundamentalmente en la vigilancia (Akrich, 2002). Este trabajo no trata la estrategia empresarial en fusión con la vigilancia del desarrollo tecnológico como hace el *"data mining"* (Hand y Adams, 2014); sin embargo, podemos extraer que la innovación es un proceso sistemático que, desde un gran hito o producto revelación, está en proceso constante de adaptación tecnológica

requiriendo varios ingredientes básicos. Por un lado, se requiere de un equipo multidisciplinar con acceso a la denominada ciencia o literatura gris que no circula por canales de acceso libre, por ejemplo, correos electrónicos o congresos. Por otro lado, se requiere de una gestión no forzosamente ligada a las habilidades de un ingeniero o técnico, sino a un perfil más adaptado a la ingeniería en organización industrial, puesto que debe ser capaz de ligar funciones de marketing, gestión, rentabilidad y producción. Por último, el camino más eficiente para evitar los desperdicios en los recursos a emplear se suele centrar en conectarse al mercado, a la realidad, a través del estudio de la demanda. Por consiguiente, como veremos en el apartado correspondiente, en este estudio se ha tratado de obtener un modelo que diera respuesta a estas cuestiones generales.

6.4.3.- CREATIVIDAD

El concepto básico de la generación de ideas nuevas mediante la creatividad obviamente no requiere de una descripción específica, pero puede indagarse en las causas para optimizar la gestión del trabajo a realizar por un equipo creativo. Se muestran los factores que se añaden para la generación de creatividad:

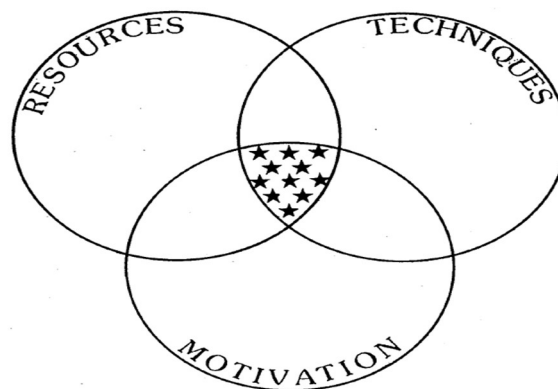


Figura 15. Intersección de la creatividad (Amabile, 1988)

Diversos autores (Piffer, 2012), indican que el futuro no se hace perfeccionando lo conseguido, que es necesario abandonar las vías

establecidas. Resulta inmediato pensar que, en la asignación de roles del equipo, debe impedirse el liderazgo de aquellos que o bien tengan algo que ganar con el "status quo", o bien se aferren a una de las direcciones a tomar por alguna razón personal.

1	"Esta es la respuesta correcta"
2	"Eso no es lógico"
3	"Siga las instrucciones al pie de la letra"
4	"Sea práctico"
5	"Evite la ambigüedad"
6	"Equivocarse es vergonzoso"
7	"Juguetear es mera frivolidad"
8	"Esa no es mi especialidad"
9	"No quiero hacer el ridículo"
10	"No tengo creatividad"

Tabla 21. Los 10 Bloqueos de la creatividad, adaptado de (Von Oech y Willett, 2008)

Suele exponerse que la inspiración se obtiene añadiendo entrenamiento a intuición (Stouffer, Rusell y Oliva, 2004), es decir, tanto se nace cómo se hace. Existen multitud de técnicas para fomentar el desbloqueo, que se han aplicado a lo largo de las innovaciones efectuadas.

6.4.4.- PRINCIPALES FASES DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN

A grandes rasgos, se suelen distinguir tres fases (López, 1999), 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. En la figura se aprecian las diferentes acciones que en innovación pueden descomponerse en diferentes etapas:

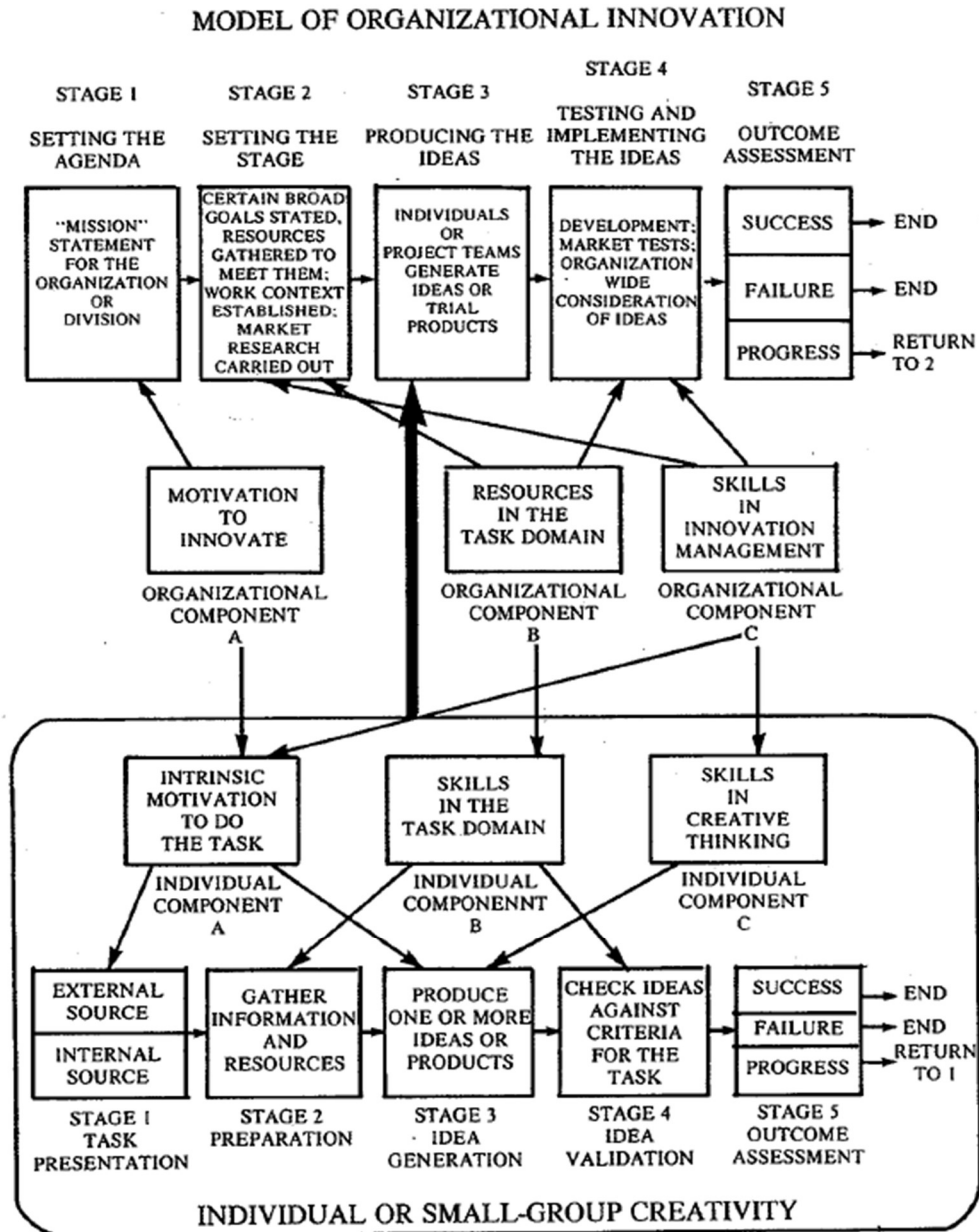


Figura 16. Etapas organizativas (Amabile, 1988)

Ha sido necesario profundizar en las características de cada una de las fases para adaptar la gestión de la forma más adecuada para cada una de ellas. Se puede comprobar cómo (Amabile, 1988) describe en la figura etapas relacionadas entre la organización y el equipo individual. Al considerar como dos grupos separados a la organización y al grupo de diseño existen intercambios que resultan de interés. Se observa que existen diferentes aportaciones por parte de ambos grupos, estando la organización más centrada en los recursos y el equipo de diseño en la creatividad. Diversos autores (Kline y Rosenberg, 2010) describen que los grupos de diseño enfocados en acciones particulares de innovación se alejan de paradigmas de organización empresarial de probada eficacia.

6.5.- MÉTODOS PREDICTIVOS APLICADOS EN INNOVACIÓN

Parece razonable que, como han expuesto otros autores (Cicmil, 2006), se contemple que el método lineal no se ajusta a la demanda de cierto tipo de proyectos, como es el caso que estudiamos de innovaciones de productos industriales. En la figura se observa el distinto modo de incorporar innovaciones o cambios en los requerimientos en función del sistema empleado:

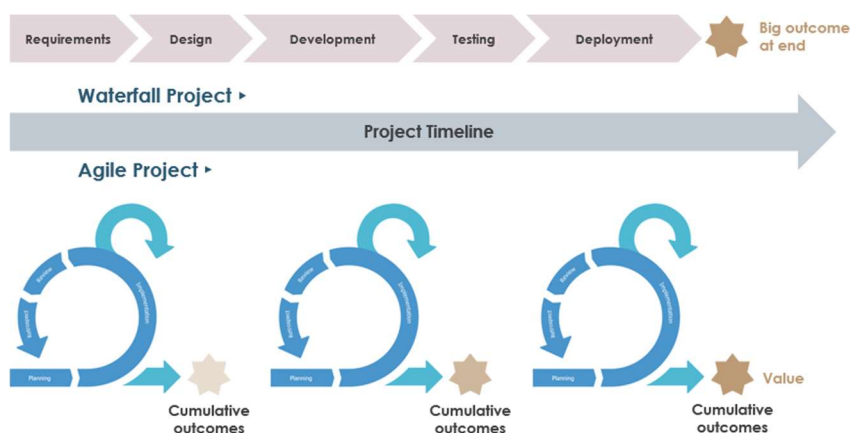


Figura 17. Modelo lineal susceptible de reformulación ágil, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016)

El factor que mayor impacto puede tener en este estudio empírico es el de la visión predictiva del proyecto antes de su comienzo, y, aunque obviamente goza de indicadores de medida que accionan resortes de control que modifican la marcha del proyecto, sigue siendo un sistema que no contempla el fracaso del objetivo inicial como un resultado aceptable.

6.5.1.- INCONVENIENTES PARA LA INNOVACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO

Aunque siguen en constante evolución, las metodologías tradicionales presentan inconvenientes respecto a las ágiles para proyectos I+D+i:

1. El enfoque del proyecto predictivo define de antemano lo que se culminará en una única entrega, apenas aportando partes durante el proceso. Un problema sustancial en el inicio de la planificación es que algo no detectado a tiempo tiene muchas posibilidades de ser arrastrado, llegando a culminar de manera defectuosa por no ser capaz de retroceder o reformular el objetivo. Este aspecto es absolutamente incompatible con una acción de innovación a la que obviamente no le resulta posible prever el resultado, dadas las modificaciones puntuales que suceden continuamente.
2. No existe una retroalimentación saludable o *"feedback"* con el cliente del proyecto. Es imposible fijar todos los parámetros de un proyecto de antemano, siempre existirán modificaciones, sobre todo en ingeniería donde los materiales y dispositivos raramente continuarán en el catálogo cuando la ejecución del proyecto se demore en años respecto al diseño. Está ligado al aspecto anterior, al resultar incompatible un proyecto de objetivo fijo con los cambios que supone escuchar las demandas flexibles del cliente en el tiempo. Una metodología que no pueda gestionar los continuos cambios del desarrollo de innovaciones no puede resultar válida.
3. La competitividad individual en un trabajo tradicional alimenta el beneficio o penalización individual, es decir, las posiciones de las partes

están enfrentadas y lo que gana una lo pierde la otra. Al contrario, en sistemas ágiles no existe un director de Proyecto para arbitrar los castigos, teniéndose en cuenta las ideas desde diferentes puntos de vista, ganando el equipo al fomentar la pluralidad. No cabe duda de que fomentar la individualidad no va a permitir la excelencia en innovación, que como hemos visto se alimenta de un entorno multidisciplinar.

4. Coste del retroceso: cuando los problemas surgidos en un proyecto vivo, que nace y muere como un elemento único, causan un desperdicio por un determinado camino que obliga a dar un paso atrás. Existen herramientas muy poderosas para reconducir el proyecto, pero no tanto para asumir el empeoramiento simultáneo del alcance, plazo y coste. Se puede apreciar en la figura cómo ser más ágil ayuda a proyectos difusos como los del tipo I+D.

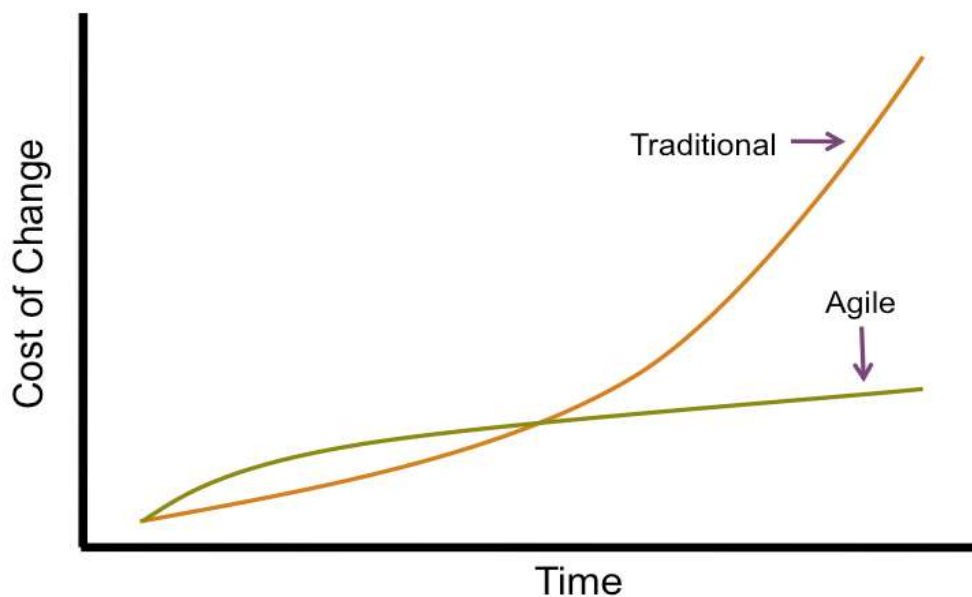


Figura 18. Coste del retroceso, adaptado de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016)

El resultado final no es evaluado en el sistema tradicional hasta el acta de entrega, no está al alcance del cliente anular el trabajo en las etapas intermedias al considerar que no se ajusta el objetivo final. Como consecuencia, en el caso de existir incertidumbre en los parámetros a los que

se ajustará el fin del proyecto, no debe apoyarse en herramientas opuestas como lo son las tradicionales. En dirección contraria, el modo ágil se encuentra cómodo en un entorno en el que existe holgura que debe ser continuamente ajustada. Al encargado de esta función se le ha dado especial importancia en este trabajo, puesto que debe ajustar la tolerancia de dicha holgura o la dispersión de soluciones, y recibe en Scrum el nombre de "Product Owner", cuyo papel se basa en representar al cliente (Sverrisdottir, Ingason y Jonasson, 2014).

6.5.2.- BENEFICIOS PARA LA INNOVACIÓN DEL MÉTODO PREDICTIVO

En primer lugar, es necesario señalar la expansión que se lleva produciendo desde hace largo tiempo en las metodologías "Lean" o "just in time" (JIT), dependiendo de si el término proviene de su aplicación norteamericana o japonesa, respectivamente. Su evolución incide en la eliminación de todo gasto o desperdicio superfluo, por lo que lentamente va convergiendo con los principios expuestos de simplicidad de los sistemas ágiles. En la actualidad, las claves que configuran la metodología Lean son: orientación a la satisfacción del cliente; asociación externa e interna para no poner reparos en modificar el proceso; cultura de mejora continua; producción y dirección ajustada. Se pueden comprobar las similitudes con los sistemas ágiles, a pesar de que Lean está enfocada principalmente hacia la producción.

También se debe considerar la viabilidad de incorporar la metodología PRINCE2 en cualquier proyecto de perfil tecnológico, dadas sus cualidades para reducir los riesgos. No obstante, su integración retrasa considerablemente las iteraciones, debido al coste en tiempo de cumplir sus requisitos.

Respecto a la ingeniería concurrente, la conclusión que se ha extraído a partir del estudio de sus premisas es que se incluye dentro de las características propias de la metodología Scrum. Pueden citarse como características comunes a ambos: equipo multidisciplinar trabajando en paralelo y establecimiento de comunicaciones cruzadas. Posiblemente la mayor

diferencia radica en la necesidad en la ingeniería concurrente de fijar el objetivo en detalle para permitir a todos los equipos trabajar en paralelo. Se basa en no mantener la ingeniería secuencial, a modo de relevo, donde un departamento entrega el testigo a otro, sino más en sintonía con la traducción del término Scrum, trabajar como un equipo de rugby que pasa el testigo de uno a otro mientras todos avanzan. El solapamiento en Japón incluye a los proveedores además de los propios departamentos internos, de este modo, se trabaja en los troqueles de las piezas antes de que se hayan terminado de diseñar, con un solapamiento total. Un segundo aspecto que liga este concepto con el modo de trabajo expuesto en este documento es que se planifica simultáneamente el producto y el proceso (Espinosa y Domínguez, 2003). Al dar tanta importancia a la fase de diseño, acogen el axioma que describe que un 70% de las soluciones se aportan en la fase de diseño, que ocupa el 10% de la inversión de la empresa, en consecuencia, fuerzan a compartir comunicaciones con todos los departamentos y los proveedores. El resultado es un proceso muy largo inicial, que luego se compensa con un número de modificaciones en producción bajísimo o nulo, mientras que en las culturas europeas y americanas se continúan realizando ajustes de producción constantemente, en muchas ocasiones por una etapa inicial realizada en el departamento de I+D sin acceso a todos los datos.

6.5.3.- GESTIÓN TRADICIONAL EN EL PROCESO DE DISEÑO

Se han citado las normas UNE ISO 166000, 166001 y 166002 dedicadas a los proyectos I+D+i. La norma UNE ISO 21500 "Directrices para la dirección y gestión de proyectos", señala en su objetivo y campo de aplicación lo siguiente: *"Esta Norma Internacional proporciona orientación para la dirección y gestión de proyectos y puede usarse por cualquier tipo de organización, ya sea pública, privada, u organizaciones civiles sin ánimo de lucro; y para cualquier tipo de proyecto, con independencia de su complejidad, tamaño o duración."*

Para esta norma, la dirección y gestión de proyectos es la encargada de la aplicación de métodos, herramientas, técnicas y competencias a un proyecto.

La dirección y gestión de proyectos incluye la integración en un proceso continuo de las siguientes fases del ciclo de vida del proyecto: la planificación, la organización, el seguimiento y el control de todos los aspectos. Las diferentes metodologías tradicionales que plasman estas acciones de control han evolucionado en el tiempo, culminando en la actualidad con la certificación "*Project Management Professional*" (PMP), como el mayor exponente de las metodologías tradicionales. Se ha visto anteriormente la evolución de técnicas ágiles como Kanban en 1947, Scrum en 1986 y XP en 1999 (Saleh, Huq y Rahman, 2019).

Un proceso es definido según el PMBOK® como un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas que se llevan a cabo para alcanzar un conjunto previamente especificado de productos, resultados o servicios.

Será el equipo del proyecto el encargado de ejecutar los procesos de dirección, normalmente asociados a una de estas dos categorías principales:

- a) Los procesos comunes. En general relacionados entre sí para llevar a cabo un propósito de manera integrada. Suelen encargarse de iniciar, planificar, ejecutar, supervisar, controlar y cerrar el proyecto. Pueden interactuar entre ellos de formas, a veces, muy complejas.
- b) Los procesos orientados a crear el producto. Se definen normalmente por el ciclo de vida del proyecto y varían según el área de aplicación. Se superponen e interactúan durante el proyecto.

Los procesos se dividen en cinco grupos, definidos como los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos:

1. Grupo de Procesos de Iniciación: define y autoriza el proyecto o una fase del mismo. En general sale del ámbito del control del proyecto. En él se describen los objetivos, alcance y recursos a invertir. En el acta de constitución se nombra al director y se fijan las restricciones. Es cada vez más frecuente incluir al cliente o a los interesados en la mejora de la aceptación de la entrega, compartir titularidad o promover la satisfacción del cliente.
2. Grupo de Procesos de Planificación: define y matiza los objetivos, y planifica el curso de acción requerido para lograr dichos objetivos y el

alcance pretendido del proyecto. Se desarrolla en planes, que deben ser reajustados al llegar nueva información. También tienden, cada vez en mayor medida, a incluir a los interesados para aprovechar sus habilidades y conocimientos, por lo que este grupo se encargará de fomentar el entorno de participación adecuado al grado de influencia del interesado.

3. Grupo de Procesos de Ejecución: integra a personas y recursos para llevar a cabo el plan de gestión del proyecto. Este grupo implica la coordinación de dichos recursos y personas, además de integrar las actividades del proyecto siguiendo el plan de gestión. Ocupa la mayor parte del presupuesto.
4. Grupo de Procesos de Seguimiento y Control: mide y supervisa regularmente el avance, con el fin de identificar las variaciones respecto del plan de gestión del proyecto, de tal forma que se tomen medidas correctivas cuando sea necesario para cumplir con los objetivos. Mide el rendimiento y las variaciones respecto a lo planificado. Al controlar las modificaciones, puede recomendar acciones de manera preventiva para anticiparse a los problemas.
5. Grupo de Procesos de Cierre: formaliza la aceptación del producto, servicio o resultado, y termina ordenadamente el proyecto o una fase del mismo. El cierre puede consistir en una entrega o en una cancelación. También realiza funciones de verificación y control, para averiguar si el proyecto o la fase de proyecto ha sido cerrado por los grupos anteriores.

Los cinco Grupos de Procesos son dependientes entre ellos e independientes del enfoque de la industria o del área de aplicación. A menudo son procesos que se repiten antes de la conclusión del proyecto. Como veremos, una de las características en auge en los grupos de proceso convencionales es la participación del cliente, lo que ha sido propuesto de manera radical en este trabajo adoptando las metodologías ágiles que añaden a la gestión una figura adicional, como es el representante de la propiedad.

Expertos en la materia definen la dirección de proyectos de ingeniería como una especialidad con distintas connotaciones respecto a la gestión y dirección de otras materias (Ika, 2009). Todo ello está relacionado con las especiales circunstancias en las que se va a desarrollar, como son su carácter multidisciplinar, su carácter temporal, su naturaleza única, su utilización de recursos espaciales y su carácter innovador y dinámico. Es habitual evocar el nacimiento de esta especialidad en fechas posteriores a la segunda guerra mundial, después de vislumbrar enormes fracasos de planificación que llevaron a grandes compañías a desarrollar herramientas rígidas. Se pueden citar, como casos de éxito, la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT) y el "*Critical Path Method*" (CPM), integrados en los planes docentes de ingeniería. Estas técnicas mejoran el antiguo diagrama de Gantt, pero optimizan, exclusivamente, el parámetro tiempo, lo que ha venido evolucionando hasta incluir coste, plazo, motivación, riesgo, etc. (Belassi y Tukel, 1996). Se trata, por tanto, de una especialidad en auge desde hace unos cincuenta años que se va fusionando, lenta pero inexorablemente, con otras ramas de la ciencia más subjetivas.

6.6.- FUTURO DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES

Aceptando que la capacidad competitiva de un desarrollo industrial se basa en la creatividad y en la capacidad de innovación, y teniendo en cuenta el cambio de paradigmas al que nos aboca la digitalización de la economía y la modernización tecnológica en las empresas, el único modo de mirar hacia el futuro será adoptando las metodologías de trabajo más modernas que lo permitan, entre ellas podemos encontrar:

1. "*Design Thinking*" (Steinbeck, 2011), para fomentar la creatividad y de aplicación en el terreno industrial para ciertas fases a evaluar por el responsable de aplicarla. Se centra en entender las situaciones personales de los clientes inspirándose en la forma en la que trabajan los diseñadores de producto, imitando su forma de pensamiento. En consecuencia, sus valores son la empatía en un ambiente visual y lúdico, fomentando la creación de prototipos en equipo a través de un modo de pensamiento propio de un diseñador.

2. *"Lean Startup"*, o el modo de llevar a cabo muchas empresas innovadoras que generen pocos desperdicios separando rápidamente las exitosas de las poco viables. Ligadas a las empresas inversoras de capital riesgo fuerzan a fracasar rápido y pronto, pero sobre todo barato. Posiblemente ofrece a los diseñadores el método para probar su idea de la manera más rápida y viable posible, ajustándose a la realidad antes de que sea demasiado tarde, acortando el ciclo de desarrollo a lo mínimo imprescindible.
3. *"Agile"*: es otro marco de trabajo consecuencia del manifiesto ágil para el desarrollo de software. Se basa en otorgar autonomía y responsabilidad compartida al equipo de trabajo, de un modo singularmente centrado en entregar respeto, cordialidad y confianza a cada miembro del equipo.
4. *"Scaled Agile Framework"* (SAFe): es la adaptación de Agile para grandes empresas, ambicionando extender la filosofía de trabajo a toda la empresa además de a cada equipo.
5. *"Jobs To Be Done"*, (JTBD): es un conjunto de mecanismos para detectar cuándo una innovación aporta valor creativo al cliente o al mercado, y conocer las razones de ello, incluyendo los fracasos. Concibe al consumidor como alguien con una tarea a realizar, al satisfacer el producto o servicio que ayuda a su trabajo, conocerá el perfil del producto y su valor de mercado para orientarse al máximo beneficio.
6. *"Objectives and Key Results"*, (OKR): compara los objetivos asignados a las personas con los resultados logrados, de un modo medible, ambicioso y público. Se actualizan constantemente de manera consensuada.
7. Teoría U: asume que cada persona reacciona de un modo distinto y que ello será determinante para el éxito, en consecuencia, la cultura de la empresa debe potenciar la innovación personal conociéndose a sí mismo. Ha pasado de ser una teoría del profesor del MIT (Otto Scharmer) a tomar una gran relevancia en muy poco tiempo, sobre todo entre los departamentos de recursos humanos.

8. Kotter: se basa en facilitar el cambio en la organización, ligándose a los recursos humanos de la alta dirección.
9. *"Forth Innovation Method"*: se basa en incorporar al cliente, desde una fase temprana, un modo exhaustivo y estructurado. En veinte semanas se producen las fases que minimizan las dificultades de las empresas para innovar.
10. Metodología 3D: combina otros métodos de éxito basándose en que las personas son lo primero, en un entorno cambiante del que se tiene que coger perspectiva, planteándose el por qué, antes que el cómo o qué. Para ello genera muchos prototipos muy rápidamente y baratos, de manera creativa.
11. *"Design Sprint"*: trata de solucionar las cuestiones críticas mediante el prototipado testeado por el cliente, en el menor tiempo viable. Se cuenta con cuatro horas para cada proceso y cinco días máximo en total, para aportar la respuesta a la pregunta del cliente.

6.7.- PARALELISMO DE LOS PROYECTOS TIC CON LA INDUSTRIA 4.0

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 of Standish Group"* (Clancy, 1995). Estos estudios describen tasas de fracaso del 70%, siendo en el 40% de los casos responsabilidad de la dirección del proyecto.

Después de estudiar miles de proyectos durante años se demuestra que los porcentajes de fracasos son muy estables en el tiempo, además aportan el tamaño y tipo de proyecto, lo que puede resultar esperanzador para permitir continuar realizando prospecciones acerca de la aplicación de Scrum en otro tipo de proyectos aparte de los del tipo I+D+i. En general, los proyectos pequeños resultaron ser los de mayor éxito, lo que era esperable por el mayor número de variables y posibilidades de fallo de las acciones de mayor tamaño. No obstante, dada la individualidad que existe en los proyectos de tipo TIC o

de innovación, se deben aplicar con cautela las cifras estadísticas (Gemino, Reich y Sauer, 2007).

Resulta común que, por parte de ciertos autores (Rodrigues y Rabetti, 2021), se reclame un mayor esfuerzo investigador en la búsqueda de sinergia 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).

7.- MODELO PROPUESTO

7.- MODELO PROPUESTO	151
7.1.- INTRODUCCIÓN A LOS REQUISITOS	151
7.2.- ESTRUCTURA DE DATOS	151
7.3.- PROGRAMA DE ACOPIO DE DATOS.....	155
7.4.- TRAZABILIDAD DE LAS CONDICIONES.....	156
7.5.- MÉTODO DE TRABAJO EMPLEADO.....	156
7.6.- ENFOQUE DEL MODELO	158
7.7.- EMBUDO DE INNOVACIÓN.....	161
7.8.- CURVA "S"	161
7.9.- MÉTODOS DE MEDIDA DE LA EFICACIA DE LOS RECURSOS.....	163
7.10.- DELEGACIÓN DE CONFIANZA	166
7.11.- CANCELACIÓN DE PROYECTOS	167
7.12.- CONFLICTO ENTRE GESTIÓN E INNOVACIÓN.....	168
7.13.- IMPORTANCIA DEL PRODUCT OWNER EN INNOVACIÓN	170
7.14.- ÉXITO DEL PROYECTO.....	171
7.15.- GESTIÓN DEL ÉXITO EN I+D.....	171
7.16.- CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO	174
7.17.- PROPIEDADES ÁGILES PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO.....	175

7.- MODELO PROPUESTO

A lo largo de este capítulo se van a describir los conceptos que han llevado a definir un modelo apto para el desarrollo de los diseños del estudio.

7.1.- INTRODUCCIÓN A LOS REQUISITOS

Los requisitos detallados no existen para el desarrollo ágil, a veces no se pueden conocer si no avanza el desarrollo y otras veces el mercado es tan rápido que obliga a modificar el producto a mitad del trabajo. En los desarrollos tradicionales, los requisitos están detallados desde el primer momento, obligando a que, si las condiciones del mercado cambian, tener que realizar modificaciones o gestión de cambios del plan inicial.

Por otra parte, el talento innovador que aporta la participación del equipo ágil es un valor clave. Los equipos comienzan a trabajar sin conocer con detalle cómo será el producto final. Parten de una visión general y sobre ella, producen regularmente incrementos de funcionalidad que incrementan el valor del producto.

Respecto al nivel técnico del equipo, si el proyecto requiere la ejecución de un plan detallado, posiblemente la gestión sistémica o predictiva basada en procesos sea lo más adecuado para llevar a buen puerto el proyecto. Pero si el valor del producto es el objetivo del proyecto, un modelo de gestión ágil basado en equipos compuestos por personas con el mayor conocimiento y experiencia posible será lo necesario para conseguir los objetivos. En la gestión ágil todo el trabajo es realizado por un equipo multidisciplinar de forma conjunta, compartiendo toda la información del desarrollo.

7.2.- ESTRUCTURA DE DATOS

Entre los distintos sistemas de concebir las labores de diseño, suelen iniciarse los trabajos a partir de la fase de concepto o conceptual, para evaluar las diferentes alternativas. Bajo la experiencia que otorga la labor académica, asumir los métodos intuitivos para crear la estructura del diseño impide la

creatividad individual, debido a la existencia de los denominados “diseños dominantes”, a partir de cuyas semillas se crean un considerable número de productos con evidentes signos de copia.

Considerando la posibilidad de sistematizar el proceso que otorga la Norma UNE 66920, anteriormente descrita, para proceder a fijar unos pasos definidos para el modelo de diseño, se ha tenido en cuenta para el modelo propuesto en este trabajo el apartado “5.2.4. Design brief”, o descripción del diseño, que fija criterios sin imponer soluciones de diseño:

CRITERIOS UNE 66920		
Fase del Proyecto.	Equipo multidisciplinar de especialistas para realizar el proyecto.	Mejoras de productos, modificación y ajustes a posteriori.
Proceso.	Puestos y matriz de responsabilidades.	Evaluación del proyecto completo e identificación de áreas de mejora en el proceso de gestión del diseño en beneficio de nuevos proyectos.
Resultado.	Desarrollo del concepto de diseño, ensayo cliente-producto.	Mejoras del proceso de diseño identificadas.
Interno a la organización	Opción preferida.	Fase de terminación
Fase de concepto	Esquema del diseño.	Terminación del proyecto.
Iniciación de un producto nuevo o mejorado.	Resolución del producto.	Apoyo de diseño a las actividades de cierre definitivo.
Oportunidades percibidas.	Fase de implantación o realización.	Descripción del diseño del producto.

Análisis de oportunidades.	Diseño detallado.	Desarrollo de la configuración del proyecto y programa.
Conceptos alternativos de negocio y productos.	Especificación del producto.	Plan del proyecto. Plan de recursos.
Formación del individuo o del núcleo del equipo.	Construcción y prueba del diseño pre-producción.	Evaluación y aprobación del proyecto por la organización y compromiso de recursos.
Análisis del concepto de negocio e identificación y características del producto.	Confirmación de prestaciones incluyendo mantenimiento.	Aprobación del proyecto.
Identificación y selección del concepto preferido.	Finalización del diseño listo para fabricación.	Etapas de diseño y desarrollo
Formulación del proyecto, objetivos y estrategias.	Producto preparado.	Venta y utilización.
Definición preliminar y propuesta de proyecto.	Etapas de fabricación	Cumplimiento de los objetivos de negocio y requisitos del cliente.
Evaluación preliminar y aprobación del proyecto por el organismo.	Apoyo de diseño a fabricación. Provisiones para fabricación y entrega.	Vigilancia de funcionamiento para retroalimentación y mejora del diseño, ensayo de productos en funcionamiento.
Permiso para proceder.	Comienzo de responsabilidad legal	Mejora potencial

Fase de viabilidad	Externo a la organización.	Terminación formal del proyecto.
Planificación, investigación y estudios de viabilidad conducentes a formulación de una propuesta de proyecto.	Lanzamiento del producto, introducción, promoción y apoyo continuo al cliente.	Traslado de responsabilidades y nuevo despliegue de personal.
Criterios de aceptabilidad para la organización.	Disponibilidad del producto.	Retirada del producto.
Refinamiento de características. Especificación funcional.	Fase del proyecto Proceso Resultado	Responsabilidad legal.

Tabla 22. Pasos a tener en cuenta para el proceso de diseño

La estructura de datos a cumplir queda sujeta a dos requisitos iniciales: compatibilidad con la entrega académica para la obtención de créditos universitarios y compatibilidad con un concurso de excelencia empresarial. Para ello se utilizan los requisitos globales que deben evaluarse permanentemente a lo largo del proyecto:

Acción	Paso	Trabajo	Herramienta
Planear	1	Definir magnitud del problema	A través de Pareto, Histogramas
	2	Buscar causas	Lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Priorizar la importancia	Estratificación, diagrama de dispersión

	4	Evaluar medidas correctoras	Qué, Cuánto, Cómo, Dónde
Hacer	5	Iniciar medidas	Seguir plan fijado
Verificar	6	Registrar resultados	Cartas de control y hojas de verificación
Actuar	7	Prevenir recurrencia	Estandarización, inspección, supervisión
	8	Concluir	Documentar y planear el futuro

Tabla 23. Adaptación de las fases del ciclo Deming

7.3.- PROGRAMA DE ACOPIO DE DATOS

Durante tres años se aceptaron las bases de cinco retos de diseño anuales, entregando más de tres innovaciones por reto, hasta un total de 52 proyectos.



Figura 19. Material empleado para la toma de datos

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.

7.4.- TRAZABILIDAD DE LAS CONDICIONES

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. Todos los proyectos han contado con la misma dirección y las mismas posibilidades de acceso a las instalaciones universitarias.

En el planteamiento inicial del estudio 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.

7.5.- MÉTODO DE TRABAJO EMPLEADO

Todos los equipos de trabajo adoptaron las metodologías ágiles como herramienta de gestión idónea. Para permitir la elección libre y sin restricciones iniciales de proyecto, se establecieron permisos para cambiar de

reto, cambio de integrantes del equipo, etc. De este modo, se elevaron los niveles de creatividad y de motivación, aunque no ilimitada puesto que fue necesario adoptar supervisión y correcciones ante posibles bloqueos.

En la etapa inicial se utilizaron herramientas de innovación docente como el *"flip classroom"* (Bhuiyan y Mahmud, 2015), 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 la etapa inicial sucedía cuando los equipos procedían a asignarse roles y comenzaban la exploración de innovaciones de dudosa viabilidad. 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.

7.6.- ENFOQUE DEL MODELO

Normalmente se estudian los avances en innovación desde la dinámica del ciclo de vida de las tecnologías y de los cambios tecnológicos (Tushman, Lakhani y Lifshitz-Assaf, 2012). Otros autores (Snow, 2001), se centran en el impacto que diseños dominantes provocan en la supervivencia de las empresas. En otras ocasiones se estudian las afecciones de las innovaciones puntuales en el sector industrial desde un punto de vista microeconómico (Nelson y Nelson, 2002), así como su visión como motor de crecimiento de un determinado sector tecnológico (Bresnahan y Trajtenberg, 1995). Acercándose a nuestro modelo podemos encontrar autores que comparten la visión modular de la innovación (Ethiraj y Levinthal, 2004), preguntándose las razones por las que las compañías deberían abrirse al mercado y modificar su estructura para ajustarse a la realidad externa (Chesbrough, 2007). Se observa una cantidad significativamente más reducida de trabajos dirigidos a analizar el modo de afrontar el portafolio de ideas e innovaciones y depurarlo con garantías, como se aprecia en la figura:

Origen del Modelo		
	Público (Gobiernos, Agencias de Desarrollo, etc.)	Privado (Consultorías, Universidades, Centros Tecnológicos, etc.)
Tipo de Modelo		
Prognosis	Temaguide (1999)	Tidd, et. al.* (1997) A.D. Little* (1999) Gemini (1999) Fundación Cotec (2001) Accenture* (2002) Innovation DNA* (2002) AENOR (2002) Strategos* (2006)
Diagnosis	London (1996) Management Toolkit (2000) CIDEM (2002) Tecno-Lógica (2002) Entertain (2004) Eraberritu (2005)	IESE** (2000) Verhaeghe y Kfir (2002) Innovation Wave (2003) A.T. Kearney (2003) Marco de Referencia (2006)

Tabla 24. Modelos de gestión de innovación (Clemente y Balmaseda, 2010)

Para el sector industrial se ha realizado a lo largo del tiempo un estudio de cinco generaciones de innovación tecnológica, conforme van apareciendo para su utilización por parte del gran público (Rothwell, 1992). Los conceptos en los que se apoya la distinción de generaciones han sido examinados a lo largo de los capítulos de este trabajo. Se muestran en la figura dificultades para el pensamiento innovador:

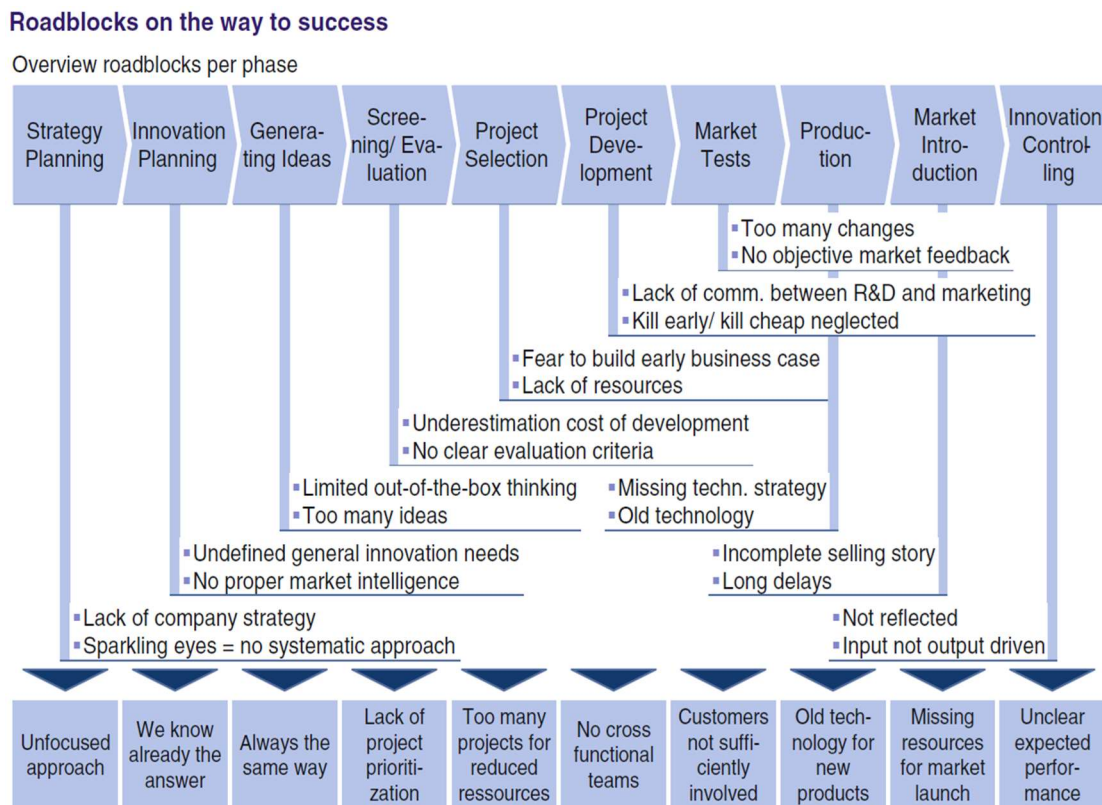


Figura 20. Dificultades para el éxito por fases (Gerybadze, 2010)

Resulta de inmediata aplicación concebir que del mismo modo que la incertidumbre resulta perjudicial para el desarrollo industrial, resulta beneficiosa para el desarrollo innovador (Maccormack, Vergante e Iansiti, 2001). El modelo propuesto está inmerso en el campo de la ignorancia tecnológica, es decir, a priori se va a trabajar en un desarrollo ambiguo, que se desconoce y que va a presentar una incertidumbre que va a llevar a afrontar riesgos (Fleming, King y Juda, 2007). El equipo se moverá en un entorno de

ceguera cognitiva (Beckman y Barry, 2007) donde no importan los aspectos formativos y donde se conocen las lagunas de conocimiento, sino los aspectos que desconocen que no saben o que desconocen que sí lo saben, lo que en realidad hace que inventar o innovar sea un proceso de aprendizaje. Un modelo de innovación que sirva para volcar los conocimientos adquiridos previamente a cambio de un precio, por definición no va a servir, al carecer de los atributos de aprendizaje intrínsecos.

En la gestión tradicional de proyectos se asume que existirán problemas imprevistos que deben minimizarse, en cambio en el modelo de innovación la incertidumbre forma parte del entorno de trabajo. Además, se ha observado frecuentemente una inadaptación del perfil profesional más técnico para desarrollar ideas novedosas, causado por la costumbre de pretender influir en el resultado, y de este modo causar una disminución de la incertidumbre, en lugar de aceptarla y observar la viabilidad para el usuario final. Nuevamente, el modelo de trabajo óptimo debe prevenir las tendencias individuales a influir en la incertidumbre, normalmente empleando para ello la participación colectiva. A continuación, se expone en la figura la dificultad que el modelo de trabajo suele encontrar en estos aspectos.

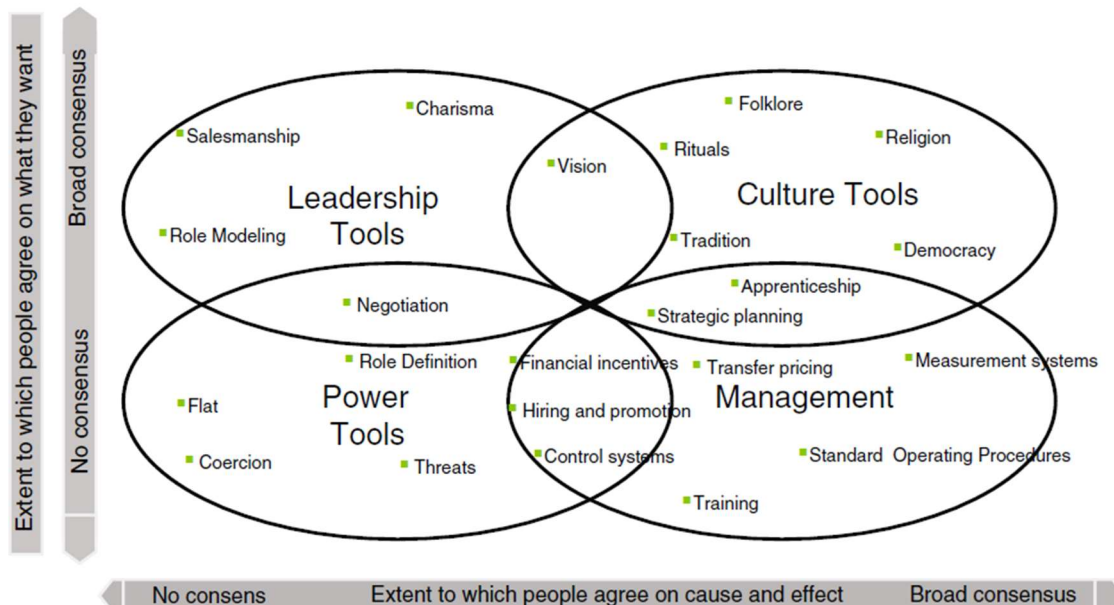


Figura 21. Instrumentos de cooperación para el consenso (Gerybadze, 2010)

7.7.- EMBUDO DE INNOVACIÓN

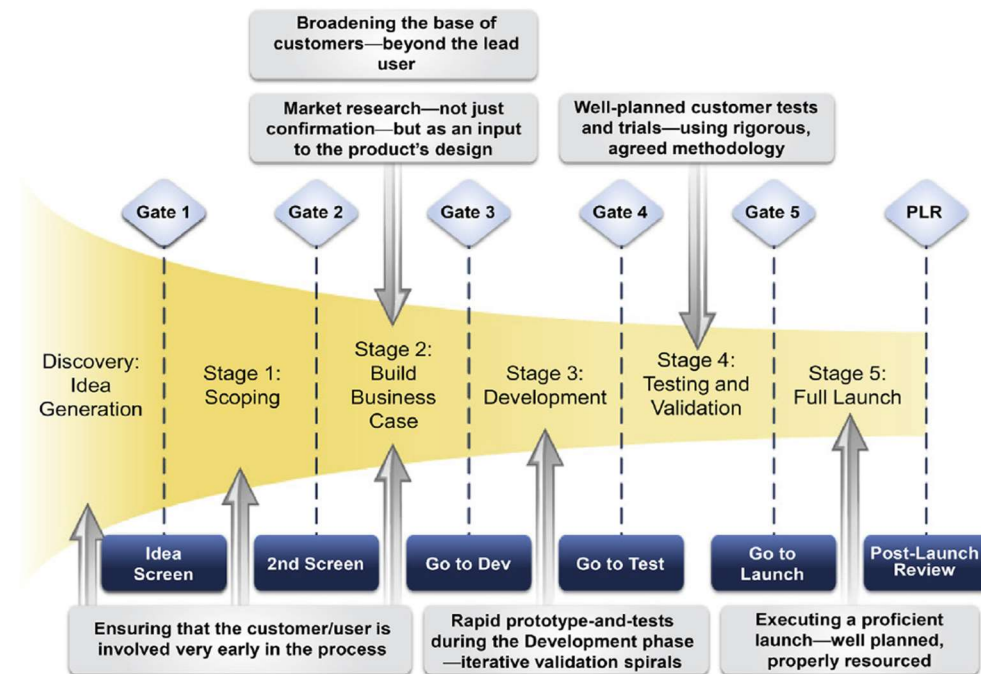


Figura 22. Embudo de innovación (Cooper, 2019)

Como se puede apreciar en la figura, el flujo de ideas inicial debe ser condensado en aquellas que dispongan de capacidad para atraer recursos y dar respuesta a la cadena de suministro posterior. El desarrollo no es instantáneo, y en el camino puede perder el valor potencial que se ha detectado en etapas tempranas. Durante la creación de la innovación se van a aportar conocimientos, técnicas y recursos de todo tipo.

7.8.- CURVA "S"

El desarrollo de toda tecnología, entre las que se incluye la innovación industrial, responde a un ciclo expresado por Foster (Lea, 2015). La curva en forma de S de desarrollo tecnológico muestra las diferentes fases. Después de una primera etapa embrionaria normalmente de laboratorio, pasa a la etapa de crecimiento. Se muestra en la siguiente figura:

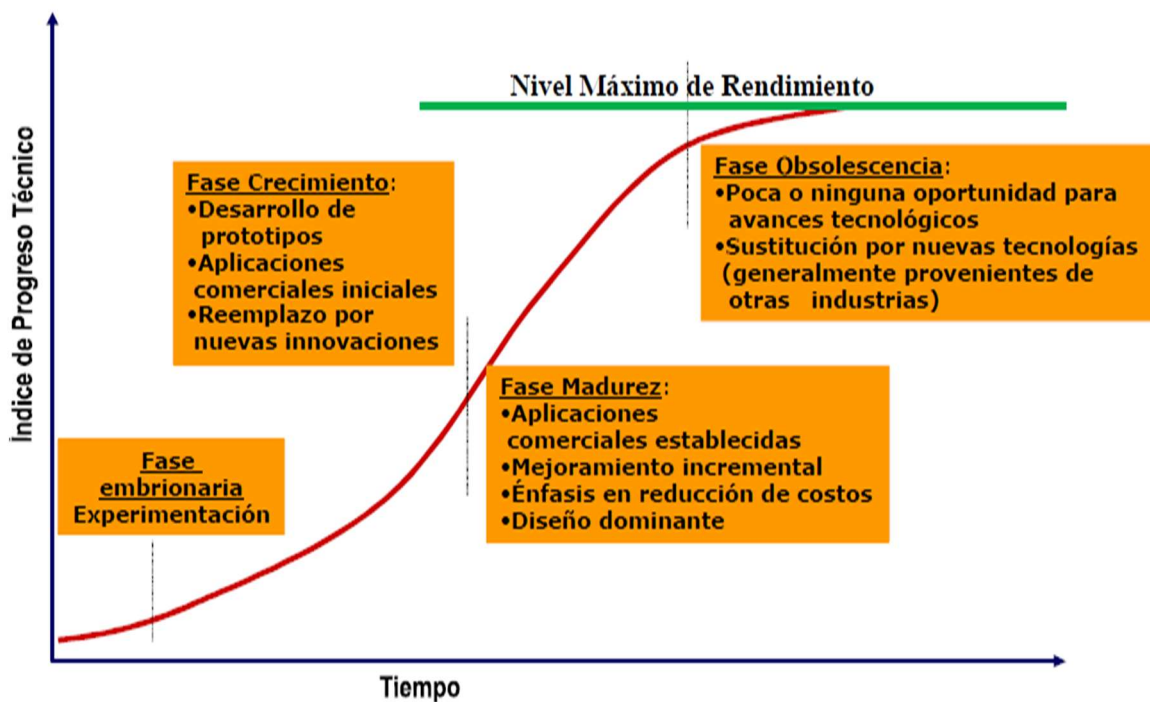


Figura 23. Curva S de desarrollo tecnológico (Figuroa, 2016)

La etapa de crecimiento es en la que ocurren mayores diferencias y la que más conviene estudiar, puesto que en el caso de proyectos de éxito abarca la recopilación de información, diseño conceptual e inicia el diseño básico y de detalle, reconociendo las funcionalidades del concepto. En el caso de proyectos fracasados suelen ser etapas todavía de laboratorio puesto que suelen evitar enfrentarse al mercado y a sus mandatos de comercialización posterior.

En la etapa de madurez, se afronta el prototipo final, su desarrollo de fabricación y comercialización, conocida como masificación. La última etapa dispone de un especial acento en los costes que no han sido fundamental en las etapas previas, por lo que pueden quedar un número importante de grandes ideas en cartera esperando al momento propicio del mercado. Un ejemplo de ideas que no culminan en el mercado son los productos de empresas que deben supeditar su diseño al empaquetado plano durante el envío, como IKEA, con grandes ideas que no pueden ponerse en marcha en su mercado objetivo mientras no puedan ser plegadas para el transporte.

En diversas publicaciones se expone la existencia de una última fase de declive, en un avance que en ocasiones no tiene obligatoriamente tintes derrotistas. Se citan ejemplos como la máquina de escribir mecánica actualizada a la máquina electrónica, posteriormente obsoleta debido a la pujanza de los ordenadores. Un ejemplo en el que no existe consenso acerca de su actualización o sustitución es el automóvil, que al incorporar las más modernas tecnologías parece no responder a los criterios de tecnología madura, como tampoco responde plenamente al concepto de tecnología renovada al perdurar en el tiempo sus características principales. Vemos en las figuras las discontinuidades o saltos en el tiempo que un producto suele presentar en el tiempo:

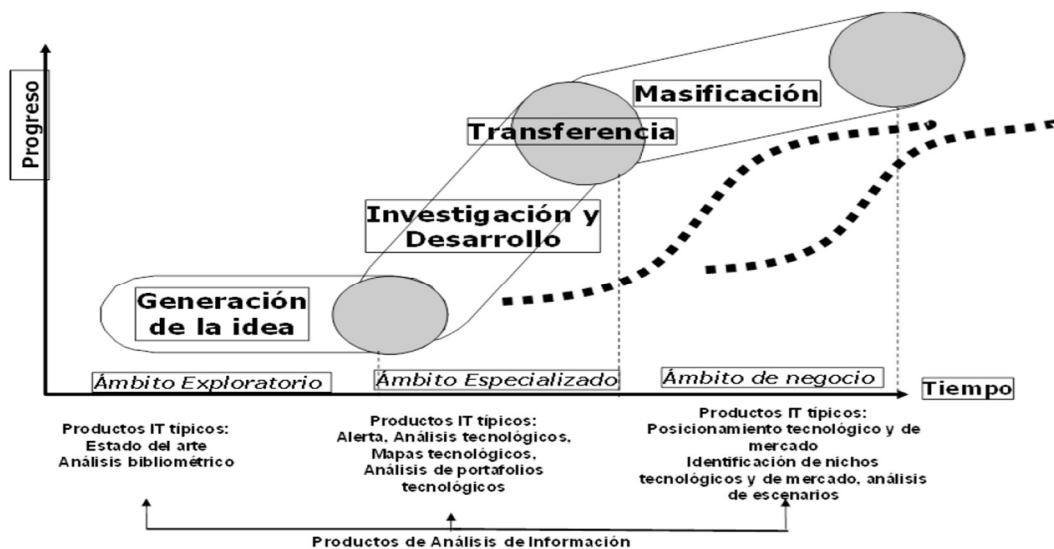


Figura 24. Progreso de la inteligencia tecnológica, adaptado de (Figuroa, 2016)

7.9.- MÉTODOS DE MEDIDA DE LA EFICACIA DE LOS RECURSOS

Las acusadas diferencias observadas entre cada una de las etapas causó que no se pudiera aplicar un único sistema a su conjunto, como se pretendía en un inicio. Se utilizaron parcialmente los métodos aceptados de (Thomke y Fujimoto, 2000), (Cooper, Edgett, Kleinschmidt, 2002) o (Wheelwright y Clark,

1992), tal y como se puede apreciar en las figuras expuestas en los resultados que validan el modelo propuesto.

Existe cierta polémica (Wiraeus y Creelman, 2019) acerca de que lo que se define no se puede medir, lo que no se puede medir no se puede mejorar y lo que no se mejora se degrada siempre. Sin ánimo de tomar parte en el debate de la revista Forbes acerca de las variables humanas no cuantificables que no pueden ser tenidas en cuenta, en este trabajo se ha tenido en cuenta bien lo que se puede cuantificar o bien aquello que sea fiel reflejo de lo que no se puede medir, empleando como veremos para ello el consumo de recursos.

Las variables normalizadas son conocidas como "*Key Performance Indicators*" (KPI), definidas de antemano para resultar de ayuda (Bauer, 2004). Pueden ser binarias o analógicas; en el caso de las binarias existe un solo dígito que puede alcanzar dos posiciones: encendido/apagado, 0/1, etc. Y serán a estas últimas a las que se va a recurrir debido a las diferentes interpretaciones a las que están sujetas las proporcionales. Las analógicas pueden pasar por infinitos puntos entre dos estados posibles, siendo aplicables cuando son continuas y lineales. Se aconseja evitar estas últimas cuando se producen discontinuidades, histéresis y posibles retrocesos provocados por circunstancias que causen relaciones cuadráticas o eleven exponentes. En conclusión, en apartados siguientes se exponen los indicadores con posterioridad a fijar la métrica que resulte de aplicación al proyecto, es decir, cada proyecto podrá conllevar una métrica distinta y ello acarrear KPI's adaptados, por lo que se concibe de un modo personalizado al no resultar óptimo la obligación de encajar en ningún modelo existente.

Para permitir ser usados, los KPI's en dirección de proyectos (Todorovic, Mitrovic y Bjelica, 2013), deben incluir detalladamente tanto los elementos del proyecto como la identificación directa del conocimiento que se va a requerir para incluir en el procedimiento multidisciplinar. Extraemos todas las posibilidades de su empleo cuando, después de haber creado la estructura de datos para ser recolectados, sirvan para monitorizar e informar de la buena marcha del proyecto y ayuden a la conducción de las acciones en cada instante.

Además, cuando no se emplean únicamente los KPI's para la búsqueda del éxito del proyecto, suele medirse la eficacia en el empleo de recursos a lo largo del desarrollo de los proyectos de innovación mediante las compuertas de (Cooper, Edgett, Kleinschmidt, 2002), y la convergencia del desarrollo de (Wheelwright y Clark, 1992). Ofreciendo un enfoque distinto, también resulta de aplicación el modelo (Thomke y Fujimoto, 2000), que describe cómo el coste promedio del consumo de recursos aumenta exponencialmente conforme avanza la vida del proyecto.

Respecto al 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 representa el triángulo de hierro, simplificación habitual acerca de las tres magnitudes en constante equilibrio por parte del equipo de gestión, 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.

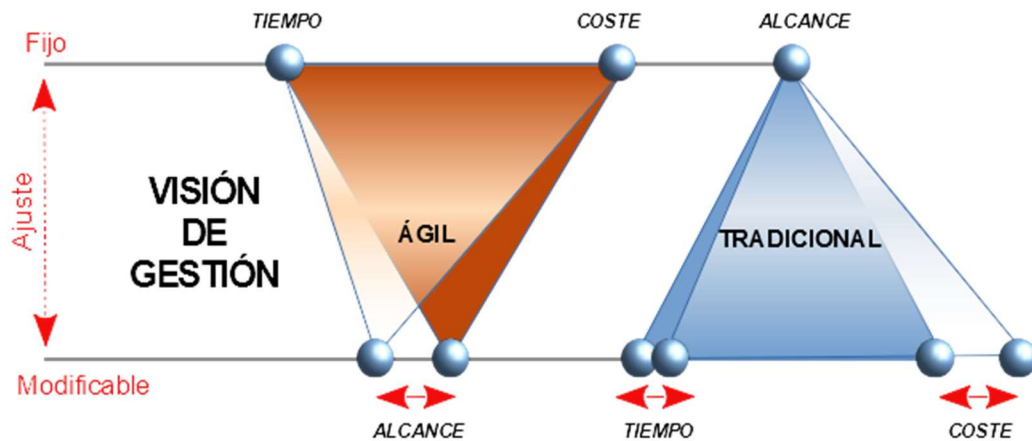


Figura 25. Triángulo de hierro

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 una de las fortalezas para asegurar la satisfacción del cliente (Porter, 2008). 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.

7.10.- DELEGACIÓN DE CONFIANZA

Cuanto mayor grado de innovación tienen los proyectos, aparecen en mayor grado los siguientes problemas:

- a) No se resuelven los retrasos añadiendo nuevos recursos.
- b) Dificultad para detectar los puntos críticos y los puntos de inflexión.
- c) La dirección considera que el proyecto se estanca.
- d) Dificultad para describir tareas y sus métodos de control.
- e) Cambios frecuentes causando inestabilidad de los proyectos.
- f) Reuniones frecuentes de revisión y control, con alto grado de ansiedad.

Esto sucede cuando la dirección no ha sido capaz de generar las especificaciones que validan el proyecto hasta las etapas finales, normalmente por falta de conocimiento de una determinada tecnología o aplicación. En estos casos, se recurre a aprender mientras se va avanzando, empleando alguna de las técnicas ya nombradas como "*Learning Based Project*" (PBL), descartando los planes puesto que van a servir únicamente para unos pocos días. La dificultad que presentan es la dificultad para resolver la medida de recursos a invertir para cada etapa, entre los que se encuentra el tiempo (Lockward, 2011).

El modelo de trabajo que mejor se adapta a esta situación es el de delegación por confianza, integrando a todas las partes. El grado de compromiso debe ser muy alto, puesto que, al no poder resolver las dudas desde una posición ventajosa, se acepta que las decisiones tomadas por el equipo van a ser las más beneficiosas. El indicador de control empleado para las situaciones de este tipo que ocurren se basa en la comunicación lo más fluida posible, de modo que se compensa la pérdida de la función de dirección con la función de supervisión y registro de lo sucedido.

7.11.- CANCELACIÓN DE PROYECTOS

Una de las decisiones más críticas a las que debe dar respuesta el modelo de funcionamiento para innovación. Cuanto antes se termine una acción que marcha en dirección a los intereses del grupo, menor número de recursos se gastarán. Uno de los indicadores empleados ha sido el grado de implicación de las personas. Con frecuencia se expone que en las etapas previas el gasto es menor y en las etapas maduras el grado de compromiso junto al nivel de gasto resulta demasiado costoso (Dvir y Shenhar, 2003).

En el modelo empleado esto se cumple parcialmente, debido a un efecto de rechazo en el equipo de trabajo cuando se observa que no resulta viable seguir invirtiendo esfuerzo y recursos, en consecuencia, el grado de recursos invertidos es alto y el grado de compromiso es bajo, es decir, ya no se cree en el proyecto. Utilizando como indicador preguntas reiteradas acerca de la ilusión y motivación en el trabajo, se puede conseguir conocer que un proyecto debe ser cancelado. Implícitamente se acepta que nadie conoce mejor las virtudes y los defectos del producto innovador que sus propios creadores. En la figura posterior se observa cómo si siguen aumentando los costes, pero los riesgos y los resultados no son proporcionales, es conveniente no demorar más días la cancelación del proyecto.

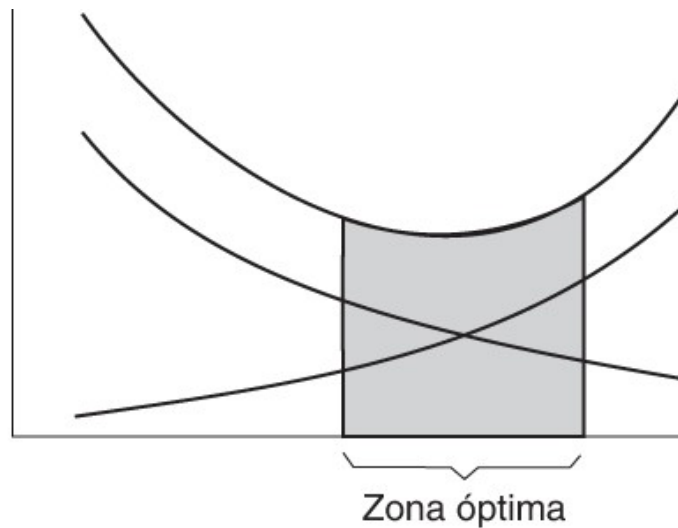


Figura 26. Evolución del riesgo y el consumo de recursos para la cancelación.

7.12.- CONFLICTO ENTRE GESTIÓN E INNOVACIÓN

En este trabajo se ha tomado la referencia de los casos de éxito expuestos por (Harryson. Kliknaite y Dudkowski, 2007). En ellos se describen los excelentes resultados de realizar una fusión de centros de excelencia como universidades y centros empresariales. Existen grandes diferencias entre ambos entornos, en la empresa se guarda y protege celosamente la información, mientras que la universidad puede y debe publicarla. También el técnico de empresa suele centrarse en aspectos concretos tecnológicos mientras que la universidad establece contactos muy variados. Aun así, debe asumirse que es imposible estar al corriente de todas las tecnologías que se van a necesitar para sacar adelante la innovación.

Entre los casos de éxito que se exponen resulta significativo el caso de empresas chinas y japonesas líderes de mercado que además de solapar conocimientos con las universidades, encauzan a los jóvenes ingenieros incorporados a una rotación continua entre departamentos. Se requieren tres meses mínimos de trabajo en el departamento de ventas y otros tres en el departamento de fabricación, como paso previo a formar parte del equipo de I+D. Su planificación exige que un 50% de los integrantes de I+D pasará a producción antes de tres años, y un 80% como máximo a los diez años. Es

decir, consideran que innovar a corto plazo exige el contacto estrecho entre las ideas tecnológicas y la reducción de dispersión hasta ser aceptada por las fases siguientes, que deben ser lo más conocidas posibles. No forma parte de este estudio la segunda consecuencia que se obtiene de este tipo de acciones, como es modernizar el departamento de fabricación con profesionales formados con las tecnologías más avanzadas posible.

7.13.- IMPORTANCIA DEL PRODUCT OWNER EN INNOVACIÓN

El representante de la propiedad o asegurador del objeto del proyecto o “*product owner*” del equipo Scrum (Sverrisdottir, Ingason y Jonasson, 2014), 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. Las empresas participantes en el concurso presentaron delegados de perfil muy distinto. Las interacciones comunicativas que se desarrollarán a lo largo de las etapas quedan todavía más en relieve en esta figura:

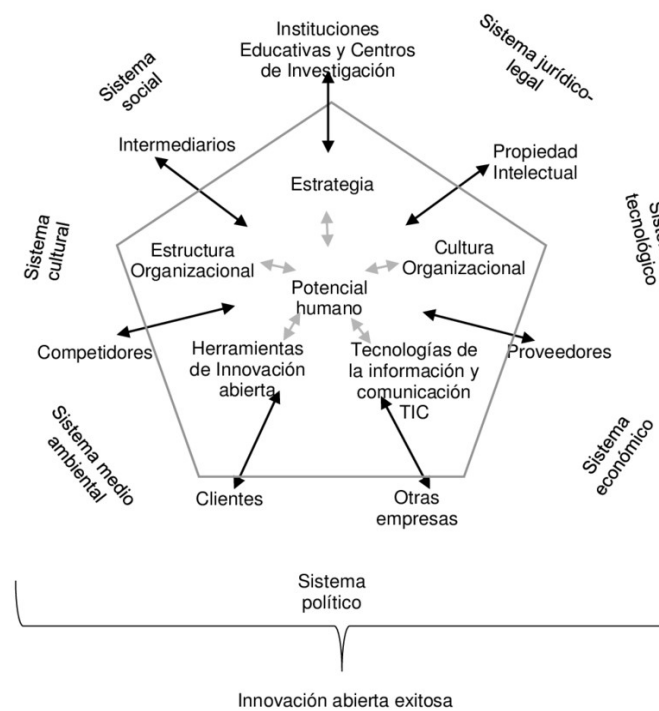


Figura 27. Interacciones en la innovación tecnológica (Álvarez y Bernal, 2017)

Su función inicial fue disminuir la dispersión de los proyectos a valores aceptables por los departamentos de fabricación. Como veremos, en el entorno ágil Scrum la función del especialista fue confinar lateralmente el objeto del proyecto (Deemer, 2009), coordinado con la dirección frontal o en línea, para determinar el paso entre etapas.

Para procesos puros de innovación se aceptan curvas de transición como la que se muestra a continuación. Como veremos en el apartado de resultados, su aplicación ha resultado satisfactoria parcialmente:

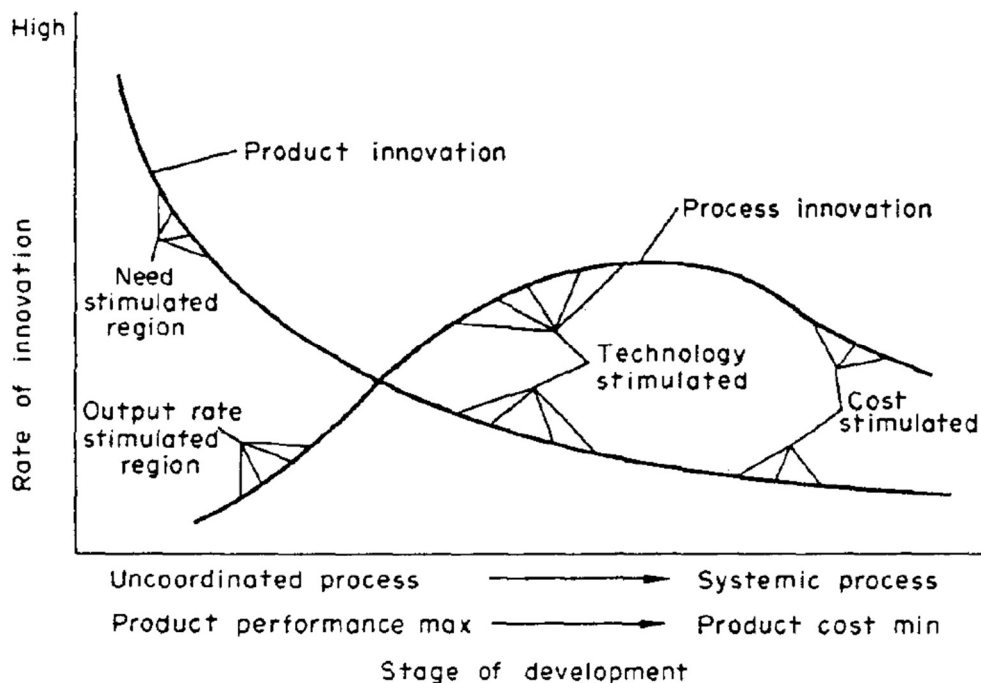


Figura 28. Innovación y etapas del desarrollo (Utterback y Abernathy, 1975)

Considerando aprovechables todas y cada una de las teorías que pueden aplicarse a la comprensión de las fases de diseño, podemos contemplar otro escenario que permita ayudar a identificarlas en cada momento. Se trata de observar la relación con la tipología de la innovación, puesto que no son comparables innovaciones disruptivas caracterizadas por sus avances radicales, con las innovaciones sistemáticas (Kodama, 2007). Teniendo en

cuenta los saltos y discontinuidades que se producen en las innovaciones (Abernathy, 1978), no pueden concebirse del mismo modo las interacciones en fases tan distintas como la generación de un prototipo de prueba de una investigación básica, como la generación de un prototipo que mejore la ergonomía de un producto comercializado. Ambas fases anteriores se incluirían en el mismo repertorio secuencial, con evidentes problemas de ajuste y eficiencia.

7.14.- ÉXITO DEL PROYECTO

Existe la posibilidad de crear sinergia entre las acciones del equipo de trabajo con los KPI's, los "*Critical Success Factors*" (CSF) y la obtención del éxito (Lim y Mohamed, 1999). Definimos los factores críticos de éxito como aquellos que aportarán gran influencia al crecimiento del proyecto para lograr los éxitos prefijados, sin ser capaces de servir para juzgar la tendencia del proyecto. En un gran número de ocasiones se definen de forma contraria, es decir, como aquellos que al ser ignorados contribuyen al fracaso, por lo que están íntimamente relacionados con la gestión del riesgo. El riesgo lo definiremos como la magnitud resultante de multiplicar la probabilidad y el impacto.

Conviene estructurar la relación entre estas variables antes y durante la ejecución del proyecto, agrupando KPI's de manera subordinada a los CSF's. Cada factor de éxito llevará asociado un cierto número de variables encargadas de medir cuantitativamente las circunstancias, a modo de cuadro de mandos.

7.15.- GESTIÓN DEL ÉXITO EN I+D

Adelantándose al concepto push-pull, y en línea con las variables fijadas en el marketing-mix (Constantinides, 2006), todo proyecto debe tener como objetivo enfocarse al cliente. Serán las necesidades del cliente las que van a aportar la visión de éxito final o no. El proyecto será el medio para salvar las dificultades que van a aparecer mientras se consigue el objetivo fijado por el cliente, fundamentalmente evaluadas en términos de precio y plazo según la

concepción clásica. La obtención de un producto según las especificaciones adecuadas para el cliente, en el tiempo previsto y por debajo del presupuesto asignado, contribuye al éxito del mismo. Dependiendo del punto de vista, los aspectos relacionados con la buena imagen y la fidelización del cliente forman parte del éxito o son una consecuencia del éxito, no formando su discusión parte de este trabajo. No obstante, en el estudio empírico se realizaron varias propuestas de cambio de enfoque para la visibilidad de la marca, como argumento de ventas y claro KPI a considerar por el equipo de diseño.

También deben considerarse como factor de éxito las condiciones del entorno, en el que suelen incluirse las instalaciones olvidando el buen ambiente de trabajo (Gates, 1999), que también se recoge en la normativa de prevención de riesgos laborales como un factor crítico para la salud y, por supuesto, para la obtención de resultados exitosos. Teniendo en cuenta las ramificaciones que otorgan una adecuada composición del equipo de trabajo y un buen ambiente, como veremos, se invirtió un fuerte esfuerzo en las etapas preliminares de los trabajos. La variable a estudiar para gestionar su éxito fue la comunicación, fundamental para cualquier grupo de innovación en el que además suelen existir distintas disciplinas. De este modo la fluidez del intercambio de datos ayuda a establecer prioridades más rápidamente y resolver, de forma igualmente rápida, las cuestiones que puedan surgir.

En proyectos de innovación no existe la cultura del saber hacer o know-how, que permite colocarse en la posición de salida en primer lugar, a nivel competitivo, gracias a la experiencia adquirida por los equipos de trabajo a través de éxitos o fracasos pasados. Uno de los apartados que deben marcar la búsqueda de nuevas metodologías para desarrollos de innovación será involucrar el aprendizaje como una de las reglas de medida para valorar el éxito.

La definición del éxito del proyecto, según la RAE como resultado feliz, en consonancia con la consecución aceptable de los objetivos marcados en el proyecto se cuestiona continuamente. En general, se cuestiona en los proyectos grandes con un buen número de interesados o stakeholders con intereses enfrentados, puesto que se puede aceptar que el éxito de uno puede ser el fracaso de otro. Pero la definición, en lo que al estudio empírico

interesa, es la diferencia del éxito entre el proyecto y el objeto del proyecto. Uno de los ejemplos más recurrentes es la Ópera de Sidney como ejemplo de proyecto fracasado generando un icono de éxito como resultado del proyecto. En la figura siguiente se observa cómo los principios ágiles no tienen en cuenta la medición de variables habituales para otorgar el éxito, en contraposición con los sistemas tradicionales, es decir, al no existir consenso en la descripción del éxito, dejan particularizar su definición por cada proyecto.



Figura 29. Factores ágiles a medir, adaptación de (Ahmad, Rahim y Raza Naqvi, 2016)

Alguno de los cuestionamientos más contundentes y reconocidos (Ika, 2009) acerca de que el éxito de un proyecto no debe medirse según parámetros convencionales incide en el mal funcionamiento de aplicar tiempo, coste y alcance. También (Prabhakar, 2008) hace una revisión de puntos de vista históricos que contradicen la existencia de una única parte en el proyecto y por tanto un único éxito conforme se alcanza un único objetivo. Resulta obligatorio aludir a las cuatro dimensiones mínimas que cita (Shenhar, 2001) y que abren el camino a que otros autores desarrollen las diferencias entre los objetivos del proyecto y los objetivos de la dirección del proyecto

(Serrador y Turner, 2014). En general, discernir entre objetivos en un proyecto gestionado de modo convencional va a resultar difícil, dada la dificultad de alcanzar el éxito individual en un marco competitivo donde cada una de las partes defiende sus intereses. Resulta más clara la visión opuesta, expuesta por diversos autores, al considerar que, si la dirección del proyecto no está perfectamente alineada con el proyecto, las deficiencias y fracasos para todos los interesados resulta más probable.

Al realizar una extrapolación a los proyectos de innovación del estudio llevado a cabo, se observa que se debe intentar aplicar en ellos las claves más usuales de fracaso que describe el PMBOK®. Estas se centran en la dirección del proyecto sin talento, experiencia, manejo de recursos humanos, comunicación, riesgos y gestión de stakeholders.

Como es evidente, existe un gran trabajo realizado para encontrar las causas de éxito de los proyectos. Por un lado, se han tomado los factores críticos de éxito (Pinto y Cleland, 2004), en los que se ha incidido década tras década, y por otro lado existen trabajos interesantísimos de pensamiento lateral (Špundak, 2014) acerca de si es necesario modificar la esencia del concepto tradicional de objetivo único. A raíz de ello se comienzan a apreciar las posibilidades que las metodologías ágiles presentan, aunque siguen siendo una ficción para los proyectos que llevan a un resultado "cumple o no cumple" objetivo. Durante años ha crecido esta línea de investigación de la que se alimentan las modificaciones realizadas en la sexta y última revisión del PMBOK®, contemplando acciones como el factor de riesgo y la satisfacción de los stakeholders (Belassi y Tukel, 1996), (Papke-Shields, Beise y Quan, 2010), (Turner y Müller, 2005), puesto que se mantiene la sensación de que se continúa escapando algo fuera de los CSF s para evaluar el éxito (Atkinson, 1999), (Baccarini, 1999).

7.16.- 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 (Steinbeck, 2011), donde el objeto del proyecto puede realizar saltos para rentabilizar los costes asociados.

Metodología proviene del griego *metà* que significa "más allá", *odòs* "camino" y *logos* "estudio". En la búsqueda de metodologías que sean capaces de encauzar los esfuerzos de innovación, se constata la existencia de diferentes caminos para lograr el objetivo final, aunque, como veremos, la solución puede radicar en utilizar diferentes soluciones para los problemas distintos que emanan de etapas diferentes. Dentro de las herramientas usadas que mejor se adaptan al cambio permanente de las actualizaciones tecnológicas, está la metodología PRINCE2 (Jamali y Oveisi, 2016).

PRINCE2 es un procedimiento más abierto que el generado por el PMBOK®, que también puede certificarse de modo similar al PMP ya nombrado. Con metodologías distintas con mayor rango de adaptación al cambio y más flexibles que permiten encajar en los proyectos tecnológicos, se optimizan en un primer estadio los procesos, especialmente la planificación y el control del seguimiento.

7.17.- PROPIEDADES ÁGILES PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO

A menudo se describen las ventajas de las metodologías ágiles (McCormick, 2012), en procesos que requieren velocidad de adaptación, en un proceso irreversible de búsqueda de modelos de gestión (Gurusamy, Srinivasaraghavan y Adkari, 2016), centrados en elevar la competitividad procurando que el objeto del proyecto satisfaga al cliente, tal y como lo define

(Porter, 2008). Entre las diferentes opciones ágiles, la metodología Scrum suele ser la más utilizada, presentando como inconveniente la larga curva de aprendizaje que requiere.

Debe citarse a los proyectos de software como origen de las metodologías ágiles, dotados de particularidades propias que difieren del resto de los proyectos de ingeniería. A diferentes problemas se le aportaron diferentes soluciones, puesto que las técnicas tradicionales no pudieron resolver la gestión de recursos humanos y materiales para cumplir los objetivos marcados. Un proyecto típico informático o de telecomunicaciones (TIC) habría terminado mientras se seguían aplicando los indicadores que, mediante sus medidas, permitieran realizar las evaluaciones aptas para ser comparadas con los factores críticos de riesgo y éxito.

Como se puede observar, los principios enumerados del manifiesto ágil resultan de aplicación directa tanto a proyectos de innovación como a muchos otros ámbitos tecnológicos. Una característica muy interesante que se ha podido aprovechar es el control empírico que hace de la marcha del proyecto, mediante la observación y ajuste inmediato, sin recurrir a evaluaciones del grupo de planificación presente en la herramienta tradicional. Al romper la lista de tareas en modo secuencial o en serie, se crean oportunidades para realizar iteraciones o sprints, que es el núcleo de valor de este tipo de herramientas. Señalar que pueden realizarse varias iteraciones simultáneamente, lo que resulta poco o nada compatible con los métodos más comunes.

En consecuencia, se puede hablar del método ágil como una filosofía o cultura distinta de afrontar la solución de problemas, en la que se presta poca atención a la parte burocrática y mucha en entregar el bien al cliente. Resultando apto para propuestas del tipo mediano o pequeño como el diseño de un producto industrial, puede no resultar tan adecuado para un proyecto de gran escala muy documentado, disciplinado y predecible.

Podemos enumerar las siguientes características básicas:

- a) Eleva el número de fases de modo previo a la entrega del producto, permitiendo al cliente ir realizando adaptaciones, facilitando su satisfacción.
- b) Son capaces de adaptarse a los cambios por su capacidad rápida y dinámica.
- c) Se forman microproyectos de objetivos limitados asequibles en plazo y tiempo.
- d) Bajan los riesgos al permitir localizarlos a tiempo.
- e) Bajan los desperdicios por trabajo innecesario.
- f) Estimula la interacción e ideas del equipo, gracias a la facilidad de comunicación y la importancia del trabajo en equipo.
- g) Reuniones normalmente de un cuarto de hora cada día, poniendo en común el trabajo e inicio de propuestas ante posibles problemas.
- h) Mediante el *"product owner"* el cliente participa e influye en el devenir del trabajo. Al priorizar las tareas, se asegura que se van cumpliendo las necesidades.

Suele exponerse que una de las mayores fortalezas de este sistema es poder generar un proyecto como un traje a la medida del cliente, por lo que para sistemas I+D+i de desarrollo de un producto se adapta perfectamente en tamaño y forma.

A cambio, el poco respeto a las normas que genera este sistema puede hacerlo inviable para un departamento estable de I+D+i, en el que se afronten sistemas repetitivos de soluciones no abiertos a nuevas ideas. Para poder crear sinergia con el trabajo ágil se debe potenciar la gestión de proyectos únicos compuestos por equipos únicos, por ejemplo, en número de miembros, mercado, fases, costes, objetivos, etc.

TÍTULO III

8.- VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

8.- VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	180
8.1.- IDONEIDAD DE LOS PROYECTOS OBJETO DEL ESTUDIO	180
8.2.- IMPROVISACIÓN EN INNOVACIÓN.....	180
8.3.- FLEXIBILIDAD DURANTE LA VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	181
8.4.- VELOCIDAD DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN.....	182
8.5.- RESULTADOS EXTERNOS QUE VALIDAN LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS.....	183
8.6.- REVISIÓN INTERNA DE LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS	183
8.7.- CONVERGENCIA DE LOS EQUIPOS CON LAS METODOLOGÍAS ÁGILES	185
8.8.- CONSUMO DE RECURSOS.....	186
8.9.- RESULTADOS OBTENIDOS POR EL PRODUCT OWNER.....	187

8.- VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

En este capítulo se muestran los resultados del modelo que ha servido para validar los objetivos propuestos en los objetivos.

8.1.- IDONEIDAD DE LOS PROYECTOS OBJETO DEL ESTUDIO

Se consideran aptos para la investigación los 52 proyectos de ingeniería aplicada que se han dirigido. Utilizar las bases de los concursos de innovación como patrón no fue un factor limitante para la toma de datos. En todos los casos se entregó como mínimo el dossier fijado por las bases de los concursos, aunque no todos entregaron los elementos opcionales que validaban la óptima gestión del proyecto: panel, presentación de marketing y prototipo.

8.2.- IMPROVISACIÓN EN INNOVACIÓN

El modelo de trabajo que se propone resulta muy adecuado para proyectos de las características expuestas, básicamente innovación a pequeña escala, y presenta serios inconvenientes como los que se muestran a continuación.

Como primer ejemplo de realizar de manera cauta aquellos proyectos en los que se acentúa su carácter de apertura y globalización, se suele describir el caso del Proyecto Concorde. Dicha nave insignia aeronáutica franco-británica disponía de tal nivel de reto técnico que distrajo la rigurosidad de los estudios preliminares económicos. Como resultado, su costo pasó de 160 a 2000 millones evidenciando un fracaso absoluto del proyecto en términos de falta de previsión o de proyección (Miranda, 2005). De modo similar ya se ha comentado a grandes rasgos el caso de la Ópera de Sidney, de estudio arquitectónico pobre y fuerte carácter político, evidencia la diferencia entre el éxito del proyecto y del objeto del proyecto, pasando de 7 millones iniciales a 102 del trabajo final.

Otra muestra de errores en las previsiones precipitadas, improvisadas, sin la rigidez necesaria para acometer esfuerzos en un sentido único, son los

parques temáticos Disney. En el momento de acometer la posible ubicación del parque en el viejo continente, finalmente emplazado en París, salieron a la luz los errores cometidos en los anteriores, que llevaron a analizar aproximadamente 200 ubicaciones en Francia y España. El motivo de los fracasos, basados en la falta de previsión, también inducida por el carácter de innovación y reto ligado a la globalización, es lo que permite sacar conclusiones respecto al ajuste del modelo adecuado. En el parque de California se cometió el error de dejar a los lucrativos restaurantes y hoteles fuera del negocio propio, y en Tokio se dejó que otra compañía asumiera la titularidad del parque, provocando dejar a la compañía principal al borde de la bancarrota. En Europa se alcanzó el éxito compartiendo la propiedad, el riesgo y la explotación.

8.3.- FLEXIBILIDAD DURANTE LA VALIDACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

Se han descrito una gran cantidad de casos de fracaso y se ha admitido que en los países con mayor nivel tecnológico el 90% de los proyectos de nuevos productos y servicios fracasan en los seis primeros meses desde su lanzamiento. En consecuencia, para la validación de nuestro modelo se tienen en cuenta los siguientes axiomas:

1. No dejar que los problemas ocurran al final del desarrollo.
2. No desperdiciar recursos en estos imprevistos no contemplados tempranamente.
3. No permitir que los errores alcancen la parte exponencial del consumo de recursos.
4. No dejar a un lado la flexibilidad si continúan la incertidumbre que impide volver atrás, es decir, acometer los cambios cuando todavía es barato respecto a cualquier tipo de recurso, por ejemplo, el tiempo.

Como veremos en conclusiones, la validación del modelo requiere un desarrollo cultural o filosófico, basado en apertura de ideas que se corresponderá con no intentar empujar una idea de la mejor manera posible,

sino en abrir a la demanda con el mayor número de idea posible, que se van probando una tras otra para vencer un problema, en lugar de vencer con una idea.

Uno de los indicadores que permiten validar lo expuesto anteriormente es el prototipo del diseño que había que presentar al concurso. Independientemente de la calidad final en los materiales, en todos los casos ha resultado ser un claro ejemplo de aportación con una de las dos intenciones: vencer con una idea diferente o convencer que resuelve los problemas que se han planteado. Como ejemplo se pueden nombrar las aristas que algunas ideas transgresoras presentaron, con capacidad de causar lesiones durante su uso, que obviamente aparecían exclusivamente en proyectos fallidos no centrados en la explotación por parte del consumidor.

Al no tratar de no validar una idea sino ajustarse al mercado, se ha demostrado de suma importancia incluir en los equipos multidisciplinares personas con el mejor conocimiento del mercado posible. Si el equipo conoce los problemas que surgirán con posterioridad al diseño, relacionado con la logística o cadena de suministro, desechará rápidamente futuros proyectos fallidos que no pasarán de la etapa conceptual. Claros ejemplos los encontramos en el diseño de envases que impedían colocar la etiqueta.

8.4.- VELOCIDAD DE LOS PROYECTOS DE INNOVACIÓN

Se conoce que las grandes empresas tecnológicas se obligan a innovar en periodos muy cortos, por ejemplo, 3M se obliga a que el 25% de sus productos no supere cuatro años en el mercado. Para Siemens el 70% de sus ingresos lo obtienen con productos que no superan cinco años de comercialización. En el caso de Gillette el 40% de las ventas se debe basar en productos con menos de 5 años en el mercado. Existen fuertes razones relacionadas con la protección de los productos, como son la protección de la propiedad intelectual, industrial y las patentes en cada uno de los continentes. Queda fuera de este estudio abarcar la validación del modelo según criterios de protección del diseño, aunque evidentemente afecta a la velocidad a la que deben de sucederse los diseños. Considerando como factor

añadido que el 90% de los diseños se retirarán antes de los seis meses al no lograr el impacto comercial deseado, es fácil hacerse a la idea de la presión existente para la metodología que deben adoptar los procesos de innovación industrial para resultar consistentes en el tiempo.

8.5.- RESULTADOS EXTERNOS QUE VALIDAN LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS

Entre los diferentes resultados obtenidos, se han logrado premios en todas las ediciones de los siguientes concursos en las que se ha participado: Clúster de innovación en envase y embalaje, Concurso nacional Liderpack y Concurso internacional *"WorldStar Packaging Awards"*.

8.6.- REVISIÓN INTERNA DE LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS

Los resultados obtenidos han seguido el principio de Pareto o regla 80/20 aplicada a la gestión (Dunford y Tamang, 2014), es decir, el 20% de los trabajos requerían para su éxito el 80% de los recursos disponibles para el conjunto. La figura 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.

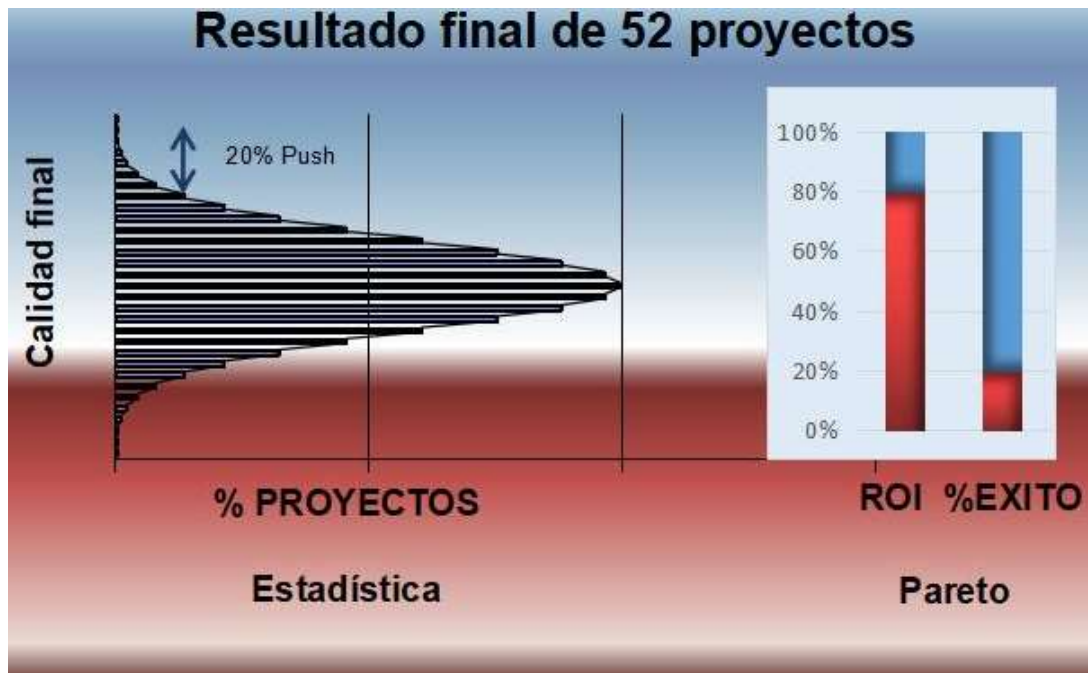


Figura 30. Resultados cuantitativos

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 innovaciones 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 al 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. Los resultados sobresalientes fueron obtenidos al proyectar sus fortalezas hacia las oportunidades (Badía, Teruel y Ribes, 2016), 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.

8.7.- 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.

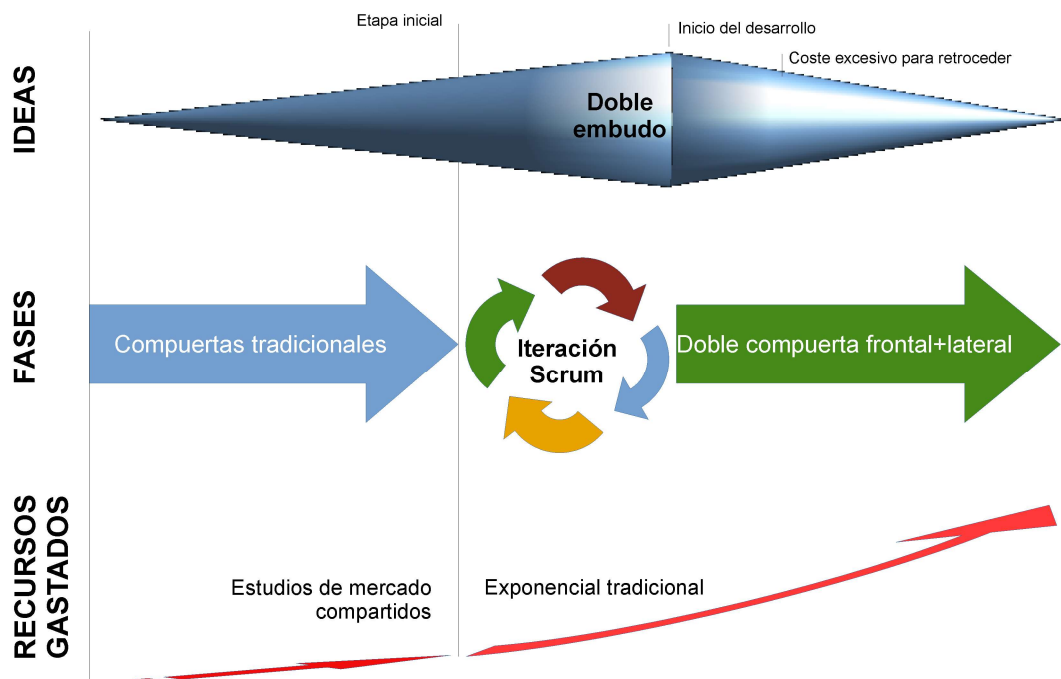


Figura 31. Resultados cualitativos de gestión

Se aprecian en la figura las innovaciones de gestión que sirvieron para optimizar Scrum:

1. Fue anulado el embudo descendente tradicional al incorporar la etapa inicial creativa.

2. 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.
3. 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.

A partir de la etapa inicial se adaptaron los sistemas de gestión a las demandas de los equipos de trabajo, siendo en todos los casos la metodología Scrum la idónea. Se materializó dicha metodología mediante:

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

8.8.- 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 (Towill y Christopher, 2002). 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 añadir a la figura nº31 su evolución.

En la siguiente tabla se relacionan los recursos clave consumidos, fundamentalmente tiempo, por los grupos de trabajo durante la evolución del ciclo de vida del proceso de diseño.

	Esfuerzo innovador	Trabajo terminado	Recursos consumidos
Etapa compartida	50 %	20 %	10 %
Etapa de expansión	100 %	80%	40 %
Etapa de centrado	0 %	100 %	100 %

Tabla 25. Consumo de recursos

8.9.- 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:

1. Advertir de la inviabilidad de las soluciones, logrando reducir el consumo de recursos al disminuir la dispersión de resultados.
2. 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.
3. No influir en el valor de la innovación, mérito exclusivo del equipo.

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.

9.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

9.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	190
9.1.- DISCUSIÓN.....	190
9.2.- CONCLUSIONES GENERALES.....	191
9.3.- CONCLUSIONES SECUNDARIAS.....	192
9.4.- LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	192
9.5.- CONCLUSIÓN FINAL.....	193

9.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este último apartado aportamos en primer lugar las respuestas que han llegado como consecuencia de los resultados obtenidos. En ocasiones, las soluciones emergieron de manera espontánea, por lo que se exponen ligadas a sus datos de partida. Posteriormente, vistos los resultados destacados, se pasa a elaborar las conclusiones que sirven para verificar, en su caso, los objetivos que se marcaron al inicio del trabajo.

9.1.- DISCUSIÓN

Los resultados atestiguan 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 (Clancy, 1995).

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.

9.2.- CONCLUSIONES GENERALES

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 (Deemer, 2009). 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 projectista 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.

9.3.- CONCLUSIONES SECUNDARIAS

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.

9.4.- LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

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.

9.5.- CONCLUSIÓN FINAL

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.

GLOSARIO

- 5 P's: Producto, Personas, Precio, Plaza y Promoción. Son las acciones en las que focalizar el plan del marketing mix.
- 5 S's: Seiri "sentido de utilización o cero desperdicios", Seiton "organización", Seiso "limpieza", Seiketsu "normalización o seguridad" y Shitsuke "disciplina". Son 5 principios japoneses aplicados a su industria.
- COTEC: La Fundación Cotec es una organización privada sin ánimo de lucro cuya misión es promover la innovación como motor de desarrollo económico y social.
- Data mining: Minería de datos buscando patrones en un gran volumen de información.
- Design thinking: Pensamiento de diseño, es una metodología de trabajo en grupo, centrada en el usuario, orientada a optimizar la creatividad.
- Manual de Frascati: Propuesta de Norma Práctica para encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental, creado por la OCDE.
- Mass customization: Estrategia para satisfacer al cliente ordenando la cadena de valor junto a la "teoría de la complejidad".
- Six Sigma: Estrategia de mejora de procesos basada en la reducción en la variabilidad de los mismos.

REFERENCIAS

ADAMS, Richard; BESSANT, John; PHELPS, Robert. Innovation management measurement: A review. *International journal of management reviews*, 2006, vol. 8, no 1, p. 21-47.

AHMAD, Gul; RAHIM SOOMRO, T.; RAZA NAQVI, S. M. An overview: merits of agile project management over traditional project management in software development. *Journal of Information & Communication Technology*, 2016, vol. 10, no 1, p. 105-120.

AKRICH, Madeleine, et al. The key to success in innovation part I: The art of interessement. *International journal of innovation management*, 2002, vol. 6, no 02, p. 187-206.

ÁLVAREZ-AROS, Erick L.; BERNAL-TORRES, César A. Modelo de innovación abierta: énfasis en el potencial humano. *Información tecnológica*, 2017, vol. 28, no 1, p. 65-76.

AMABILE, Teresa M. A model of creativity and innovation in organizations. *Research in organizational behavior*, 1988, vol. 10, no 1, p. 123-167.

AMBLER, Scott W.; LINES, Mark. *Disciplined agile delivery: A practitioner's guide to agile software delivery in the enterprise*. IBM press, 2012.

ATKINSON, Roger. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International journal of project management*, 1999, vol. 17, no 6, p. 337-342.

BACCARINI, David. The logical framework method for defining project success. *Project management journal*, 1999, vol. 30, no 4, p. 25-32.

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.

BALMASEDA, Eva María Velasco; ELGUEZABAL, Ibon Zamanillo; CLEMENTE, Gurutze Intxaurburu. Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación. En

- Decisiones basadas en el conocimiento y en el papel social de la empresa: XX Congreso anual de AEDEM. Asociación Española de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM), 2007. p. 28.
- BARCZAK, Gloria; WILEMON, David. Team member experiences in new product development: views from the trenches. *R&d Management*, 2003, vol. 33, no 5, p. 463-479.
- BAREGHEH, Anahita; ROWLEY, Jennifer; SAMBROOK, Sally. Towards a multidisciplinary definition of innovation. *Management decision*, 2009.
- BATRA, Dinesh. Modified agile practices for outsourced software projects. *Communications of the ACM*, 2009, vol. 52, no 9, p. 143-148.
- BAUER, Kent. KPIs-The metrics that drive performance management. *Information Management*, 2004, vol. 14, no 9, p. 63.
- BECK, Kent, et al. *The agile manifesto*. 2001.
- BECKMAN, Sara L.; BARRY, Michael. Innovation as a learning process: Embedding design thinking. *California management review*, 2007, vol. 50, no 1, p. 25-56.
- BELASSI, Walid; TUKEL, Oya Iemeli. A new framework for determining critical success/failure factors in projects. *International journal of project management*, 1996, vol. 14, no 3, p. 141-151.
- BEVERIDGE, William Ian Beardmore. *The art of scientific investigation*. Edizioni Savine, 2017.
- BHUIYAN, Touhid; MAHMUD, Imran. Flip Classroom: An Innovative Way of Teaching to Excel Learning. *Canadian International Journal of Science and Technology*, 2015, vol. 2, p. 241-249.
- BOX, Simon; PLATTS, Ken. Business process management: establishing and maintaining project alignment. *Business Process Management Journal*, 2005.
- BRESNAHAN, Timothy F.; TRAJTENBERG, Manuel. General purpose technologies 'Engines of growth'?. *Journal of econometrics*, 1995, vol. 65, no 1, p. 83-108.

BROTHERTON, Shelly A.; FRIED, Robert T.; NORMAN, Eric S. Applying the work breakdown structure to the project management lifecycle. En PMI Global Congress Proceedings. 2008. p. 1-15.

CHESBROUGH, Henry W. Why companies should have open business models. MIT Sloan management review, 2007, vol. 48, no 2, p. 22.

CICMIL, Svetlana, et al. Rethinking project management: researching the actuality of projects. International journal of project management, 2006, vol. 24, no 8, p. 675-686.

CLANCY, Tom. The chaos report. The Standish Group, 1995.

CLELAND, David I.; GAREIS, Roland. Global project management handbook: Planning, organizing, and controlling international projects. McGraw-Hill Education, 2006

CLEMENTE, G. Z. I. X.; BALMASEDA, Eva Velasco. El benchmarking aplicado a la gestión de la innovación. Revista de Dirección y Administración de Empresas, 2010, vol. 1, no 17, p. 33-46.

CONSTANTINIDES, Efthymios. The marketing mix revisited: towards the 21st century marketing. Journal of marketing management, 2006, vol. 22, no 3-4, p. 407-438.

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.

COOPER, Robert G. The drivers of success in new-product development. Industrial Marketing Management, 2019, vol. 76, p. 36-47

DARASTEANU, Cristian; MOSKALENKO, Maria. New Product Development Process Goes Global: A qualitative study of rethinking traditional concepts. 2010.

DE OSLO, Manual. Manual de Oslo. Recuperado de <http://gestiona.com.br/wpcontent/uploads/2013/06/Manual-de-OSLO-2005.pdf>, 1997.

DEEMER, Pete, et al. Información básica de SCRUM. California: Scrum Training Institute, 2009.

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

- DURAND, Thomas. Technology and Innovation.
- DVIR, Dov; RAZ, Tzvi; SHENHAR, Aaron J. An empirical analysis of the relationship between project planning and project success. *International journal of project management*, 2003, vol. 21, no 2, p. 89-95.
- ECKERSON, Wayne W. Predictive analytics. Extending the Value of Your Data Warehousing Investment. *TDWI Best Practices Report*, 2007, vol. 1, p. 1-36.
- ESPINOSA, M. del M.; DOMÍNGUEZ, M. El ciclo de vida de un producto desde la perspectiva de la ingeniería concurrente. *Plásticos Universales*, 2003, vol. 85, no 5.
- ETHIRAJ, Sendil K.; LEVINTHAL, Daniel. Modularity and innovation in complex systems. *Management science*, 2004, vol. 50, no 2, p. 159-173.
- FIGUEROA, Gloria María Aponte. El proceso de gestión de innovación tecnológica: sus etapas e indicadores relacionados. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 2015, vol. 21, no 1, p. 59-90.
- FIGUEROA, Gloria María Aponte. Gestión de la innovación tecnológica mediante el análisis de la información de patentes. *Negotium*, 2016, vol. 11, no 33, p. 42-68.
- FLEMING, Lee; KING III, Charles; JUDA, Adam I. Small worlds and regional innovation. *Organization Science*, 2007, vol. 18, no 6, p. 938-954.
- GARCÍA, Manuel; QUISPE, Carlos; RÁEZ, Luis. Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial data*, 2003, vol. 6, no 1, p. 89-94.
- GATES, Bill. Business@ the speed of thought. *Business Strategy Review*, 1999, vol. 10, no 2, p. 11-18.
- GEMINO, Andrew C.; REICH, Blaize Horner; SAUER, Chris. Beyond chaos—Examining IT project performance. En 2nd International Research Workshop for. 2007.
- GERYBADZE, Alexander, et al. (ed.). *Innovation and international corporate growth*. Heidelberg: Springer, 2010.
- GODIN, Benoît. *The Making of statistical standards: the OECD and the Frascati manual, 1962-2002*. 2008.

GUIDE, A. Project management body of knowledge (PMBOK® guide). En Project Management Institute. 2001.

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.

GVOZDENOVIC, Tamara, et al. Bodies of knowledge in project management and project quality management. International Journal for Quality research, 2008, vol. 2, no 1, p. 69-76.

HAMMER, Michael; CHAMPY, James. Reengineering the Corporation: Manifesto for Business Revolution, A. Zondervan, 2009.

HAND, David J.; ADAMS, Niall M. Data mining. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online, 2014, p. 1-7.

HARRYSON, Sigvald; KLIKNAITE, Sandra; DUDKOWSKI, Rafal. Making innovative use of academic knowledge to enhance corporate technology innovation impact. International Journal of Technology Management, 2007, vol. 39, no 1-2, p. 131-157.

HINES, Peter; HOLWEG, Matthias; RICH, Nick. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. International journal of operations & production management, 2004.

HINOJOSA, María Alejandra. Diagrama de Gantt. Producción, procesos y operaciones, 2003.

HORNSTEIN, Henry A. The integration of project management and organizational change management is now a necessity. International Journal of Project Management, 2015, vol. 33, no 2, p. 291-298.

IKA, Lavagnon A. Project success as a topic in project management journals. Project management journal, 2009, vol. 40, no 4, p. 6-19.

INGASON, Helgi Thor; JÓNASSON, Haukur Ingi. Contemporary knowledge and skill requirements in project management. Project Management Journal, 2009, vol. 40, no 2, p. 59-69.

- JAMALI, Gholamreza; OVEISI, Mina. A study on project management based on PMBOK® and PRINCE2. *Modern Applied Science*, 2016, vol. 10, no 6, p. 142-146.
- JOHANNESSEN, Jon-Arild; OLSEN, Bjørn; OLAISEN, Johan. Aspects of innovation theory based on knowledge-management. *International journal of information management*, 1999, vol. 19, no 2, p. 121-139.
- KALPAKJIAN, Serope; SCHMID, Steven R. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson educación, 2002.
- KEAVENEY, Siobhan; CONBOY, Kieran. *Cost estimation in agile development projects*. 2006.
- KERZNER, Harold. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. John Wiley & Sons, 2017, p. 52.
- KLINE, Stephen J.; ROSENBERG, Nathan. An overview of innovation. *Studies on science and the innovation process: Selected works of Nathan Rosenberg*, 2010, p. 173-203.
- KODAMA, Mitsuru. *Knowledge innovation: strategic management as practice*. Edward Elgar Publishing, 2007.
- KOSKELA, Lauri J.; HOWELL, Gregory. The underlying theory of project management is obsolete. En *Proceedings of the PMI research conference*. PMI, 2002. p. 293-302.
- KOUFTEROS, Xenophon; VONDEREMBSE, Mark; DOLL, William. Concurrent engineering and its consequences. *Journal of operations management*, 2001, vol. 19, no 1, p. 97-115.
- KRAPYVNY, I. V.; OMELIANENKO, V. A.; VERNYDUB, Nataliia Oleksiivna. International innovation networks as new stage of innovation development. *Economic Processes Management*, 2015, no 1.
- LEA, Rodger, et al. Smart cities: Engaging users and developers to foster innovation ecosystems. En *Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*. 2015. p. 1535-1542.

LIANYING, Zhang; JING, He; XINXING, Zhang. The project management maturity model and application based on PRINCE2. *Procedia Engineering*, 2012, vol. 29, p. 3691-3697.

LIM, C. S.; MOHAMED, M. Zain. Criteria of project success: an exploratory re-examination. *International journal of project management*, 1999, vol. 17, no 4, p. 243-248.

LOCKWARD DARGAM, Ailín María. El rol de la confianza en las organizaciones a través de los distintos enfoques o pensamientos de la administración. *Ciencia y sociedad*, 2011.

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.

MACCORMACK, Alan; VERGANTI, Roberto; IANSITI, Marco. Developing products on "Internet time": The anatomy of a flexible development process. *Management science*, 2001, vol. 47, no 1, p. 133-150.

MARQUIS, Donald. Ways of organizing projects. *Innovation*, 1969, vol. 5, no 7, p. 26-33.

MCCORMICK, Mike. Waterfall vs. Agile methodology. MPCs, N/A, 2012.

MIRANDA, Juan José Miranda. *Gestión de proyectos*. MMEditores, 2005.

MONIRUZZAMAN, A. B. M.; HOSSAIN, Dr Syed Akhter. Comparative Study on Agile software development methodologies. *arXiv preprint arXiv:1307.3356*, 2013.

MÜLLER, Ralf; TURNER, Rodney. The influence of project managers on project success criteria and project success by type of project. *European management journal*, 2007, vol. 25, no 4, p. 298-309.

MURRAY, Susan L.; GRANTHAM, Katie; DAMLE, Siddharth B. Development of a generic risk matrix to manage project risks. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 2011, vol. 5, no 1, p. 35-51.

- NAMBISAN, Satish, et al. Digital Innovation Management: Reinventing innovation management research in a digital world. *Mis Quarterly*, 2017, vol. 41, no 1.
- NELSON, Richard R.; NELSON, Katherine. Technology, institutions, and innovation systems. *Research policy*, 2002, vol. 31, no 2, p. 265-272.
- NIETO, José Antonio. Modelos de innovación empresarial y selección natural. 2016.
- PAPKE-SHIELDS, Karen E.; BEISE, Catherine; QUAN, Jing. Do project managers practice what they preach, and does it matter to project success?. *International journal of project management*, 2010, vol. 28, no 7, p. 650-662.
- PINTO, Jeffrey K. Understanding the role of politics in successful project management. *International Journal of Project Management*, 2000, vol. 18, no 2, p. 85-91.
- PINTO, Jeffrey K.; CLELAND, David I. The elements of project success. *Field guide to project management*, 2004, vol. 2, p. 14-27.
- PORTER, Michael. Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia. *Harvard Business Review*, 2008, vol. 86, no 1, p. 58-77.
- PRABHAKAR, Guru Prakash. What is project success: a literature review. *International Journal of Business and Management*, 2008, vol. 3, no 9, p. 3-10.
- RICO, David F. What is the Return on Investment (ROI) of agile methods. *Methods*, 2008, p. 1-7.
- RICO, David F.; SAYANI, Hasan H.; SONE, Saya. The business value of agile software methods: maximizing ROI with just-in-time processes and documentation. *J. Ross Publishing*, 2009.
- ROBERTS, Edward B. What we've learned: Managing invention and innovation. *Research-Technology Management*, 1988, vol. 31, no 1, p. 11-29.
- 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.
- RODRÍGUEZ, Carlos Palma. ¿Cómo construir una matriz de riesgo operativo?. *Revista de Ciencias Económicas*, 2011, vol. 29, no 1.

ROSEGGER, Gerhard. How Can We Improve the Context for Innovation. *Can.-USLJ*, 1995, vol. 21, p. 333.

ROTHWELL, Roy. Successful industrial innovation: critical factors for the 1990s. *R&d Management*, 1992, vol. 22, no 3, p. 221-240.

SALEH, Sabbir M.; HUQ, Syed Maruful; RAHMAN, M. Ashikur. Comparative study within Scrum, Kanban, XP focused on their practices. En 2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE). IEEE, 2019. p. 1-6.

SCHUMPETER, JA A. TEORIA DO DESENVOLVIMENTO. ECONÔMICO. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SERRADOR, Pedro; TURNER, J. Rodney. The relationship between project success and project efficiency. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, vol. 119, p. 75-84.

SHENHAR, Aaron J., et al. Project success: a multidimensional strategic concept. *Long range planning*, 2001, vol. 34, no 6, p. 699-725.

SNOW, Andrew P. Network reliability: the concurrent challenges of innovation, competition, and complexity. *IEEE Transactions on Reliability*, 2001, vol. 50, no 1, p. 38-40.

ŠPUNDAK, Mario. Mixed agile/traditional project management methodology—reality or illusion?. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, vol. 119, p. 939-948.

STEINBECK, Reinhold. El «design thinking» como estrategia de creatividad en la distancia. *Comunicar*, 2011, vol. 19, no 37, p. 27-35.

STOUFFER, W. B.; RUSSELL, Jeffrey S.; OLIVA, Michael G. Making the strange familiar: Creativity and the future of engineering education. En *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. American Society for Engineering Education,, 2004. p. 1-9.

SUTHERLAND, Jeff. Inventing and Reinventing SCRUM in five Companies. *Cutter IT journal*, 2001, vol. 14, p. 5-11.

- 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.
- TAYLOR, Frederick Winslow. *Administración científica*. Barcelona: Ediciones Orbis, 1911.
- 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.
- TODOROVIĆ, Marija; MITROVIĆ, Zorica; BJELICA, Dragan. Measuring project success in project-oriented organizations. *Management*, 2013, vol. 68, no 2013, p. 41-48.
- 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.
- TURNER, J. Rodney; MÜLLER, Ralf. The project manager's leadership style as a success factor on projects: A literature review. *Project management journal*, 2005, vol. 36, no 2, p. 49-61.
- TUSHMAN, Michael; LAKHANI, Karim R.; LIFSHITZ-ASSAF, Hila. Open innovation and organization design. *Journal of Organization Design*, 2012, vol. 1, no 1.
- URBINA, Gabriel Baca; CASTELLANOS, Miguel Ángel Toledo. *Evaluación de proyectos*. McGraw-Hill, 2006.
- UTTERBACK, James M.; ABERNATHY, William J. A dynamic model of process and product innovation. *Omega*, 1975, vol. 3, no 6, p. 639-656.
- VON OECH, Roger; WILLETT, George. *A whack on the side of the head: How you can be more creative*. New York, NY: Business Plus, 2008.
- WHEELWRIGHT, Steven C.; CLARK, Kim B. *Creating project plans to focus product development*. Harvard Business School Pub., 1992.

WIRAEUS, David; CREELMAN, James. Ensuring Employee Sense of Purpose in the Digital Age. En Agile Strategy Management in the Digital Age. Palgrave Macmillan, Cham, 2019. p. 225-242.

WITZEL, Morgen. Fifty key figures in management. Routledge, 2003.

ANEXO: Innovaciones más relevantes

A continuación, se muestran las innovaciones más representativas realizadas para los concursos citados en la memoria.

Durante los dos primeros años del estudio empírico, los galardonados por el clúster de innovación en envase y embalaje, obtenían una cantidad económica y excepcionalmente, una oferta de trabajo / prácticas / TFG.

En el tercer y último año del estudio, los trabajos premiados podían optar por primera vez al concurso profesional nacional LIDERPACK. Como resultado, fueron galardonados tres proyectos. En el Anexo se recogen dos de ellos: 6-Logifruit y 14-Amazon.

Finalmente, el proyecto 14-Amazon fue seleccionado por LIDERPACK para representar a España en los premios Worldstar Awards, obteniendo premios en las categorías de diseño y sostenibilidad.

1. <i>Inditex</i>	A-4
2. <i>Mercadona</i>	A-23
3. <i>Hinojosa</i>	A-42
4. <i>Consum</i>	A-67
5. <i>Flome</i>	A-93
6. <i>Logifruit</i>	A-104
7. <i>Quadpack</i>	A-137
8. <i>Sanlucar</i>	A-154
9. <i>Spb</i>	A-164
10. <i>Virospack</i>	A-196
11. <i>Menhsen</i>	A-222
12. <i>Bavaria</i>	A-239
13. <i>Romar</i>	A-257
14. <i>Amazon</i>	A-271

