



## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera dedicar este proyecto a todas las personas que en estos dos últimos años me han apoyado y animado en la realización de este Máster.

Especialmente a mis padres, que sin su ayuda me hubiese resultado mucho más complicado, a mi Sergio por posponer de continuo planes de fin de semana, a superSari por su asesoramiento y por siempre prestarse a echarme una mano cuando lo necesitase, a Joni por escuchar mis penas en los viajes al trabajo, y a mis amigas por animarme y no parar de decirme “¡¡Que ya no te queda nada!!!” desde hace más de año y medio...

Por otro lado, también quiero agradecer la dedicación de los profesores, especialmente a Amaia por su asesoramiento y ayuda a lo largo del máster, a Pedro por la orientación en el TFM y a los compañeros por el buen ambiente creado, entre los que debo destacar a Jon, con el que me he divertido mucho estos dos años, tanto en las clases, los viajes, haciendo los trabajos, como despejándonos en el patio y sacando a las bestias. Lo echaremos de menos eh, Jon?

¡Muchas gracias a todos!

Paula.



## ÍNDICE

0. GLOSARIO .....	7
1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCION .....	9
1.1 Antecedentes .....	9
1.2 Contexto .....	9
1.3 Objetivos .....	11
1.4 Metodología de Trabajo .....	12
1.5 Fases y Estructura del Proyecto .....	12
2. CAPÍTULO 2. ANALISIS DEL ESTADO INICIAL. ....	13
2.1 ¿Qué se entiende por Proyecto I+D? .....	13
2.2 Importancia de la I+D .....	15
2.3 Dificultades en la Gestión de Proyectos I+D .....	16
2.4 Conclusiones.....	17
3. CAPITULO 3. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE. ....	19
3.1 Aspectos básicos de la Dirección de Proyectos. Resumen del PMBOK.....	19
3.1.1 Fases de un Proyecto y Ciclo de Vida .....	21
3.1.2 Procesos de un Proyecto .....	23
3.1.3 AREAS DE CONOCIMIENTO EN EL PMBOK .....	31
3.2 ANÁLISIS DE LA IDONEIDAD DE METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D .....	33
3.2.1 METODOLOGÍAS PREDICTIVAS.....	33
3.2.2 METODOLOGÍAS ÁGILES.....	41
3.2.3 CONCLUSIONES .....	50
3.3 ANÁLISIS BILIOGRÁFICO .....	54
3.3.1 ¿qué entendemos por incertidumbre? .....	55
3.3.1 COMO MANEJAR LAS INCERTIDUMBRES EN LOS PROYECTOS.....	59
3.3.2 Factores FACILITADORES Y BLOQUEADORES EN LA GESTIÓN DE LA INCERTIDUMBRE .....	65
3.3.3 La utilización de la información PARA GESTIONAR el riesgo DEL PROYECTO .....	70
3.3.4 LA RELACIÓN DEL riesgo Y la planificación .....	72
3.3.5 considerACIONES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOs i+d.....	75

3.4	ASPECTOS CLAVES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D.....	78
3.4.1	GESTION DEL RIESGO .....	78
3.4.2	GESTION DEL CONOCIMIENTO .....	81
3.4.3	GESTIÓN DEL LIDERAZGO.....	86
3.4.4	CULTURA EMPRESARIAL.....	88
4.	CAPITULO 4. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D .....	97
4.1	DESCRIPCIÓN DE FASES DEL CICLO DE VIDA .....	98
4.1.1	ETAPA DE INICIO.....	100
4.1.2	ETAPA DE PREPARACIÓN.....	108
4.1.3	ETAPA DE EJECUCIÓN.....	111
4.1.4	ETAPA DE CIERRE.....	116
4.1.5	CONTROL.....	125
5.	CAPITULO 5. CONCLUSIONES .....	131
6.	CAPÍTULO 6. TRABAJOS FUTUROS.....	135
7.	CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA.....	137

## 0. GLOSARIO

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
I+D	Investigación y Desarrollo
TFM	Trabajo Fin de Master
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
XP	Extreme Programming
FDD	Feature Driven Development
DSDM	Dynamic Systems Development Method
RAE	Real Academia Española
RRHH	Recursos Humanos
OTRIs	Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación
IPR	Intellectual Property Rights
INCOSE	INTERNATIONAL COUNCIL ON SYSTEMS ENGINEERING

### Figuras

- Figura 1. Requisitos de proyectos I+D conforme a la UNE 16001 [2]
- Figura 2. Fases del Ciclo de Vida de los Proyectos Tradicionales
- Figura 3. Impacto de la incertidumbre y costo en función del tiempo (Proyecto “Tradicional”)
- Figura 4. Relación entre los procesos de un Proyecto
- Figura 5. Interacción entre los proceso de un Proyecto
- Figura 6. Relación de las áreas de conocimiento con los proceso según PMBOK (2008)
- Figura 7- Idoneidad Metodología Predictiva vs Metodología Ágil
- Figura 8 . Consideraciones de Incertidumbre y Riesgo
- Figura 9 Herramientas para prever las incertidumbres
- Figura 10 Factores relacionados con la Incertidumrbe que constituyen los riesgos
- Figura 11. Factores Bloqueadores y Facilitadores en la gestión de las incertidumbres
- Figura 12. Seguimiento Top-Down
- Figura 13. Seguimiento Bottom-Up
- Figura 14. Fases del ciclo de vida de un Proyecto I+D según la propuesta metodológica
- Figura 15. Relación entre fases y etapas
- Figura 16 . Fases del Inicio de Proyecto
- Figura 17. Relación entre la entidad y el grado de incertidumbre del proyecto
- Figura 18. Decisión Crítica



## **1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCION**

### *1.1 ANTECEDENTES*

La mayor parte de mi experiencia laboral se ha centrado en la Gestión de Proyectos de I+D. Estos tipos de proyectos se caracterizan por tener un alto grado de incertidumbre, lo que dificulta el poder anticipar los resultados que se podrán obtener, y consecuentemente su alcance y gestión del mismo.

En este Trabajo Fin de Master (en adelante TFM) se ha realizado un Estudio del Estado del Arte para conocer los puntos de vista de los expertos a la hora de afrontar este tipo de proyectos. Se analizarán también diferentes metodologías de gestión de proyectos “tradicionales” para ver la idoneidad y el valor añadido que pueden aportar si se aplican éstas en la gestión de Proyectos de I+D.

En conclusión, el presente TFM busca realizar un profundo Estado del Arte relacionado con las metodologías, técnicas y sistemas que son usados actualmente con el objeto de realizar posteriormente una propuesta metodológica con base el PMBOK que permita facilitar la Gestión de Proyectos de I+D con alto nivel de incertidumbre.

### *1.2 CONTEXTO*

La actual globalización ha hecho que la investigación y la innovación tecnológica adquieran a día de hoy un valor estratégico para el mantenimiento y crecimiento de cualquier tipo de entidad. Actualmente la competencia es cada vez mayor, por lo que es necesario que las empresas innoven con la finalidad de mantener una competitividad en un mercado cada vez más saturado de opciones para los consumidores. Es en este contexto donde la I+D adquiere un papel fundamental, pues permite a la

organización aportar un valor añadido a los productos/procesos y obtener una ventaja competitiva con respecto al resto.

En paralelo, el nuevo contexto tecnológico y la actual coyuntura económica-social también han obligado a las organizaciones a adaptarse a los nuevos escenarios propiciando un incremento de inversión en las actividades de Investigación y Desarrollo. Así, al analizar el crecimiento de los países industrializados a lo largo de éstas últimas décadas se viene observando que la proporción en el aumento de la competitividad ya no se explica por el aumento de capital y de mano de obra, sino que entran en juego otros factores que tienen que ver con el estado de la ciencia, la tecnología y la innovación. De esta manera las empresas asumen cada vez más que su rentabilidad futura depende en gran parte de la I+D que realicen y la forma en la que la gestionen.

En conclusión, a día de hoy la competitividad de la empresa está basada en que su estrategia empresarial se apoye en la gestión del conocimiento y la capacidad de innovar. Sin embargo, muchas organizaciones mantienen todavía una estructura demasiado rígida o una mentalidad demasiado tradicional o cerrada que nos le permite modificar su estrategia, la gestión de sus proyectos o la gestión de su conocimiento. Por ello, a pesar de que las organizaciones están cada día más y más concienciadas de la importancia de llevar a cabo una estrategia de I+D, muchas descuidan su procesos de gestión de proyectos en este tipo de actividades, no teniendo en cuenta factores que se detallarán más adelante que afectan de manera directa a los resultados que se obtengan.

### 1.3 OBJETIVOS

En el presente TFM se estudian diferentes metodologías y herramientas con el objeto de presentar una propuesta metodológica basada en el PMBOK que facilite la gestión de los Proyectos I+D. Para realizar esta propuesta y facilitar la implantación de una gestión de proyectos adecuada a las características de los proyectos de I+D será fundamental identificar cuáles son los principales bloqueadores y facilitadores que se encuentran.

La propuesta metodológica deberá contemplar el tratamiento de los riesgos e incertidumbres implícitos en los proyectos de I+D, las desviaciones en costo, plazo y alcance y gestionar el conocimiento de manera adecuada, teniendo siempre en cuenta el marco estratégico de la organización.

De manera estructura, los objetivos principales del presente TFM son:

- Analizar el Estado del Arte de las metodologías de gestión de proyectos más implantadas en las empresas estudiando su idoneidad para gestionar proyectos de I+D
- Proponer una Metodología para los Proyectos de I+D con alta incertidumbre basada en el PMBOK que permita facilitar su gestión.

Estos objetivos principales pueden desglosarse en los siguientes objetivos específicos:

- Búsqueda bibliográfica y Estado del Arte de las herramientas, técnicas y metodologías más importantes y conocidas para la gestión de los riesgos, incertidumbres y conocimiento
- Analizar e identificar los principales bloqueadores y facilitadores en la gestión de proyectos de I+D.
- Análisis de la idoneidad de las herramientas, técnicas y metodologías estudiadas anteriormente en la gestión de Proyectos de I+D.

- Propuesta metodológica para la gestión de los Proyectos de I+D con alta incertidumbre basada en el PMBOK que contemple la gestión de la incertidumbre, los riesgos y el conocimiento.

#### *1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO*

La metodología seguida en la realización del presente TFM es la siguiente:

- Identificación y acotación del problema de investigación
- Revisión bibliográfica y consulta a expertos. Uso de fuentes formales e informales. Revisión, estudio y análisis de la evolución en las diferentes metodologías en la Gestión de Proyectos.
- Exploración y reflexión sobre modelos alternativos existentes para la implantación de un Sistema de Gestión de Proyectos de I+D en la organización.
- Elaboración de una propuesta metodológica basada en el PMBOK que permita la aplicación práctica de la Gestión de Proyectos I+D con alto grado de incertidumbre.

#### *1.5 FASES Y ESTRUCTURA DEL PROYECTO*

El presente TFM se divide en siete Capítulos. El Capítulo 1, define la idea y objetivos principales, la metodología y la estructura del trabajo. El Capítulo 2 describe el Estado Inicial y que se entiende por Proyecto de I+D. El Capítulo 3 realiza un exhaustiva Revisión del Estado del Arte. Como resultado del conocimiento adquirido se realiza una propuesta metodológica basada en el PMBOK en el Capítulo 4. Finalmente el Capítulo 5 expone las conclusiones generales extraídas, el Capítulo 6 los Trabajos Futuros y el Capítulo 7 muestra la Bibliografía utilizada.

## 2. CAPÍTULO 2. ANALISIS DEL ESTADO INICIAL.

Este capítulo analiza la situación de partida explicando qué se entiende por Proyectos de I+D, cual es el motivo de su importancia y analizando cuáles son las dificultades más habituales a la hora de gestionar este tipo de Proyectos con alto grado de incertidumbre. Se finalizará extrayendo conclusiones muy útiles para empezar a trabajar en busca de una metodología basada en el PMBOK que facilite la gestión de los Proyectos I+D.

### 2.1 ¿QUÉ SE ENTIENDE POR PROYECTO I+D?

La Norma UNE 166000: 2006 [56] define investigación como la indagación original y planificada que persigue descubrir nuevos conocimientos y una comprensión superior en el ámbito científico y tecnológico.

Estas ideas buscan resolver un problema existente o atender una demanda real o potencial y pueden surgir, entre otros, por los siguientes motivos:

- Propuestas de mejora sustancial de productos y/o procesos a iniciativa de algún área técnica, de producción, o del área comercial.
- Conformación de un proyecto de envergadura a partir de proyectos más pequeños.
- Demandas, expectativas o propuestas de colaboración de algún cliente o colaborador.
- Exigencias del mercado y/o la competencia.
- Nuevos conocimientos generados por la investigación científica.

Una vez generadas estas ideas que originan los Proyectos de I+D, las entidades analizarán según sus propios criterios cuáles son de interés para realizar su posterior desarrollo en función de su viabilidad técnica, económica, e interese comerciales y/o estratégicos particulares de la entidad. Dicho de otra manera, la I+D consistirá en transformar

conocimientos en realidades. Esta podrá ser llevada a cabo por cualquier entidad, siendo las más comunes las empresas o centros de investigación o tecnológicos, tanto públicos como privados, cuyo interés es dar solución a problemas existentes, o dar una respuesta a necesidades reales o potenciales planteadas por alguno de los *stakeholders* (se entiende por *stakeholders* a los involucrados de una manera u otra en un Proyecto) a través de la ejecución de estos proyectos.

La característica principal que diferencia los Proyectos de I+D del resto es que en los primeros los resultados finales pueden diferir sustancialmente de los objetivos iniciales y no por eso dejan de ser valiosos. De esta forma, visto desde el prisma de la I+D conseguir algo nuevo, distinto del objetivo previsto inicialmente, o simplemente no lograrlo puede ser un resultado apropiado.

Por ello, el éxito de los Proyectos de I+D no se mide en la consecución de los objetivos iniciales, sino que radica y se mide en el beneficio que los individuos, organizaciones o colectivos puedan obtener de la utilización de los resultados. Así, en cualquier proyecto estándar, el hecho de no lograr alcanzar los objetivos planteados al inicio del proyecto supondría un fracaso. Sin embargo, esto es “habitual” en los proyectos de I+D, y hay que tener claro que no por no obtener el objetivo inicial, el proyecto tiene por qué dejar de ser muy útil y ser considerado exitoso.

Por último se debe comentar que los Proyectos de I+D en ocasiones están apoyados por las Administraciones. En estos casos es de obligado cumplimiento que los proyectos se realicen dentro de unas orientaciones marcadas de antemano por las instituciones en cuestión.

## 2.2 IMPORTANCIA DE LA I+D

La investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación consisten en la generación de nuevos conocimientos y la realización de desarrollos tecnológicos e innovaciones capaces de hacer más competitivas a las empresas. Por ello, la I+D posee un valor estratégico económico y es fundamental para el desarrollo de las empresas y economías.

La globalización también ha motivado el incremento de inversión en Investigación y Desarrollo. Así, la dinámica empresarial ha tenido que adaptarse a los actuales escenarios y adoptar la estrategia del conocimiento, sabiendo reconocer las oportunidades de desarrollo en nuevos mercados, y las regulaciones y normas que obligan a cambiar las estrategias de forma continua.

Además, las transformaciones sociales generadoras de progreso se basan en la innovación y en la sociedad del conocimiento, ya que éstas son las que más posibilidades tienen de avanzar y progresar dentro del contexto globalizado actual. De esta manera, cada vez más, las empresas asumen que su rentabilidad futura depende de sus gastos actuales en I+D, conocimiento, protección de resultados y capacidad de innovar.

La organización debe tener una estrategia de gestión del conocimiento, lo cual implica detectar e incorporar al mercado productos innovadores. Por ello, sus actividades de I+D deben estar relacionadas con la estrategia competitiva y con su capacidad de liderazgo para competir con mejores productos o servicios.

Las actividades de I+D se componen de una actividad de Investigación que permite adquirir nuevos conocimientos que serán aplicados de forma práctica posteriormente en la actividad de Desarrollo. Si bien una empresa

podrá realizar ella misma la I+D o acceder a los resultados, conocimientos y técnicas de otras organizaciones colaborando con instituciones externas y/o comprando derechos de utilización de resultados o conocimientos protegidos intelectualmente.

En conclusión, se observa que para incrementar la competitividad la I+D es fundamental, de forma que las entidades que no innovan dejan de ser competitivas en pocos años. Este TFM presenta una propuesta metodológica basado en el PMBOK que permita facilitar la gestión de los Proyectos I+D en aquellas entidades que llevan a cabo ellas mismas estas actividades.

### *2.3 DIFICULTADES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D*

Durante toda mi carrera profesional he podido detectar que las dificultades más habituales que se encuentran los gestores de Proyectos de I+D son:

- *Falta de implicación por parte de la Dirección.*
- *Falta de comunicación entre los stakeholders del proyecto*
- *Mala gestión del conocimiento.*
- *Inadecuada gestión de la documentación*
- *Mala definición de las fases del proyecto.*
- *Poco apoyo en organismos especializados en I+D*
- *Incapacidad de actuar y tomar decisiones de forma rápida ante imprevistos.*
- *Desconocimiento de cómo gestionar la incertidumbre*
- *Poca costumbre de trabajar de acuerdo a bases marcadas por la Administración.*

El presente TFM pretende profundizar en estos problemas con el objeto de recomendar buenas prácticas que permitan facilitar la gestión de los Proyectos de I+D.

## 2.4 CONCLUSIONES

De lo anterior se extrae que la I+D es un factor estratégico para la sociedad moderna y que cuanto más adecuada sea la metodología, más probabilidad de éxito tendrán los proyectos, lo que permitirá optimizar los resultados y que la Sociedad obtenga el máximo beneficio posible.

Entendida la importancia de la I+D y su gestión, se está en disposición de realizar un profundo estudio de las técnicas, herramientas y metodologías que actualmente se utilizan en las organizaciones para analizar la idoneidad de su aplicación en la gestión de Proyectos de I+D, los cuales requieren de una óptima gestión del conocimiento, riesgo e incertidumbre.

Para ello será precisa la definición de herramientas y un planteamiento metodológico que posibiliten llevar un control de los resultados que se vayan obteniendo con objeto de poder facilitar la gestión de la incertidumbre del proyecto y el conocimiento adquirido.

En el siguiente capítulo se realiza una revisión del Estado del Arte para ampliar el conocimiento sobre técnicas, herramientas y metodologías que permitan facilitar la gestión de los Proyectos de I+D mediante su aplicación.



### **3. CAPITULO 3. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.**

A lo largo de este capítulo se realiza un breve repaso de los aspectos básicos de la Dirección de Proyectos y las principales metodologías más extendidas, analizando en cada una de ellas su idoneidad de aplicación en el caso concreto de la Gestión de Proyectos de I+D con alto grado de incertidumbre.

Las herramientas, técnicas y metodologías que se describen a continuación han sido seleccionadas bien por ser las más utilizadas y aceptadas en las organizaciones o por contar con un alto potencial a la hora de aportar valor en la gestión de Proyectos de I+D.

Tras la descripción de cada herramienta, técnica o metodología se analiza su idoneidad para ser aplicada en la Gestión de Proyectos de I+D, lo que será muy útil para la propuesta metodológica.

#### ***3.1 ASPECTOS BÁSICOS DE LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS. RESUMEN DEL PMBOK***

Según el PMBOK un proyecto es un esfuerzo que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, y tiene la característica de ser naturalmente temporal con un inicio y un final establecidos, alcanzando este último cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se da por finalizado porque se da por hecho que sus objetivos no se cumplirán.

Se entiende que la razón de un proyecto es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen el presupuesto, las especificaciones establecidas previamente y el lapso de tiempo determinado. La combinación de estas tres variables, costo, alcance y tiempo definen la calidad del proyecto. Como se observa en la siguiente figura (Figura 1. Requisitos de proyectos I+D conforme a la UNE 16001), estas variables están interrelacionadas

lo que implica que la modificación de alguna de ellas afecta directamente a las otras dos.



Figura 1. Requisitos de proyectos I+D conforme a la UNE 16001 [2]

Sin embargo, como ya se ha mencionado, una característica diferencial de los proyectos de I+D es que en éstos, a diferencia de los proyectos tradicionales, los resultados pueden diferenciarse sustancialmente de los objetivos iniciales, y no por ello dejan de ser valiosos, ya que conseguir algo nuevo distinto del objetivo previsto o no conseguir el objetivo puede ser un resultado apropiado para la I+D, según la UNE 166001 [57]. Además, en la mayoría de los proyectos de I+D la mayor o menor importancia de los resultados, y consecuentemente la medida del éxito del proyecto, radica en los beneficios que su utilización, a corto, medio o largo plazo, pueda suponer para un individuo, organización o colectivo.

En conclusión, los proyectos de I+D se caracterizan por contar con un alto grado de incertidumbre estructural que dificulta en gran medida la planificación del proyecto y la definición de los resultados que se obtendrán, ya que la planificación bajo un entorno de incertidumbre provoca que en muchos casos solo sea posible programar en detalle la primera fase del

proyecto, y en función de los resultados obtenidos hacer lo propio con la siguiente de manera secuencial. Por ello, el reto en este tipo de proyectos consistirá disminuir los riesgos asociados a la incertidumbre inherente en los Proyectos de I+D.

### 3.1.1 FASES DE UN PROYECTO Y CICLO DE VIDA

Los proyectos envuelven por lo general un cierto grado de incertidumbre, es por ello que con el fin de llevar un mejor control del mismo éstos son divididos en fases (PMBOK, edición 2012 [68]), concretamente fase inicial, fases intermedias y fase final. Dichas fases están también definidas en el tiempo y para cada una de ellas se concretan los trabajos técnicos que han de realizarse y los recursos necesarios para llevarlos a cabo.

En la Figura 2. Fases del Ciclo de Vida de los Proyectos Tradicionales se observa el orden de las fases que definen el ciclo de vida de un proyecto con el nivel de costo y personal que varía a lo largo del tiempo en cada una de ellas. La estructura genérica del ciclo de vida de los proyectos “tradicionales” presenta normalmente las siguientes características: Los niveles de costo y dotación de personal son bajos al inicio del proyecto, alcanzan su punto máximo según se desarrolla el trabajo y caen rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre. Este ciclo se representa en la Figura 2.

En cuanto a la influencia de los *stakeholders*, de la misma manera que los riesgos y la incertidumbre, son normalmente mayores al inicio del proyecto y van disminuyendo durante la vida del proyecto. Sin embargo esto no tiene por qué ser así en los proyectos de I+D, en los cuales la incertidumbre no siempre disminuye conforme se van ejecutando las diferentes fases sino que puede mantenerse o incluso aumentar conforme el proyecto se va ejecutando.

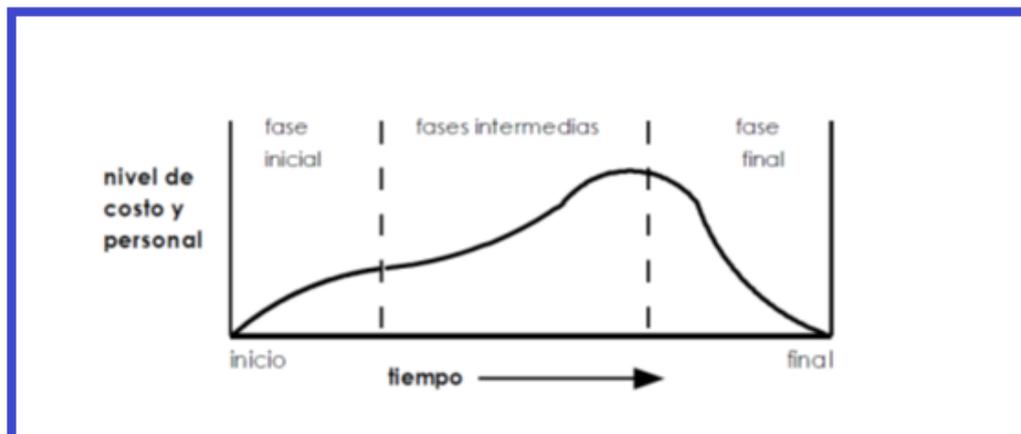


Figura 2. Fases del Ciclo de Vida de los Proyectos Tradicionales

Por otro lado, en los proyectos “tradicionales” o con bajo grado de incertidumbre, la capacidad de influir en las características finales del producto/proceso a desarrollar sin penalizar las variables de costo o plazo va disminuyendo conforme el proyecto avanza. En otras palabras, como se muestra en la Figura 3. Impacto de la incertidumbre y costo en función del tiempo (Proyecto “Tradicional”), conforme el proyecto avanza el costo de modificar el alcance del proyecto aumenta. Pero de nuevo esto difiere en los proyectos de I+D, en los cuales la modificación de las características finales del producto se da como un hecho intrínseco del proyecto, cuyo coste de modificación no está directamente relacionado con el momento en el que se ejecuta, sino por el alcance de la modificación y los riesgos que esta modificación entraña.

La revisión de los entregables en cada una de las fases permitirá decidir si una fase ha finalizado y es posible comenzar la siguiente, además de estudiar la posibilidad de corregir errores y desviaciones y disminuir el grado de incertidumbre.

En este punto se debe insistir de nuevo que en el caso de los proyectos de I+D los resultados obtenidos normalmente no son tal y como se definieron

en un principio y no por ello dejan de ser válidos, a pesar de que puedan modificar el alcance final del proyecto. Si bien por ello no hay que descuidar la planificación y la gestión del proyecto, sino que habrá que prestar atención a las desviaciones que se vayan produciendo para minimizar la incertidumbre que ponga en riesgo la ejecución del proyecto. Así, es interesante contar con un documento formal en el que se refleje detalladamente tanto los trabajos planificados como los realizados y resultados obtenidos, mediante el cual sea posible reflexionar sobre cada actividad con el objeto de poder anticiparse a las futuras dificultades y retos.

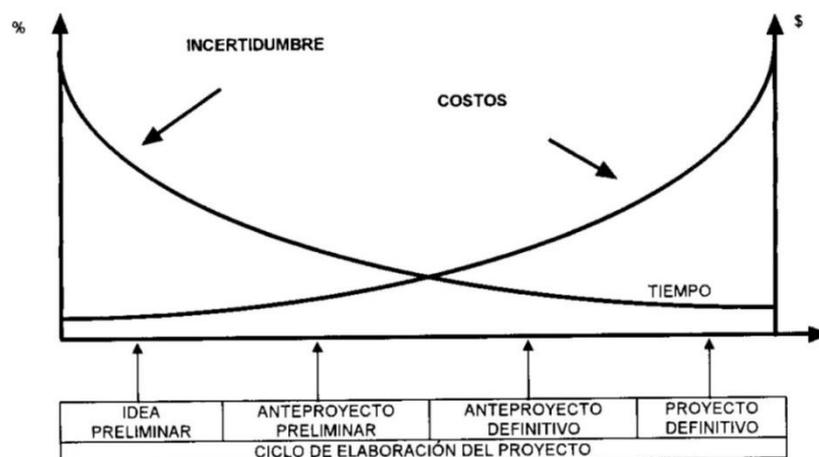


Figura 3. Impacto de la incertidumbre y costo en función del tiempo (Proyecto “Tradicional”)

### 3.1.2 PROCESOS DE UN PROYECTO

Se entiende como proceso a una serie de acciones desarrolladas por personas que dan resultados (PMBOK, edición 2012 [68]). Los procesos comúnmente más utilizados en la gestión de proyectos son los marcados por el PMBOK:

- *Iniciación*: se reconoce que un proyecto o fase debe comenzar.
- *Planificación*: se mantiene un esquema trabajable para cumplir las necesidades del negocio sobre las cuales el proyecto debe tratar.

- *Ejecución*: se coordinan personas y otros recursos para llevar a cabo el plan.
- *Control*: se asegura que los objetivos del proyecto están siendo satisfechos mediante el monitoreo y medición progresiva y tomando acciones correctivas cuando sea necesario.
- *Cierre*: se formaliza la aceptación del proyecto o de la fase siendo llevada a cabo una finalización ordenada.

Los procesos, al igual que las fases, también están relacionados por los resultados que producen, siendo los outputs de ciertos procesos los inputs de otros tal y como se representa en la Figura 4. Relación entre los procesos de un Proyecto. Estos procesos ocurren en diferente intensidad a lo largo de todas las fases de un proyecto. La Figura 4. Relación entre los procesos de un Proyecto representa el nivel de interacción entre procesos con respecto al tiempo, informando de la atención que se debe prestar a los procesos en función de la fase en la que se esté, con objeto de poder reaccionar ante las desviaciones que se vayan produciendo.

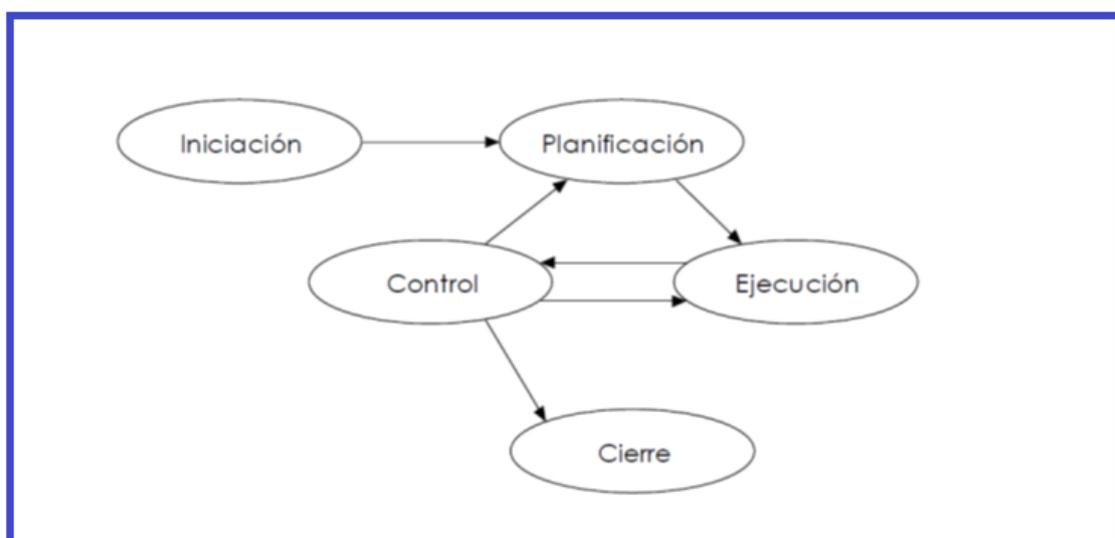


Figura 4. Relación entre los procesos de un Proyecto

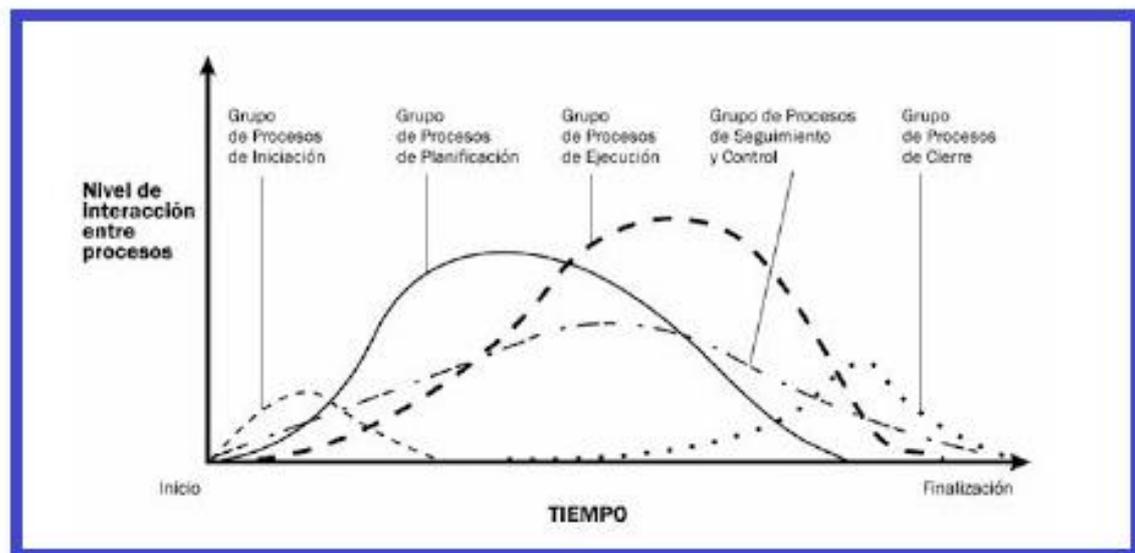


Figura 5. Interacción entre los procesos de un Proyecto

La incertidumbre de los Proyectos de I+D puede aparecer en cualquiera de los procesos anteriores, si bien es en los procesos de planificación y ejecución donde más influencia tendrá por ser estos procesos los que más peso tienen dentro de la vida del proyecto.

### 3.1.2.1 Grupo de procesos de iniciación

El grupo de procesos de iniciación se compone de procesos que facilitan la autorización formal para comenzar un nuevo proyecto o una fase del mismo.

Los procesos de iniciación se realizan fuera del ámbito de control del proyecto por la organización o por los procesos del programa o del portafolio, lo cual puede hacer borrosos los límites del proyecto en lo que se refiere a entradas iniciales del proyecto. Es en esta fase donde se documentan las necesidades o requerimientos del negocio. Se establecen descripciones claras de los objetivos del proyecto, incluidas las razones por las cuales un proyecto específico es la mejor solución alternativa para satisfacer los requisitos. La documentación de esta decisión contiene la descripción básica del alcance del proyecto, de los productos entregables, de

la duración del proyecto y un pronóstico de los recursos para el análisis de inversiones de la organización.

La relación entre el proyecto y el plan estratégico de la organización identifica las responsabilidades de dirección dentro de la organización. En los proyectos de múltiples fases, los procesos de iniciación se llevan a cabo durante fases posteriores para validar las asunciones realizadas y las decisiones tomadas durante los procesos originales. En esta fase se desarrollan el Acta de Constitución del Proyecto y el Enunciado del Alcance del proyecto preliminar.

Además, durante el proceso de iniciación se refinará la descripción del alcance inicial y los recursos que la organización está dispuesta a invertir, se elegirá al director del proyecto y se documentarán las restricciones y asunciones iniciales. Toda esta información debe estar documentada en el Acta, el cual una vez haya sido aprobado autoriza oficialmente el proyecto.

Muchos proyectos grandes o complejos pueden dividirse en fases. La revisión de los procesos de iniciación al comienzo de cada fase permite mantener el proyecto enfocado en los objetivos de negocio que pretende satisfacer el proyecto.

La participación de los clientes y otros intermediarios durante la iniciación mejora la probabilidad de titularidad compartida, aceptación de productos entregables y satisfacción del cliente y otros interesados.

El grupo de procesos de iniciación incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

- Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto.
- Desarrollar el Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar.

### *3.1.2.2 Grupo de Procesos de Planificación*

Este grupo se ocupa de planificar y gestionar con éxito el proyecto para la organización, además ayuda a recoger información de varias fuentes de diversos grados de completitud y confianza. Los procesos de planificación desarrollan el plan de gestión del proyecto. Estos procesos también identifican, definen y maduran el alcance del proyecto, el coste del proyecto y planifican las actividades del proyecto que se realizan dentro del proyecto. A medida que se obtenga nueva información del proyecto, se identificarán o resolverán nuevas dependencias, requisitos, riesgos, oportunidades, asunciones y restricciones. Se producen bucles de retroalimentación repetidos que se utilizan para nuevos análisis. Los cambios significativos durante el ciclo de vida del proyecto provocan la necesidad de retirar uno o más de los procesos de planificación y alguno de los procesos de iniciación.

Las actualizaciones que surjan como consecuencias de cambios aprobados durante la ejecución del proyecto pueden causar un impacto significativo en partes del plan de gestión del proyecto. Las actualizaciones del plan de gestión del proyecto proporcionan más precisión respecto al cronograma, costes y recursos a fin de satisfacer el alcance del proyecto definido.

Durante la planificación del proyecto el equipo del proyecto debe involucrar a todos los interesados que corresponda, ya que éstos pueden contribuir porque tienen habilidades y conocimientos que pueden ser aprovechados.

Como el proceso de retroalimentación y refinamiento no puede continuar de forma indefinida, los procedimientos establecidos por la organización identifican cuando concluye el esfuerzo de planificación. Estos procedimientos se verán afectados por la naturaleza del proyecto, los límites

del proyecto establecidos, las actividades de seguimiento y control, así como por el entorno en el cual se lleva a cabo el proyecto.

El grupo de procesos de planificación incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

- Desarrollar el plan de gestión del proyecto
- Planificar el alcance
- Definición del alcance
- Crear EDT (Sub división en componente más pequeños)
- Definición de las actividades
- Establecimiento de la secuencia de las actividades
- Estimación de recursos de las actividades
- Estimación de la duración de las actividades
- Desarrollo del cronograma
- Estimación de costes
- Preparación del presupuesto de costes
- Planificación de calidad
- Planificación de los recursos humanos
- Planificación de las comunicaciones
- Planificación de la gestión de riesgos
- Identificación de riesgos
- Análisis cualitativo de riesgos
- Análisis cuantitativo de riesgos
- Planificación de la respuestas a los riesgos
- Planificar las compras y adquisiciones
- Planificar la contratación

### *3.1.2.3 Grupo de Proceso de Ejecución*

Este grupo se compone de los procesos utilizados para completar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto a fin de cumplir con los requisitos del proyecto. Debe determinar cuáles son los procesos necesarios para el proyecto específico del equipo, implica coordinar personas y recursos, así como integrar y realizar las actividades del proyecto de acuerdo con el plan de gestión del proyecto, aborda el alcance definido en el enunciado del alcance del proyecto e implementa los cambios aprobados.

Las variaciones que se producen durante la ejecución harán necesarias ciertas re-planificaciones que pueden influir en las duraciones de las actividades, la productividad, disponibilidad de los recursos, riesgos no anticipados, etc. Tales variaciones pueden o no afectar al plan de gestión del proyecto, pero es posible que requieran un análisis.

El grupo de procesos de ejecución incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

- Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto
- Realizar aseguramiento de calidad
- Adquirir el equipamiento del proyecto
- Desarrollar el equipo del proyecto
- Distribución de la información
- Solicitar respuestas de vendedores
- Selección de Vendedores

### *3.1.2.4 Grupo de Procesos de Seguimiento y Control*

Este grupo se compone de aquellos procesos realizados para observar la ejecución del proyecto de forma que se puedan identificar los posibles

problemas oportunamente y adoptar las acciones correctivas cuando sea necesario para controlar la ejecución del proyecto.

El beneficio clave de este grupo de procesos es que se observa el rendimiento del proyecto y se mide regularmente para identificar las variaciones que se han producido además de controlar los cambios y recomendar acciones preventivas frente a potenciales problemas futuros. Este seguimiento continuo proporciona al equipo del proyecto una idea acerca de la salud del proyecto y resalta cualquier área que necesite atención especial, supervisando el esfuerzo realizado y proporcionando retroalimentación entre las fases del proyecto a fin de implementar acciones correctivas o preventivas.

El grupo de procesos de seguimiento y control incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

- Supervisar y controlar el trabajo del proyecto
- Control integrado de cambios
- Verificación del alcance
- Control del alcance
- Control del cronograma
- Control de costes
- Realizar controles de calidad
- Gestionar e equipo del proyecto
- Informar el rendimiento
- Gestionar a los interesados
- Seguimiento y control de riesgos
- Administración del contrato

### 3.1.2.5 Grupo de Proceso de Cierre

Este grupo incluye los procesos utilizados para finalizar formalmente todas las actividades de un proyecto o de una fase de proyecto, entregar el producto terminado a terceros o cerrar un proyecto cancelado. Verifica además que los procesos definidos se completen dentro de todos los grupos de procesos para cerrar el proyecto o una fase del mismo.

El grupo de procesos de cierre incluye los siguientes procesos de dirección de proyectos:

- Cerrar Proyecto
- Cierre del Contrato.

### 3.1.3 AREAS DE CONOCIMIENTO EN EL PMBOK

Las diez áreas del conocimiento mencionadas en el PMBOK (2012) son:

- *Gestión de la Integración del Proyecto:*

Procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de la dirección de proyectos dentro de los grupos de procesos de dirección de proyectos.

- *Gestión del Alcance del Proyecto:*

Incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo (y únicamente todo) el trabajo requerido para completarlo con éxito.

- *Gestión del Tiempo del Proyecto:*

Procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo.

- *Gestión de los Costos del Proyecto:*

Incluye los procesos involucrados en estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.

- *Gestión de la Calidad del Proyecto:*

Incluye los procesos y actividades de la organización ejecutante que determinan responsabilidades, objetivos y políticas de calidad a fin de que el proyecto satisfaga las necesidades por la cuales fue emprendido.

- *Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto:*

Incluye los procesos que organizan, gestionan y conducen el equipo del proyecto.

- *Gestión de las Comunicaciones del Proyecto:*

Incluye los procesos requeridos para garantizar que la generación, la recopilación, la distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuados, oportunos y entregada a quien corresponda (Interesados del proyecto o stakeholders).

- *Gestión de los Riesgos del Proyecto:*

Incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto.

- *Gestión de las Adquisiciones del Proyecto:*

Incluye los procesos de compra o adquisición de los productos, servicios o resultados que es necesario obtener fuera del equipo del proyecto.

- *Gestión de los Involucrados del Proyecto (incluida en el PMBOK 2012):*

Incluye los procesos involucrados en identificar a los interesados del proyecto o stakeholders, así como la planificación, gestión y control de sus expectativas sobre el proyecto.

Áreas de Conocimiento	Grupo de Procesos de Gestión de Proyectos				
	Iniciación	Planificación	Ejecución	Seguimiento y Control	Cierre
Gestión de la Integración	-Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	-Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto	-Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto	-Dar seguimiento y controlar el trabajo -Realizar control integrado de cambios	-Cerrar proyecto o fase
Gestión del Alcance		-Recopilar requisitos -Definir el alcance -Crear EDT		-Verificar el alcance -Controlar el alcance	
Gestión del Tiempo		-Definir actividades -Secuenciar actividades -Estimar los Recursos de las actividades -Estimar la duración de las actividades -Desarrollar cronograma		-Controlar el cronograma	
Gestión de los Costos		-Estimar los costos -Determinar el presupuesto		-Controlar costos	
Gestión de la Calidad		-Planificar la calidad	-Realizar aseguramiento de la calidad	-Realizar control de calidad	
Gestión de los Recursos Humanos		-Desarrollar Plan de Recursos Humanos	-Adquirir el equipo del proyecto -Desarrollar el equipo del proyecto -Dirigir el equipo del proyecto		
Gestión de las Comunicaciones	-Identificar interesados	-Planificar las comunicaciones	-Distribuir la información -Gestionar las expectativas de los interesados	-Informar el desempeño	
Gestión de los Riesgos		-Planificar Gestión de Riesgos -Identificar Riesgos -Realizar Análisis Cualitativo de Riesgos -Realizar Análisis Cuantitativo de Riesgos -Planificar la respuesta a los riesgos		-Dar seguimiento y controlar los riesgos	
Gestión de las Adquisiciones		-Planificar las adquisiciones	-Efectuar adquisiciones	-Administrar adquisiciones	-Cerrar las adquisiciones

Figura 6. Relación de las áreas de conocimiento con los procesos según PMBOK (2008)

## 3.2 ANÁLISIS DE LA IDONEIDAD DE METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D

### 3.2.1 METODOLOGÍAS PREDICTIVAS

La gestión de proyectos desarrollada en las últimas décadas del siglo pasado se basa en la planificación del trabajo y en el posterior seguimiento y control de la ejecución. La planificación se realiza sobre un análisis detallado del trabajo que se quiere realizar y su descomposición en tareas.

Sobre esa información se desarrolla un plan adecuado a los recursos y tiempos disponibles y durante la construcción se sigue de cerca la ejecución para detectar posibles desviaciones y tomar medidas para corregirlas.

Se trata por tanto de una gestión “predictiva”, que predice a través de un plan inicial las características del desarrollo: tiempos, recursos, costes y secuencia de operaciones, siendo sus premisas las siguientes:

- Todos los proyectos mantienen características y comportamientos regulares
- El objetivo de la ejecución de un proyecto es lograr el producto previsto en el tiempo planificado sin desbordar los costes estimados.

Su principal objetivo es conseguir que el desarrollo se lleve a cabo según lo “previsto” y basa el éxito del proyecto en plazos, costes y calidad.

Estas premisas han dado como resultados las siguientes dos características en la gestión de proyectos predictiva:

- *Universalidad*: Los proyectos pese a su diversidad comparten patrones comunes de ejecución. Las prácticas de gestión se basan en estos patrones comunes y resultan válidas para cualquier tipo de proyecto.
- *Carácter predictivo*: La gestión clásica define con detalle cuál es el “producto previsto” y elabora un plan de desarrollo, a partir del cual calcula costes y fechas. Durante la ejecución realiza actividades de seguimiento y vigilancia para evitar desviaciones sobre lo planificado.

En conclusión, la gestión de proyectos predictiva es una disciplina formal de gestión, basada en la planificación, ejecución y seguimiento a través de procesos sistemáticos y repetibles que:

- Establece como criterios de éxito: obtener el producto definido, en el tiempo previsto y con el coste estimado.
- Asume que el proyecto se desarrolla en un entorno estable y predecible.

- El objetivo de su esfuerzo es mantener el cronograma, el presupuesto y los recursos.
- Divide el desarrollo en fases a las que considera “ciclo de vida”, con una secuencia de tipo: Concepto, requisitos, diseño, planificación, desarrollo, cierre.

A continuación se describen las dos metodologías predictivas más extendidas y utilizadas en la gestión de proyectos, PMBOK y PRINCE2, y la norma ISO 21500 para posteriormente analizar su idoneidad para el caso concreto de la gestión de proyectos de I+D.

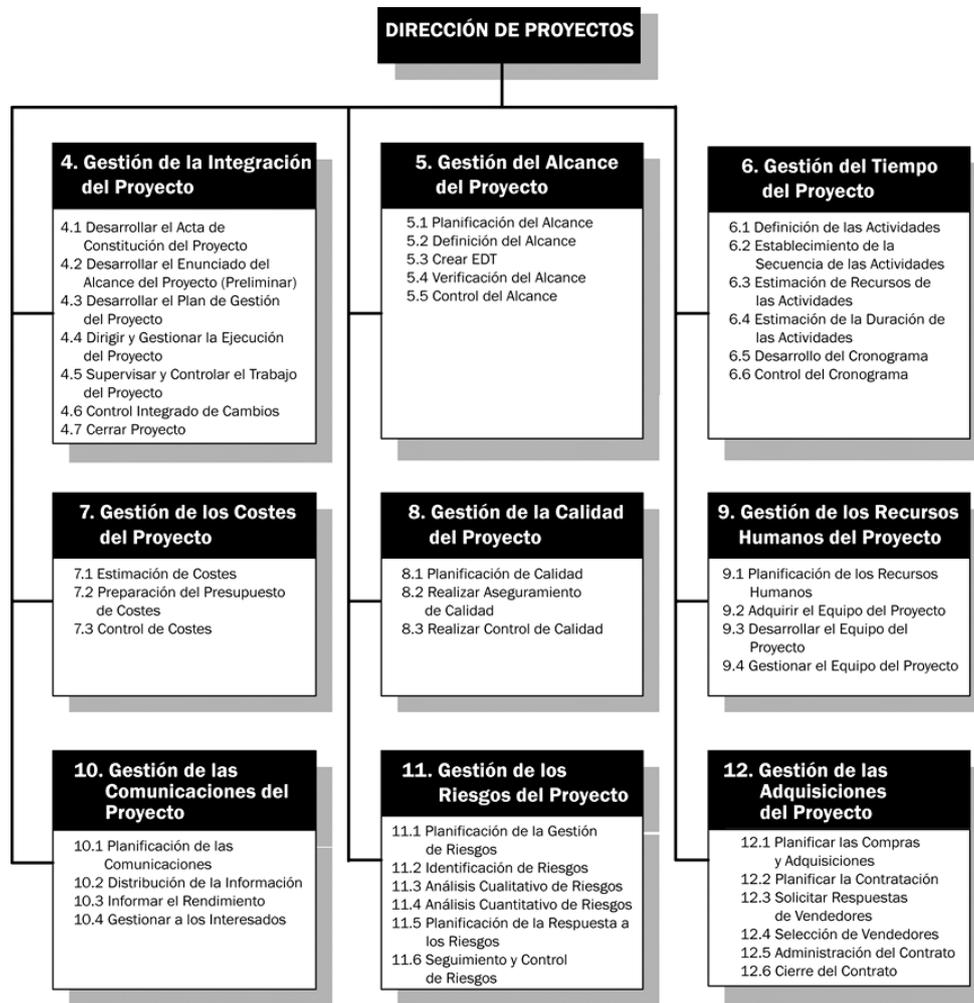
### 3.2.1.1 PMBOK

El *Project Management Body of Knowledge* (en adelante PMBOK) es una colección de procesos y áreas de conocimiento generalmente aceptadas como las mejores prácticas dentro de la gestión de proyectos. El PMBOK es un estándar reconocido internacionalmente (IEEE Std 1490-2003) que provee los fundamentos de la gestión de proyectos que son aplicables a un amplio rango de proyectos: construcción, software, ingeniería, etc.

El PMBOK (2008) reconoce 5 grupos de procesos básicos y 9 áreas de conocimiento comunes a casi todos los proyectos. El PMBOK (2012) incluye un área de conocimiento más.

Los procesos se solapan e interactúan a través de un proyecto o fase y son descritos en términos de:

- Entradas (documentos, planes, diseños, etc.)
- Herramientas y Técnicas (mecanismos aplicados a las entradas)
- Salidas (documentos, productos, etc.).



Analizando esta metodología de gestión de proyectos desde el punto de vista de la gestión de proyectos de I+D se pueden obtener las siguientes fortalezas y debilidades.

**Fortalezas:**

- Actualmente es la metodología más utilizada, lo que facilita su implementación cuando es necesaria la participación de diferentes perfiles dentro o fuera de una organización por ser la metodología más “conocida” y extendida al proporcionar un lenguaje común para los participantes de un proyecto.

- La definición de las herramientas, técnicas y reportes que son necesarios en cada proceso facilita la gestión en los proyectos de I+D.
- Establece un cuerpo de conocimiento que podrá ser modificado conforme las necesidades de la empresa para así constituir las mejores prácticas para el área de aplicación en concreto, en el presente caso, la gestión de los proyectos de I+D.

### Debilidades:

Esta metodología presenta algunas deficiencias para su uso en la gestión de proyectos de I+D, siendo la más destacable el hecho de que las herramientas y buenas prácticas que ofrece no resultan ser muy ágiles y flexibles para su aplicación en la gestión de proyectos de I+D, y que dentro de las áreas de conocimiento no se incluye la gestión del conocimiento como tal.

#### 3.2.1.2 PRINCE 2

PRINCE2 se basa en los mismos principios que PMBOK ampliando algunos conceptos que éste presenta, proporcionando técnicas complementarias que reducen el riesgo e incrementan la calidad en los proyectos de forma más efectiva, prestando más atención a la gestión del cambio. Para ello se apoya en los siguientes elementos.

- *Business Case*: Componente dentro de la documentación de la Fase inicial del proyecto, la cual define el rumbo del proyecto y es considerada parte clave dentro de esta metodología.
- *Gestión del riesgo*: PRINCE2 monitoriza los riesgos identificados con el fin de observar si hay cambios en su estado. Para ello:
  - Verifica que la ejecución de las acciones planificadas están obteniendo los resultados deseados.
  - Busca cualquier signo temprano de alarma que indique que se está desarrollando un nuevo riesgo.

- Modela las tendencias para permitir predecir riesgos u oportunidades potenciales.
- Verifica que la gestión de riesgos en general se está aplicando efectivamente.
- *Gestión del cambio*: Si un proyecto, no importa lo bien planificado que esté, no tiene un buen control sobre los cambios tendrá muchas probabilidades de fracasar. Esta ausencia de control puede destruir cualquier posibilidad de que el proyecto se mantenga en tiempo y el presupuesto establecidos. Por todo ello PRINCE2 verifica el impacto de cambios potenciales sobre el Business Case, siendo un apoyo fundamental para la toma de decisiones. Estos cambios pueden ser debidos por propia petición, fallo en el seguimiento o por contar con un potencial de mejora.

En resumen, las ventajas e inconvenientes concretas de esta metodología para la gestión de proyectos de I+D son las siguientes.

*Fortalezas:*

- Esta metodología también está reconocida, pero es menos conocida y está menos implantada que la PMBOK.
- Proporciona control en el uso de recursos y en el manejo de riesgos
- Permite realizar una mejor gestión del cambio mediante un control de los comienzos, centro y finales de los proyectos, revisiones regulares de los progresos obtenidos, puntos de decisión flexible, control directivo automático ante cualquier desviación del plan, participación y buenos canales de comunicación de la gerencia y de los *stakeholders*.
- Define roles y responsabilidades en cada nivel, reuniones y burocracia reducidas, separación de las actividades de gerencia de las actividades técnicas y mejor aprecio de los riesgos del proyecto.

### Debilidades:

Comparando esta metodología con la anterior, se encuentran algunas debilidades para su aplicación en la gestión de Proyectos de I+D, ya que ésta deja fuera de su alcance aspectos tan importantes como:

- *Gestión de personas: motivación, liderazgo y delegación.*

Este aspectos son claves en un desarrollo óptimo de proyectos de I+D, en los cuales las personas con su conocimiento son la base que permite que los proyectos se ejecuten de forma correcta pudiendo así obtener resultados satisfactorios.

- *Aspectos financieros y presupuestarios.*

La metodología PRINCE2 no presta tanta atención a cuestiones financieras o presupuestarias como lo hace la PMBOK. Esto, en aquellos casos en los que la financiación para los proyectos sea limitada, como por ejemplo proyectos de I+D que se hagan de forma interna dentro de una organización, es un aspecto crítico. En otros casos, como aquellos proyectos que están apoyados por organizaciones externas o dispongan de financiación pública, este aspecto no resultará tan importante.

En conclusión esta herramienta tiene excelentes características que la harían adecuada para la gestión de proyectos de I+D, si bien en ocasiones puede resultar demasiado compleja y exige por parte de los gestores de proyectos mucho tiempo para su uso y aprendizaje, lo que dificulta su aplicación, ya que la gestión de proyectos de I+D se caracteriza por consumir gran cantidad de recursos de personal.

#### *3.2.1.3 ISO 21500*

Si bien no es una metodología de gestión de proyectos, la normativa ISO 21500, publicada en Marzo de 2013, merece una especial mención.

Esta norma recoge los aspectos más destacables y comunes de otras normas relacionadas que se tomaron como documentos de partida para la elaboración de esta norma como PMBOK, ICB (International Competence Baseline), PRINCE 2, e ISO 10006 Quality Management Systems.

A diferencia del PMBOK que se dirige tanto a los directores de proyectos como a todos los miembros que conforman los equipos, la ISO 21500 se dirige exclusivamente a los altos directivos y patrocinadores.

Esta normativa proporciona orientación para la dirección y gestión de proyectos. Puede usarse por cualquier tipo de organización independientemente de su sector y tamaño y puede usarse para cualquier tipo de proyecto, con independencia de su complejidad, tamaño o duración.

Entre sus ventajas se pueden citar que esta norma engloba los diferentes estándares y modelos de referencia existentes en la actualidad definiendo un lenguaje universal en gestión de proyectos. Además establece los conceptos y los procesos que se consideran buenas prácticas en dirección y gestión de proyectos.

En cuanto al caso que nos ocupa, los proyectos de I+D, las metodología PMBOK y PRINCE2 son más completas que esta norma en relación a los campos relacionados con el control de cambio y la gestión de los riesgos, pues esta norma no establece técnicas y herramientas que las otras sí, por lo que la ISO 21500 será una buena opción para complementar las anteriores.

#### *3.2.1.4 IDONEIDAD METODOLOGÍA PREDICTIVA EN GESTIÓN DE PROYECTOS I+D. CONCLUSIONES*

Como se ha comentado anteriormente la gestión de proyectos predictiva está basada en la planificación, ejecución y seguimiento a través de procesos sistemáticos, repetibles y escalables, asumiendo que el proyecto se

desarrolla en un entorno estático y predecible. Esto supone que la gestión de proyectos predictiva, a pesar de ser considerada válida para cualquier proyecto, pueda no resultar adecuada en entornos no predecibles.

Por ello, en relación a los proyectos de I+D se deberá tener en cuenta que:

- Conseguir el mayor valor innovador del producto no es uno de sus objetivos, y por tanto no aplica prácticas diferentes según el grado innovador en el que se trabaja y que se desea conseguir.
- Considera como premisa que los requisitos deben permanecer estables durante la ejecución, hecho que es improbable en los proyectos de I+D. Y si esta premisa no sucede, la metodología predictiva presupone erróneamente que se debe a deficiencias en el proceso de la fase de requisitos; y no al hecho de que puedan existir posibles evoluciones rápidas o inestabilidades propias de los entornos tecnológicos o de negocio donde se desarrollan este tipo de proyectos.
- El objetivo de este tipo de metodología es la eficiencia, el cumplimiento del plan, y no el valor del producto. Esto puede hacer que mirándolo desde este punto de vista, los proyectos de I+D sean considerados como caros, ya que no siempre es posible conseguir los resultados que se definieron al principio del proyecto a pesar de que los resultados pueden ser considerados como válidos o adecuados por el valor y beneficio que reporta a las partes interesadas.

### 3.2.2 METODOLOGÍAS ÁGILES

El origen y la razón de ser de las metodologías ágiles se remontan al 1.968, momento en que se le puso nombre a los continuos retrasos, sobrecostes y deficiencias de calidad o utilidad que se producían en el desarrollo de software.

La realidad era que la gestión de proyectos predictiva no funcionaba como debiera en entornos inestables, con gran competencia y cuando los requisitos iniciales cambiaban. Entonces, en 1986, *Takeuchi & Nonaka* publicaron un artículo llamado “*The New New Product Development Game*” [80] donde daban ejemplos de empresas punteras que estaban obteniendo buenos resultados en ese tipo de entornos y bajo esas circunstancias aplicando metodologías que contravenían la hasta entonces forma de gestionar proyectos. Se empezó a vislumbrar el nacimiento de las metodologías ágiles, las cuales surgieron como antítesis de los modelos de desarrollo basados en procesos y como respuesta a un nuevo entorno cambiante, muy competitivo, donde los lanzamientos de productos y las mejoras eran cada vez más continuos y se producían en menores intervalos de tiempo, siendo la innovación el factor que otorgaba valor a los productos.

Puesto que la metodología ágil presupone que actúa en un entorno dinámico y cambiante y que lo importante es el valor final que se le da al producto, es importante que las personas puedan intervenir durante la ejecución para hacer frente a imprevistos, replanificando si fuera necesario. Así, resulta más valiosa la capacidad de respuesta que el cumplimiento de los planes preestablecidos, siendo los principales valores la anticipación y adaptación.

A continuación se describen brevemente las metodologías ágiles más extendidas, SCRUM, XP, DSDM y FDD, haciendo más hincapié en las metodologías SCRUM y XP, por ser las más aceptadas por las organizaciones y las que más potencial tienen a la hora de ser utilizadas para la gestión de proyectos de I+D fuera del entorno del software.

### 3.2.2.1 SCRUM

Esta metodología, creada por *Ken Schwaber* en 1995, se basa en el principio ágil de desarrollo iterativo e incremental y tiene como principales objetivos la obtención de conocimiento, el establecimiento de compromisos razonables y sobre todo conocer la velocidad del equipo de trabajo. Si bien esta metodología es utilizada en su gran mayoría para el desarrollo de software, las características que la definen encajan muy bien con las necesidades propias de los proyectos de I+D, motivo por el cual se ha considerado conveniente estudiar la conveniencia de su utilización.

El proceso de la metodología SCRUM comienza con la elaboración del llamado *Product Backlog*. Se trata de un archivo genérico que recoge el conjunto de tareas, los requerimientos y las funcionalidades requeridas por el proyecto. Cualquier miembro del equipo puede modificar este documento pero el único con autoridad para agregar prioridades es el responsable del documento.

La segunda etapa pasa por la definición del *Sprint Backlog*, documento que recoge las tareas a realizar y quién las desempeña. Es interesante asignar las horas de trabajo que va a suponer realizar cada una de ellas y asignarlas un coste. Si su volumen es muy grande es conveniente crear metas intermedias para poder llevar un mejor control. El *Sprint* es el periodo en el que se realizan todas las acciones pactadas en el *Sprint Backlog* y supone entregas parciales para ir testeando el producto final. Entre los distintos *Sprints* no deben dejarse tiempos sin productividad. Esta segunda etapa deberá repetirse hasta que todos los elementos del *Blacklog* hayan sido entregados.

Es importante que todas las acciones que se realicen tengan un control. Éste es el cometido del *Burn Down*, en el cual se marca el estado y la evolución del mismo indicando las tareas y requerimientos pendientes de ser tratados.

Este modelo está basado en la auto-disciplina y la auto-gestión, lo que repercute positivamente en la responsabilidad, y también fomenta la comunicación entre los distintos miembros del equipo. Gracias a SCRUM los *Stakeholders* tienen un mayor control y transparencia sobre el proyecto, permitiendo una mejor organización, y además con las metas intermedias se minimizan riesgos.

En definitiva, la adopción de esta metodología de gestión permite reducir el tiempo de desarrollo de productos, y aporta más capacidad de adaptación y flexibilidad frente a un entorno y unos requisitos cambiantes aumentando el valor que se aporta a los clientes y a las partes interesadas, lo cual casa en cierta medida con las características de los Proyectos de I+D.

*Fortalezas:*

Las principales fortalezas son que permite priorizar los requerimientos de tal forma que en todo momento es posible conocer cuáles son los realmente importantes y permite la posibilidad de cambio en éstos, lo que encaja muy bien con la realidad de los Proyectos de I+D, en los que los resultados intermedios pueden hacer variar el rumbo del proyecto. Además, fomenta el trabajo en equipo y la comunicación, lo cual es clave en los equipos multidisciplinares que se forman para la ejecución de proyectos de I+D.

Por otro lado, gracias a SCRUM el cliente y/o las partes interesadas pueden hacer seguimiento más cercano durante la ejecución sin tener que esperar a un resultado final para conocer cuáles son los logros que se van alcanzando,

lo cual es muy útil en los proyectos de I+D pues los *stakeholders* pueden beneficiarse de los resultados parciales que se vayan consiguiendo.

A partir de la metodología SCRUM se han desarrollado otras como la FDD o la DSCM que están diseñadas específicamente para los proyectos de desarrollo de software, motivo por el cual se mencionan pero no se profundiza en ellas pues quedan alejadas de los propósitos del presente trabajo centrado en los Proyectos de I+D.

### 3.2.2.2 *EXTREME PROGRAMMING, XP*

La programación extrema o eXtreme Programming (de ahora en adelante, XP) es una metodología de desarrollo de la ingeniería de software formulada por Kent Beck, autor del primer libro sobre la materia, *Extreme Programming Explained: Embrace Change* (1999) [11].

Esta metodología es la más destacada dentro de los procesos ágiles de desarrollo de software. XP se diferencia de las metodologías tradicionales principalmente en que pone más énfasis en la adaptabilidad que en la previsibilidad. Los defensores de la XP consideran que los cambios de requisitos sobre la marcha son un aspecto natural, inevitable e incluso deseable del desarrollo de proyectos, hecho que hace que se adecúa a las características intrínsecas que poseen los proyectos de I+D

Esta metodología permite la adaptación de requisitos en cualquier punto de la vida del proyecto, lo cual es una aproximación mejor y más realista que intentar definir todos los requisitos al inicio del proyecto e invertir esfuerzos después en controlar los cambios en éstos, más aún si tal como pasa en los Proyectos de I+D no es posible prever si los objetivos iniciales son realmente alcanzables. Las características fundamentales de esta metodología son:

- Desarrollo iterativo e incremental: pequeñas mejoras, unas tras otras.
- Pruebas unitarias continuas
- Trabajo realizado en parejas para poder revisar y discutir
- Integración del cliente, usuario o beneficiario en el equipo de trabajo
- Corrección de todos los errores y fallos antes de añadir nuevas funcionalidades o requerimientos
- Simplicidad. La programación extrema apuesta que es más sencillo hacer algo simple y tener un poco de trabajo extra para cambiarlo si se requiere, que realizar algo complicado y quizás nunca utilizarlo.

La simplicidad y la comunicación son complementarias. Con más comunicación resulta más fácil identificar qué se debe hacer y cuanto más simple sean los desarrollos, menos tendrá que comunicarse sobre éstos.

Muchas de las características anteriormente descritas pueden adoptarse para la gestión de Proyectos de I+D y ser aplicadas de manera dinámica durante el ciclo de vida del proyecto.

### *3.2.2.3 FEATURE DRIVEN DEVELOPMENT, FDD*

FDD es un enfoque ágil para el desarrollo de sistemas que fue desarrollada por *Jeff De Luca* y *Peter Coad* a mediados de los años 90.

Como las metodologías ágiles anteriores, FDD se enfoca en iteraciones cortas que permitan entregas tangibles del producto en un periodo corto de tiempo. Dicho enfoque no hace énfasis en la obtención de los requerimientos sino en cómo se realizan las fases de diseño y construcción.

FDD hace énfasis en aspectos de calidad durante todo el proceso e incluye un monitoreo permanente del avance del proyecto. Ayuda a contrarrestar

situaciones como el exceso en el presupuesto, fallas en el programa o el hecho de entregar menos de lo deseado.

En relación a la idoneidad para la gestión de Proyectos I+D, las fortalezas y debilidades que FDD presenta son:

Fortalezas:

- Rápida respuesta a cambios de requisitos a lo largo del desarrollo.
- Trabajo conjunto entre el cliente y el equipo de trabajo.
- Minimiza los costos frente a cambios.
- Mejora continua de los procesos y el equipo de desarrollo.
- Evita malentendidos de requerimientos entre el cliente y el equipo.

Debilidades:

- Problemas derivados de la comunicación oral, pues conforme pasa el tiempo está sujeta a muchas ambigüedades
- Falta de documentación, lo que hace que haya una fuerte dependencia de las personas y una difícil transferencia de conocimiento, aspecto clave en la I+D.
- Solo se centra en los requisitos del cliente, por lo que puedes perder oportunidades en los Proyectos de I+D al desechar resultados diferentes pero que podrían ser válidos.

#### 3.2.2.4 DYNAMIC SYSTEMS DEVELOPMENT METHOD, DSDM

El método de Desarrollo De Sistemas Dinámicos, en inglés *Dynamic Systems Development Method* o DSDM, es un método ágil para el desarrollo de software apoyado por su continua implicación del usuario en un desarrollo iterativo y creciente que sea sensible a los requerimientos cambiantes, para desarrollar un sistema que reúna las necesidades de la empresa en tiempo y presupuesto.

DSDM fue desarrollado en el Reino Unido en los años 90 por un consorcio de proveedores y de expertos en la materia del desarrollo de sistemas de información.

Esta metodología se centra en los proyectos de sistemas de información que son caracterizados por presupuestos y agendas apretadas. DSDM trata los problemas que ocurren con frecuencia en el desarrollo de los sistemas de información en lo que respecta a pasar sobre tiempo y presupuesto y otras razones comunes para la falta en el proyecto tal como falta de implicación del usuario y de la comisión superior de la gerencia.

Esta metodología no es muy idónea para aplicar en los Proyectos de I+D puesto que en éstos las variables de tiempo y presupuesto quedan relegadas a un segundo plano, supeditadas a los logros obtenidos, en vez de al revés.

### *3.2.2.5 IDONEIDAD MET. ÁGILES EN GESTIÓN DE PROYECTOS I+D*

Aunque tanto el equipo de trabajo como los procesos y la tecnología son fundamentales para ejecutar Proyectos de I+D, la participación de personas con las aptitudes y actitudes necesarias es imprescindible para desarrollar este tipo de proyectos de manera adecuada. Los métodos ágiles suelen decantarse por la incorporación de perfiles senior que cuentan con gran conocimiento y experiencia y normalmente se utilizan cuando se considera que los individuos tienen más valor que los procesos o la tecnología. Por estas razones se puede considerar que la metodología ágil es muy adecuada para la gestión de proyectos de I+D.

Por otro lado en las metodologías ágiles se valora más la comunicación con el cliente que la relación contractual. Los proyectos de I+D presentan la peculiaridad de que en la gran mayoría de los casos no hay un contrato por medio en el que se describan los objetivos o resultados a obtener, ya que

debido a la incertidumbre y riesgo tecnológico que presentan es muy difícil ofrecer garantías en cuanto a los resultados finales que se quieren obtener. Este hecho casa con la metodología ágil, ya que los Proyectos de I+D tienden a enriquecerse de forma continua por el propio feedback que reciben por parte de todos los *stakeholders* implicados en el proyecto. Además, en los Proyectos de I+D es extremadamente complicado seguir a rajatabla un plan establecido inicialmente debido a los riesgos e incertidumbres que estos proyectos presentan. Esta manera de proceder encaja con la metodología ágil, en la cual la respuesta durante el proyecto tiene más valor que el seguimiento de un plan establecido anteriormente.

Por el contrario, las metodologías ágiles no apuestan por realizar una documentación exhaustiva, pues considera que el hecho de registrar información histórica no aporta valor al resultado final. Esto no es adecuado para la gestión de los Proyectos de I+D, puesto que la gestión del conocimiento es fundamental para el buen desarrollo de éstos, lo que implica llevar un procedimiento meticuloso en cuanto a la gestión documental en el que se registren las dificultades encontradas, soluciones aportadas, resultados obtenidos, etc. con el fin de seguir avanzando hacia la consecución de resultados

Por último se debe tener en cuenta el contexto tecnológico y de mercado actual. Actualmente existe mucha incertidumbre tanto en las tecnologías como en los requisitos del cliente, muy especialmente en sectores tecnológicos. Por ello poco a poco las metodologías ágiles han ido mostrando su gran utilidad en proyectos con alta incertidumbre, y poco a poco se han ido extendiendo a la gestión de productos y servicios innovadores en las que no es posible contar con una visión clara de cuál puede ser el resultado final.

Por todo ello la gestión de la innovación es un sector en el que las metodologías ágiles tienen potencial para aportar. Destacar que la innovación es el proceso siguiente a la I+D, en la cual los resultados obtenidos de los proyectos de I+D se introducen en el mercado.

Cuanto mayor sea la dificultad tecnológica del proyecto, mayor la incertidumbre de la tecnología aplicable, y más tarde se cierren los requerimientos del producto o proceso, más idónea será la aplicación de una metodología ágil en la gestión del proyecto.

### 3.2.3 CONCLUSIONES

#### 3.2.3.1 *CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES*

Ni las metodologías tradicionales ni las metodologías ágiles valen para cualquier proyecto y equivocarse a la hora de elegir la forma de gestionarlo puede resultar fatal para los resultados de éste. Por ello es muy importante estudiar las características que tiene el proyecto antes de decidir qué metodología de gestión es la más adecuada en cada caso.

En este punto se debe destacar que muchas características que diferencian unos proyectos de otros no afectan a la hora de decidir el modelo de gestión; pero otras características permiten adoptar estrategias de gestión muy diferentes en cada caso. Algunas de estas características diferenciales son:

- Componente innovador que se espera del resultado,
- Grado de estabilidad de los requisitos durante el desarrollo,
- Coste del prototipo
- Maleabilidad del producto para modificar su funcionalidad una vez desarrollado,
- Componente innovador que se espera del resultado y
- Grado de estabilidad de los requisitos durante el desarrollo.

### 3.2.3.2 METODOLOGÍAS PREDICTIVIAS vs AGILES

Hoy en día todas las empresas ya sean PYMES o grandes multinacionales buscan constantemente implementar metodologías menos costosas que les permitan completar grandes proyectos y crear más valor, y para ello es necesario, pero no suficiente, seleccionar la metodología que más se adecúe a las características propias del proyecto y la organización.

Actualmente, según el estudio de la ESI cada vez más las empresas adoptarán una metodología ágil con el fin de acelerar la comercialización del producto/proceso desarrollado y así obtener un beneficio lo más rápido posible. Sin embargo, la elección de este tipo de metodologías como el de cualquier otra, tiene que estar ligada a la realidad de la organización y ser acorde a una serie de expectativas realistas que tendrán que ser llevadas a cabo por personal cualificado que posea una formación adecuada. Sin embargo, muchos estudios demuestran que a pesar de que las metodologías ágiles permiten reducir costos, acelerar el tiempo de lanzamiento al mercado y mejorar la calidad del producto/proceso, muchas organizaciones todavía no consiguen alcanzar el éxito en un proyecto utilizando una metodología ágil ya que los profesionales asignados a los proyectos ágiles no son entrenados adecuadamente en estos métodos y sus organizaciones no están culturalmente preparadas para aceptar sus principios. Por el contrario los métodos tradicionales son más conocidos y están más aceptados e introducidos en las organizaciones a pesar de que para algunos casos este tipo de metodología no sea la más adecuada.

La siguiente Figura 7- Idoneidad Metodología Predictiva vs Metodología muestra algunas de las características del proyecto y la organización que habrá que tener en cuenta a la hora de analizar la idoneidad de la metodología ágil y predictiva para gestionar el proyecto.

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	METODOLOGÍA PREDICTIVA	METODOLOGÍA ÁGIL
INCERTIDUMBRE DEL PROYECTO	BAJO	ALTO
TECNOLOGÍA UTILIZADA	TECNOLOGÍA MADURA	RIESGO TECNOLÓGICO
COMPLEJIDAD	INDIFENTE, PERO CONOCIDA	DESCONOCIDA
PLAZOS DEL PROYECTO	CERRADOS Y EXIGENTES	SEGÚN VALOR AÑADIDO
CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIÓN	METODOLOGÍA PREDICTIVA	METODOLOGÍA ÁGIL
VALOR DE LAS PERSONAS	JUNIOR	SENIOR
NIVEL PROF. DE LOS EMPLEADOS.	HORIZONTAL, FLEXIBLE	VERTICAL, RÍGIDA
CULTURA ORGANIZATIVA	PROCESOS	PERSONAS

Figura 7- Idoneidad Metodología Predictiva vs Metodología Ágil

A continuación se analizan éstos para el caso de los Proyectos de I+D.

### 3.2.3.2.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON EL PROYECTO

- *Grado de incertidumbre del proyecto*

Como ya se ha comentado, cuanto más innovador sea el producto a desarrollar, menos fiables serán los estudios de mercado y sus requerimientos. Será clave analizar el grado de incertidumbre en función de los objetivos del proyecto y del grado de conocimiento del mercado y se deberá ser realista a la hora de definir los requerimientos y beneficios que podemos esperar de los resultados del proyecto.

- *La tecnología utilizada*

En los proyectos de I+D es crítico conocer tanto del área de estudio como de la tecnología a utilizar en el proyecto. Sin embargo, es inevitable que en los proyectos de investigación de productos/procesos novedosos siempre exista incertidumbre y un riesgo tecnológico. Cuanto mayor sea la dificultad y la incertidumbre tecnológica del proyecto mayor será el esfuerzo necesario para lograr los requerimientos de diseño del producto, y mayor deberá ser el conocimiento técnico de los gestores del proyecto.

- *Complejidad*

Cuanto mayor sea la complejidad del producto o entidad que ejecuta el proyecto que lo desarrolla, mayor será la organización encargada de éste, mayor interacción y comunicación deberá preverse y mayor será la formalidad necesaria para que nada se pierda o malinterprete. Merecen una atención especial aquellos proyectos que afectan a todo el negocio, integrando diferentes departamentos funcionales (diseño, ventas, operaciones, distribución,...) o a equipos en los que intervienen personas de diferentes países, en los que se deberá tener muy en cuenta la diferencia cultural, de normativa y legalidad de cada país.

- *Plazos del proyecto*

En entornos muy competitivos, el resultado de los proyectos llevados por empresas debe salir cuanto antes al mercado. Sin embargo, en los Proyectos de I+D, a pesar de que los plazos deban estar controlados para no ralentizar el progreso del proyecto, éstos quedan relegados a un segundo plano, siendo la calidad, los resultados y el conocimiento obtenido la prioridad de estos proyectos. De cualquier modo, cuanto menor sea el plazo exigido para entregar el producto/servicio, más cuidada deberá ser la planificación del tiempo, mayor autonomía se deberá dar a los equipos y más recursos deberán preverse por parte de la dirección de la compañía.

#### 3.2.3.2.2 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ORGANIZACIÓN

- *Valor de las personas*

Cuando el trabajo depende del talento, como es el caso de los Proyectos de I+D, la diferencia de valor entre los mediocres y los mejores es muy grande. Por tanto, habrá que identificar si la organización cuenta con un modelo de desarrollo de las personas que fomente la motivación y luche contra ambientes laborales hostiles, factores que pueden incrementar significativamente el valor intelectual del trabajo.

- *Nivel profesional de los empleados*

En los proyectos en los que la ejecución controlada de un plan de trabajo es requerida, la capacidad de los procesos empleados es crítica y la capacidad y nivel profesional de los empleados queda en un segundo lugar. Por el contrario en los Proyectos de I+D son las personas y no los procesos los que garanticen el éxito en los resultados. Por ello el equipo deberá estar compuesto por personas con el máximo conocimiento y experiencia posible.

- *Cultura organizativa*

Para la ejecución sistemática y controlada de procesos no resulta especialmente relevante el tipo de cultura de la organización. Sin embargo, para el desarrollo de trabajo basado en el talento de las personas como es el caso de los Proyectos de I+D, la cultura organizativa es muy importante ya que ambientes laborales basados en el control, excesivamente normalizados y jerarquizados pueden resultar inhibidores de la creatividad y la innovación.

### *3.3 ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO*

Se ha realizado un extenso análisis bibliográfico (

CAPÍTULO 7. , pg 137) con el objeto de conocer cuáles son los aspectos más importantes a tener en cuenta en relación a la gestión de la incertidumbre según expertos en la materia, y poder sacar ideas principales y conclusiones que serán utilizadas en la posterior propuesta metodológica para la gestión de Proyectos I+D con alto grado de incertidumbre.

### 3.3.1 ¿QUÉ ENTENDEMOS POR INCERTIDUMBRE?

Tras realizar un extenso análisis bibliográfico, se ha podido observar que no existe una unanimidad en cuanto a su definición.

#### 3.3.1.1 *DEFINICIÓN DE INCERTIDUMBRE*

El PMBOK presenta un punto de vista tradicional acerca de la gestión de riesgo, definiendo el riesgo del proyecto como un “Evento o condición incierta que cuando ocurre puede tener un efecto positivo o negativo en al menos un objetivo del proyecto, ya sea plazo, coste, alcance o calidad”. De esta forma PMBOK describe el riesgo por medio de la incertidumbre (condición incierta), si bien no especifica a qué se refiere por ésta. Según la descripción del riesgo anterior, se puede llegar a la conclusión de que incertidumbre es lo mismo, y si no muy parecido, a lo que es riesgo, pero esto no es así, ya que la Incertidumbre estaría relacionada con la causa, mientras que el riesgo con la consecuencia.

Para distinguir entre incertidumbre y riesgo es necesario explicar la influencia de éstas en el rendimiento del proyecto. Desde una perspectiva de gestión, definir la incertidumbre es un elemento muy importante para gestionar el riesgo. Tradicionalmente la incertidumbre ha estado siempre relacionada con algo negativo, ya que muchos autores consideran que las incertidumbres pueden poner en riesgo el equilibrio de la organización, motivo por el cual los gestores deben eliminarla. Otros autores sin embargo

consideran que los gestores no tienen capacidad para eliminar las incertidumbres, por lo que a pesar de que éstas sean consideradas como negativas, lo que hacen es ignorarlas, error que puede desencadenar en grandes riesgos potenciales y en el fracaso del proyecto. Sin embargo, las organizaciones son siempre afectadas negativamente por las incertidumbres a las que están sometidas, ya que en muchas ocasiones es posible generar oportunidades derivadas de ellas. Por todo lo anterior, el experto en gestión de proyectos *Karl Weick* [90], [91], [92], considera que aquellas organizaciones proactivas hacia el entorno, que se enfrentan a las incertidumbres que les rodean deberían ser un referente en cuanto a la gestión de los proyectos, en vez de aquellas que reaccionan de forma reactiva eliminando, o simplemente ignorando, las incertidumbres.

El experto *Frank Knight* [41] cita que los riesgos son eventos sujetos a probabilidades conocidas o desconocidas, mientras que la incertidumbre se refiere a los eventos para los cuales no es posible especificar probabilidades numéricas. En otras palabras, la incertidumbre se refiere a todas las situaciones en las que una simple acción puede desencadenar diferentes reacciones en las cual no un control porque desconocemos el resultado.

Por otro lado *Keynes* [46] hace la distinción entre riesgo e incertidumbre, basándose en que la incertidumbre es una estado en el cual los actores individuales encuentran imposible atribuir las salidas. Si por el contrario las “reglas” son conocidas, se está en disposición de calcular las posibles salidas y por tanto los riesgos asociados a ellas. Consecuentemente, *Keynes* considera que el riesgo es menos amenazante para el éxito del proyecto que la incertidumbre, debido a la falta de conocimiento que tenemos de ella.

Según la *Real Academia Española (RAE)*, mientras que Incertidumbre lo define como “Falta de Certidumbre” siendo Certidumbre “Certeza:

conocimiento seguro y claro de algo, firme adhesión de la mente a algo conocible, sin temor de errar”, Riesgo es definido como “Contingencia o proximidad de un daño”. De estas definiciones se puede extraer que la RAE no relaciona la Incertidumbre como algo negativo sino simplemente como algo desconocido. Por el contrario, el Riesgo lo asocia a algo negativo a pesar de que éste solo tenga una probabilidad de causar algún efecto.

La Figura 8 . Consideraciones de Incertidumbre y Riesgo resume las diferencias entre Incertidumbre y Riesgo.

TIPO DE FACTORES	INCERTIDUMBRE	RIESGO
PMBOK	Ligada con la causa	Ligado a la consecuencia
PERSPECTIVA DE GESTION	Considera la incertidumbre muy importante para gestionar el riesgo	Para gestionarlo se debe tener muy en cuenta las incertidumbres
FRANK KNIGHT	Se refiere a los eventos para los cuales no es posible especificar probabilidades numéricas	Eventos sujetos a probabilidades, que pueden ser conocidas o desconocidas.
KEYNES	Estado en el cual los actores individuales encuentran imposible atribuir salidas	Se pueden calcular las posibles salidas asociadas a él. Se considera menos amenazante que la incertidumbre.
RAE	Falta de certidumbre, certeza. Certeza: Conocimiento seguro y claro de algo.	Contingencia o Proximidad de un daño

Figura 8 . Consideraciones de Incertidumbre y Riesgo

### 3.3.1.2 INCERTIDUMBRES DESCONOCIDAS, UNK UNKS

Los gestores de proyecto a menudo son conscientes de la existencia de un número limitado de riesgos, si bien espera que éstos sean conocidos por ser los mismos a los de otros proyectos. Estas incertidumbres se denominan comúnmente “*Known Unknowns*”, en adelante *Known Unks* [46], [70], lo que puede traducirse como Incertidumbres Conocidas. Para identificar estas

*Known Unks* es clave la experiencia del gestor de proyecto, tanto la que previa, como la que vaya adquiriendo a lo largo del proyecto.

Los Proyectos de I+D, debido a la novedad de la investigación o tecnología en la que trabajan, se caracterizan por no contar con conocimiento previo de los resultados que pueden obtenerse durante su ejecución. Por su novedad, las incertidumbres que se presentan ni siquiera pueden ser previstas por el equipo de trabajo y son las más comunes en este tipo de proyectos, hecho que permite dar una idea de la importancia en saber cómo gestionar éstas. A este tipo de incertidumbres se les denomina en la literatura como “*Unknown Unknowns*” (en adelante “*Unk Unks*”), pudiendo traducir este término como Incertidumbres Desconocidas.

Estas *Unk Unks* se caracterizan por no ser percibidas o tenidas en cuenta por los miembros de equipo, ya que éstos no tienen consciencia siquiera de que esas incertidumbres existen y están ahí. Esto explica la dificultad de que puedan ser identificadas de forma temprana, lo que permitiría evitar o disminuir potenciales riesgos que pongan en peligro el éxito del proyecto.

A continuación se definen las Incertidumbres Conocidas y Desconocidas:

- *Known Unknowns* (Incertidumbres Conocidas):  
Incertidumbres de las que el gestor de proyecto es consciente, y a las que se les puede aplicar técnicas convencionales de gestión de riesgos y oportunidades. En este grupo se encuentra la duración de las actividades, la calidad de los entregables, la disponibilidad de los recursos y los cambios provocados por los retrabajos, entre otros.  
En general estas incertidumbres conocidas podrían ser estimadas.
- *Unknown Unknowns* (Incertidumbres Desconocidas):  
Estas incertidumbres son las propias que se presentan en los proyectos de I+D y aquellas en las que centra este TFM por ser las

más difíciles de gestionar. Se caracterizan porque el gestor de proyectos no es siquiera consciente de que existen, son inesperadas y aparecen de forma repentina, suponiendo en su mayoría un riesgo.

### *3.3.1.3 FACTORES QUE CONSTITUYEN LA INCERTIDUMBRE*

*INCOSE (2007)* [29] describe un proyecto como un sistema en el que existe una combinación de elementos que interactúan de forma organizada para lograr uno o varios propósitos. El sistema que propone consiste en cinco subsistemas que interactúan entre ellos: producto, procesos, organización, herramientas y metas. En cuanto a los factores que Constituyen la incertidumbre, *INCOSE (2007)* considera que son: complejidad, complicación, falta de conocimiento y patologías de proyecto.

La relación entre la complejidad y la incertidumbre ha sido ampliamente estudiada por los expertos en la materia. Es bien sabido que un aumento en la complejidad del sistema hace más difícil reconocer las posibles salidas del proyecto. Así, gestionar un gran número de diferentes variantes, como actividades, personas, equipos, herramientas, recursos y requerimientos es más complicado conforme más variables hay, teniendo un mayor probabilidad de contar con Incertidumbres Desconocidas. Además, la complejidad interna de cada uno de los elementos anteriores también será un factor importante que afecte al éxito del proyecto.

## **3.3.1 COMO MANEJAR LAS INCERTIDUMBRES EN LOS PROYECTOS**

### *3.3.1.1 El papel de la identificación y evaluación*

Es obvio que cuanto más innovador es un proyecto, más probabilidad existe de que aparezcan incertidumbres que dificulten su gestión. Por ello es clave saber reconocerlas a tiempo, para lo cual es clave identificar los facilitadores y bloqueadores en cuanto a su gestión.

Con el propósito de identificar las *Unk Unks* de forma temprana *LOCH, C. H., A. D. MEYER y M. T. PICH (2006) [46]* apuestan por aprender a reconocer las señales tempranas y sugieren evaluar el Proyecto a través de un diagnóstico que permita manejar las incertidumbres de forma apropiada a lo largo de todo el proyecto. Este proceso de evaluación está compuesto por cuatro fases:

- Identificación de la estructura del problema del proyecto,
- División del problema en partes para facilitar el entendimiento de cada una de ellas.
- Evaluación del nivel de conocimiento de cada una de estos problemas identificando la Incertidumbre como Conocida o Desconocida.
- Gestionar cada uno de estos sub-problemas

Se da por hecho que el mundo está lleno de información que a menudo es ambigua, imprecisa e incompleta. No obstante, esta información puede ser muy útil una vez se aprende a interpretarla, darle sentido, y eliminar los numerosos bloqueadores que lo impiden.

*Loch [45], [46]*, considera que la Cultura organizacional o cultura de la concienciación adquiere un papel clave a la hora de facilitar la gestión de las incertidumbres. Esta cultura de Concienciación se basa en los siguientes principios, estando los tres primeros relacionados con la anticipación:

- Identificación de las señales tempranas,
- Simplificación del problema
- Punto de vista operacional,
- Flexibilidad, y
- Experiencia de los miembros del equipo de trabajo.

En cualquier gestión de proyecto es importante garantizar un equipo de trabajo con diferentes perfiles que aporten distintos puntos de vista que permitan aumentar la capacidad de identificar cuanto antes las señales que dan cuenta de las incertidumbres que existen en el proyecto.

Los expertos [31], [51] hacen una distinción en el modo de gestionar las incertidumbres en función de su nivel y tipo de complejidad del proyecto. En el caso de proyectos de baja complejidad pero con alta incertidumbre el método de gestión que se considera más apropiado consiste en un proceso de aprendizaje mediante improvisación y pruebas de ensayo error. Por el contrario, en aquellos proyectos en los que tanto la complejidad como el grado de incertidumbre sean muy altos, la improvisación resulta insuficiente para gestionar la incertidumbre, por lo que los expertos sugieren recabar la máxima información para contar con una batería de posibles soluciones de forma que tras ser analizadas éstas se opte por aquella que mejor se adecúe para evitar al potencial riesgo.

La Figura 9 Herramientas para prever las incertidumbres muestra las herramientas más conocidas y extendidas para prever e identificar las incertidumbres.

HERRAMIENTA	
HERRAMIENTAS DE CREATIVIDAD	BRAINSTORMING
	ESTUDIO DE VIABILIDAD
	ESTUDIO DE MERCADO
EVALUACION DE LA SITUACIÓN DEL MOMENTO	ANALISIS DE LOS <i>STAKEHOLDERS</i>
	ENTREVISTAS
	PROTOTIPOS
	CUESTIONARIOS
	REUNIONES DE PARA ANALISIS Y PLANIFICACION
	SIMULACION
REVISIÓN HISTÓRICA	REUNIONES PARA EVALUAR EL ESTADO DEL PROYECTO

APOYO	CONTRATO
	MATRIZ DE RESPONSABILIDAD
	PLAN DE COMUNICACION
	PLAN DE RIESGOS
	PRÁCTICAS

Figura 9 Herramientas para prever las incertidumbres

### 3.3.1.2 El papel de planificación

Estudios realizados por Crawford [9], [18], durante el periodo 1964-2003 revelan que la gestión de proyectos, aunque ha evolucionado, es todavía demasiado rígida, y se centra casi en exclusiva en el control del tiempo, presupuesto y alcance. Por ello la gestión de proyectos tradicional necesita ser reconsiderada como una herramienta para la planificación en el medio real, el cual está sometido a continuos cambios y lleno de incertidumbres que desembocan en potenciales riesgos para el éxito del proyecto..

A día de hoy las empresas son cada vez más grandes, lo que les obliga a llevar rígidos procedimientos para controlar su actividad. Esta rigidez incapacita a aquellas que no cuentan con un correcto Sistema para la Gestión de Conocimiento a acumular conocimiento y experiencia que les permita gestionar las incertidumbres de una manera adecuada.

La principal premisa en la que se basan los artículos científicos [21], [22], [25], [98] es que la planificación de las actividades del proyecto, si bien es necesaria, no es suficiente como para garantizar el éxito del proyecto. Esto se acentúa en los Proyectos de I+D, en los que es inevitable que al comienzo del proyecto haya áreas indefinidas, dificultando la gestión de las incertidumbres a identificar. Además, en los proyecto de I+D el entorno tecnológico está continuamente cambiando, lo que ofrece al proyecto una mayor fuente de amenazas e incertidumbres. Por ello actualmente la tendencia en los proyectos desarrollados en entornos cambiantes es

priorizar la flexibilidad, generación de conocimiento y funcionalidad, antes que un estricto plan a seguir.

### *3.3.1.3 El papel del entorno*

El entorno de las organizaciones que se dedican a la I+D se caracterizan por trabajar con nuevas tecnologías, mercados cambiantes, nuevas regulaciones y entornos que cambian constantemente. Estos entornos promueven las incertidumbres, las cuales en su gran mayoría no son familiares y conocidas por los propios participantes del proyecto.

### *3.3.1.4 GESTION DE LOS UNK UNKS*

Como estamos viendo, el gran reto al que se deben enfrentan los gestores de Proyectos de I+D es la gestión de las Incertidumbres Desconocidas, las cuales son consideradas como las más “peligrosas”.

Anteriormente ya hemos visto que las incertidumbres no tienen por qué tener forzosamente un efecto negativo en los objetivos del proyecto. Así los proyectos de I+D pueden crear oportunidades o producir descubrimientos a partir de incertidumbres que permitan desarrollar otras tecnologías o generar conocimiento que sean beneficiosos aunque supongan un cambio de rumbo con respecto al previsto inicialmente. Recordar que el éxito de los proyectos de I+D radica en el beneficio que estos proyectos dan al usuario final y a la Sociedad, independientemente de que éstos se alejen de los objetivos inicialmente planteados. No obstante, estas incertidumbres también pueden provocar efectos negativos y riesgos difíciles de gestionar que pongan en riesgo la ejecución del proyecto. Así, una gestión exitosa será aquella que sea capaz de gestionar los riesgos y las oportunidades que están presentes en el proyecto identificando, tratando, priorizando y monitorizando todos ellos de forma efectiva. [46],[90]

En relación a los *Unk Unks* en los que se centra este TFM, algunos expertos proponen la aplicación de estrategias con el objeto de disminuir el riesgo asociado a ellas, para lo cual se divide estos *Unk Unks* en dos categorías: *Unknowable Unk Unks* y *Knowable Unk Unks*. Los *Unknowable Unk Unks* son aquellas Incertidumbres Desconocidas que se entiende que no pueden ser anticipadas por el gestor del proyecto por mucho esfuerzo que éste haga. Por otro lado, Las *Knowable Unk Unks* serán aquellas Incertidumbres Desconocidas que el gestor del proyecto podría haber anticipado mediante el uso de alguna herramienta o búsqueda.

RV.Ramasesh y T.R. Browning [14], [69], proponen que en los casos en los que el gestor de proyecto sea consciente de que la probabilidad de que aparezcan Incertidumbres Desconocidas en el proyecto sea muy alta, como ocurre en los proyectos de I+D, el gestor de proyecto deberá proponer la utilización de estrategias e inversiones apropiadas con el objeto de estar cubierto a los posibles riesgos que estas incertidumbres entrañarían, convirtiendo así los *Unknowable Unk Unks* en *Knowable Unk Unks*.

### 3.3.1.5 ABSORBEDORES DE INCERTIDUMBRE

Un caso muy descriptivo es el estudiado por Clarkson en 2004 [17], que estudiando la incertidumbre existente en los proyectos de diseño, los cuales pueden asemejarse a unos casos particulares dentro de los Proyectos de I+D, observó la existencia de objetos absorbedores de incertidumbre. Estos elementos pueden explicarse mediante el ejemplo de los proyectos de diseño, en los que cuando se realiza una modificación existen elementos que absorben esta modificación sin propagarla a otros elementos. Por el contrario existen otra serie de elementos descritos como propagadores, que cuando son modificados exigen o promueven la modificación de otros elementos anejos. De la misma manera absorbedores y propagadores de

incertidumbre pueden ser encontrados en los sistemas del proyecto. La ausencia de propagadores de cambios y la presencia de absorbedores hará que sistemas complejos tengan menos tendencia a mostrar comportamientos desconocidos o Incertidumbres.

Un método propuesto para controlar la variabilidad del proyecto y sus consecuencias es proponer límites los cuales una vez superados den señales de aviso que permitan aplicar medidas correctivas en función del contexto específico del proyecto.

### 3.3.2 FACTORES FACILITADORES Y BLOQUEADORES EN LA GESTIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

#### *3.3.2.1 FACTORES QUE AUMENTAN LA INCERTIDUMBRE.*

Según *INCOSE (2007)* [29] un proyecto puede considerarse como un sistema en el que hay una combinación de elementos organizados que actúan entre ellos para lograr uno o más propósitos. El número de relaciones que existen entre los elementos del sistema y su intensidad afectará también a su complejidad. Proyectos con alta dependencia entre las personas que lo llevan a cabo, las tareas y las herramientas será más susceptible de contar con incertidumbres desconocidas que aquellos cuyos componentes actúan de manera relativamente independiente.

Los Proyectos de I+D están ligados a la variables del entorno, y en definitiva cuentan con relaciones externas que afectan a su complejidad. Cuando mayor es el número de variables, la criticidad y la complejidad interna de tales relaciones, mayor será la posibilidad que es ese entorno exterior afecte a los elementos amplificando la complejidad del sistema y su incertidumbre.

La complejidad subjetiva también es importante. Esta complejidad afectará al modo de gestionar el proyecto y está influenciada por factores tales como

la estructura del proyecto la organización, y la propia aptitud y experiencia del gestor entre otros. Cuanto mayor es la complejidad subjetiva de los elementos que componen el proyecto, mayor es la probabilidad de fallar en alguno de los resultados. La literatura sostiene que esta complejidad subjetiva se sustenta principalmente en seis elementos: Interacciones masivas entre los elementos, falta de observación, organización no intuitiva, falta de experiencia y sistemas muy grandes y puntos de vista divergentes. Con el objeto de disminuir las posibles causas de incertidumbre, los gestores de proyecto deben contar con especialistas en fiabilidad, sostenibilidad, uso, seguridad, soporte, coste, calidad, lección de proveedores, producción, marketing, etc. Cuando mayor sea su grado de conocimiento y puntos de vista, mayor será la complejidad subjetiva del proyecto, que no quiere decir que sea la complejidad real, sino la consciencia de que existen posibles incertidumbres en el proyecto. [72]

Factores ligados a la incertidumbre que constituyen los riesgos (FIG 10) son:

<b>COMPLEJIDAD DE LOS ELEMENTOS</b>	Número de elementos que actúan en el proyecto
	Variedad de los elementos que actúan en el proyecto
	Complejidad interna de los elementos
	Falta de robustez en los elementos del proyecto
<b>COMPLEJIDAD DE LAS RELACIONES</b>	Número de relaciones entre los elementos del proyecto
	Variedad de relaciones entre los elementos del proyecto
	Criticidad de las relaciones entre los elementos del proyecto
	Complejidad de las relaciones entre los elementos del proyecto
	Impacto externo de las relaciones
<b>COMPLICACIONES</b>	Falta de interacciones encapsuladas
	Falta de capacidad de observación
	Sistema de organización no intuitiva
	Falta de experiencia
	Tamaño muy grande de proyecto
	Puntos de vista divergentes

PROBLEMAS EN LOS MODOS DE ACTUAR	Mentalidad cerrada
	Actuación impulsiva
	No se es consciente de las señales débiles
	Obstinación
PROBLEMAS EN EL PROYECTO	Subsistemas incompatibles
	Experiencia fragmentada
	Expectativas de los <i>stakeholders</i> no bien definidas
	Cultura no eficiente en la gestión de proyectos

Figura 10 Factores relacionados con la Incertidumbre que constituyen los riesgos

Por último la volatilidad es considerada como un factor que incrementa la complejidad del sistema. La adaptación sería otra fuente más del dinamismo, ya que los cambios asociados a la adaptación producen cambios inevitables en el entorno y añaden al sistema dinamismo haciendo del proyecto un sistema cada vez más complejo.

### 3.3.2.2 Factores bloqueadores en la gestión de la incertidumbre

Los factores que dificultan la gestión de las incertidumbres producidas por situaciones o eventos imprevistos pueden agruparse en cinco grupos:

- *Bloqueadores externos de la organización.*  
 Proviene del entorno de trabajo, del cliente, del proveedor, del socio del proyecto o de la situación del mercado. A pesar de que todos estos bloqueadores son ajenos a la organización y por ello es posible que estén fuera de nuestro alcance, es conveniente estar informados de su situación para poder anticiparnos a potenciales problemas.
- *Bloqueadores internos de la organización.*  
 Se pueden encontrar intereses particulares de determinados departamentos o personas, falta de estructura organizativa, falta de dirección implicada y falta de estandarización que pueden suponer bloqueadores a la hora de gestionar las incertidumbres.

- *Bloqueadores propios del equipo de trabajo.*

El bloqueador más importante, y el que suele ser más común, es la propia inexperiencia o desconocimiento por parte de los miembros del equipo para dar respuesta ante un evento imprevisto.

- *Bloqueadores propios de la gestión del proyecto.*

La falta de comunicación, la falta de definición, una mala gestión de los recursos humanos y problemas relacionados con la planificación son los bloqueadores más habituales.

- *Bloqueadores personales.*

Por último, la rigidez de hábitos o formas de proceder, la limitación personal a la hora de buscar o compartir información y conocimiento, la anticipación y el optimismo exagerado entre otros, son actitudes personales que bloquean de forma peligrosa la identificación de las incertidumbres pudiendo poner en riesgo el éxito del proyecto.

### 3.3.2.3 Factores facilitadores en la gestión de la incertidumbre

En paralelo se pueden encontrar en estos mismos grupos facilitadores que permitirán mejorar la eficiencia en la gestión de las incertidumbres de los Proyecto de I+D.

- *Factores facilitadores externos de la organización.*

Los clientes y los proveedores, al mismo tiempo que pueden ser bloqueadores, pueden ser factores facilitadores para identificar incertidumbres, ya que en determinados escenarios, gracias a su experiencia y conocimiento pueden aportar ideas o soluciones diferentes a las de los miembros del equipo que se enfrentan a ese problema por primera vez. Muchos expertos consideran que para una correcta gestión de proyectos, cliente y proveedor deben considerarse

una parte más del proyecto, con conocimiento y experiencia que puede ser muy útil y beneficiosa durante su ejecución.

- *Factores facilitadores internos de la organización.*

Los principales facilitadores son una cultura de conocimiento compartida entre todos los empleados interesados, el soporte por parte de la dirección y la posibilidad de aceptar riesgos dentro de unos límites aceptables.

- *Factores facilitadores propios del equipo de trabajo.*

En los proyectos de I+D la elección de los miembros del equipo de trabajo es clave para garantizar el éxito del proyecto. No es por ello extraño, que sea dentro de este grupo donde se pueden encontrar el mayor número de facilitadores para la gestión de la incertidumbre, entre los cuales están la visión global orientada a la resolución de problemas, el perfil multidisciplinario de los miembros del equipo de trabajo, la capacidad de toma de decisión, la proximidad al cliente, y el trabajo en el equipo, entre otros.

- *Factores facilitadores propios de la gestión del proyecto.*

La búsqueda de información, la flexibilidad a la hora de trabajar y contar con un objetivo claro serán los facilitadores más importantes a la hora de enfrentarse a los eventos imprevistos que puedan generar riesgos para el proyecto.

- *Factores facilitadores personales.*

La creatividad, la experiencia y el compromiso son las claves para lograr el éxito en la proyectos de I+D.

TIPO FACTORES	FACTORES BLOQUEADORES	FACTORES FACILITADORES
EXTERNOS DE LA ORGANIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cliente y Proveedor</li> <li>• Socio</li> <li>• Mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cliente y Proveedor</li> </ul>

<b>INTERNOS DE LA ORGANIZACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intereses particulares</li> <li>• Falta de estructura organizativa</li> <li>• Falta de dirección implicada</li> <li>• Falta de estandarización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultura de conocimiento</li> <li>• Soporte de la dirección</li> <li>• Aceptación de riesgos razonables</li> </ul>
<b>INTERNOS GRUPO DE TRABAJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocimiento</li> <li>• Inexperiencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visión global</li> <li>• Orientación a resultados</li> <li>• equipo multidisciplinar</li> <li>• Capacidad de decisión</li> <li>• Proximidad al cliente</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> </ul>
<b>PROPIOS DEL MODELO DE GESTIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de comunicación</li> <li>• Falta de definición</li> <li>• Mala gestión RRHH</li> <li>• Mala planificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda de información</li> <li>• Flexibilidad</li> <li>• Objetivo claro</li> </ul>
<b>PERSONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se comparte información</li> <li>• Rigidez en los hábitos</li> <li>• Anticipación</li> <li>• Optimismo exagerado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creatividad</li> <li>• Experiencia</li> <li>• Compromiso</li> </ul>

Figura 11. Factores Bloqueadores y Facilitadores en la gestión de las incertidumbres

### 3.3.3 LA UTILIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA GESTIONAR EL RIESGO DEL PROYECTO

Hacer un seguimiento de los riesgos derivados de las incertidumbres es importante para lograr el éxito en los Proyectos de I+D. *Mario Vanhoucke* [49], [84], [85], propone dos metodologías para hacer un seguimiento de los riesgos por medio de la información. El seguimiento *Top-Down* y *Bottom-Up*.

#### 3.3.3.1 *Seguimiento Top-Down*

El seguimiento *Top-Down* básicamente se fija en problemas que se detectan a nivel de rendimiento del proyecto. Detectadas éstas se desglosa hasta conocer cuáles son las actividades críticas responsables del problema general tal y como aparece en la Figura 12. Seguimiento Top-Down

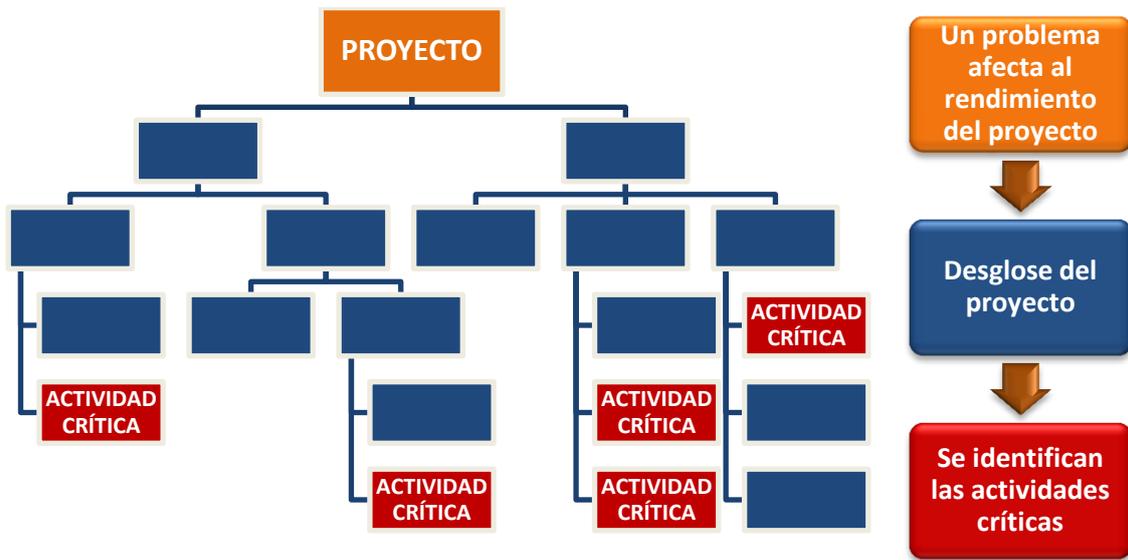


Figura 12. Seguimiento Top-Down

### 3.3.3.2 Seguimiento Bottom-Up

El seguimiento *Bottom-Up* consiste en seguir de cerca aquellas actividades con alta incertidumbre estudiando el impacto, entendiendo éste como un efecto negativo, que puede tener sobre el resultado del proyecto. Figura 13. Seguimiento Bottom-Up

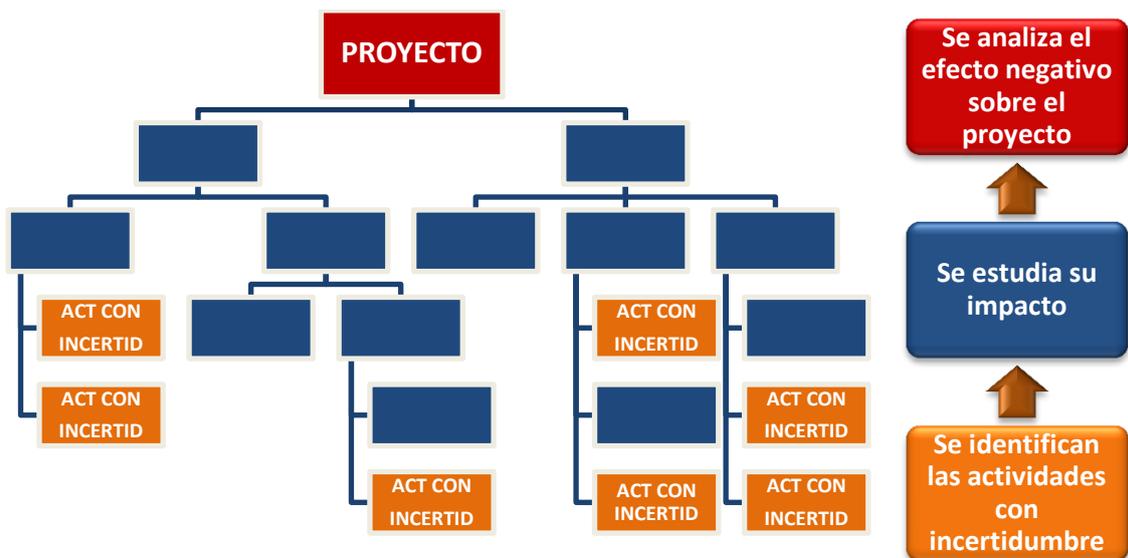


Figura 13. Seguimiento Bottom-Up

Para el caso de los proyectos de I+D la metodología Bottom-Up es más eficiente, puesto que las incertidumbres en la gran mayoría de los casos surgen de pequeños problemas en las actividades o tareas a los que no se puede o no se sabe dar respuesta. En este caso, la información de las actividades con incertidumbre es muy útil para mejorar el rendimiento del proyecto. Esta metodología asume que solo unas actividades merecen ser revisadas con atención para evaluar el proceso del proyecto y controlar el rendimiento de las actividades.

### 3.3.4 LA RELACIÓN DEL RIESGO Y LA PLANIFICACIÓN

#### 3.3.4.1 *Reflexiones sobre el papel de la Planificación en los Proyectos de I+D*

Bien es sabido que la planificación es considerada como uno de los elementos centrales dentro de la gestión de proyectos tradicionales. Así *Pinto y Slevin* [64], [65] consideraban ésta como el elemento principal a la hora de garantizar el éxito del proyecto. Sin embargo, literatura reciente como la de *Lecher* “*Plans are nothing, changing plans is everything*” [21] sugiere que la importancia que tiene la planificación, entendiendo ésta como un elemento estático, puede estar sobreestimada en algunos casos como la gestión de los Proyectos de I+D con alta incertidumbre.

Ya se ha comentado anteriormente que la planificación, si bien es imprescindible para gestionar correctamente un proyecto, ésta no es requisito suficiente para garantizar el éxito de los Proyectos de I+D. En este sentido, muchos autores son críticos en cuanto a la importancia que se le da a la planificación, puesto que las personas solo planifican aquello que conocen con certeza y seguridad, motivo por el cual esta planificación no refleja la realidad en la que se ejecutan los Proyectos de I+D, la cual está plagada de incertidumbres y riesgos. De hecho, varios estudios han

mostrado la baja efectividad de la planificación en proyectos con elevado riesgo como son los de desarrollo de software y producto (*Dvir and Lechler, 2004*) [21] como en los Proyectos de I+D (*Bart, 1993*) [10]

Otro ejemplo es que mientras los cuerpos profesionales de conocimiento relacionados con la gestión de proyectos como es el PMI 2013 abogan por la planificación como un proceso clave dentro de los proyectos, la literatura es inconsistente en relación a la importancia de la planificación para lograr el éxito del proyecto. Así se pueden encontrar artículos que defienden una contribución positiva de la planificación y la consideran un factor necesario para lograr el éxito del proyecto como *Murphy* [53], *Pinto y Slevin*, [64], [65], [66], mientras que otros autores como *Bart* [10], y *Dvir y Lechler, 2004*, [21] sugieren que hay una relación muy débil entre la planificación y el éxito. De hecho *Bart* (1993) indica que un comportamiento tradicional a la hora de planificar un Proyecto de I+D tiende a fracasar por introducir un control formal demasiado excesivo que recorta la creatividad, factor que se considera fundamental en los proyectos de I+D para lograr el éxito, no resultando la planificación tan útil como se desearía en Proyectos con alta incertidumbre.

#### *3.3.4.2 El impacto del riesgo en la planificación*

*Zwikael y Smyrk, 2011* [96], definieron el riesgo del proyecto como un escenario en el que un proyecto sufre un impacto dañino. Contar con un alto grado de riesgo en un proyecto es percibido como un problema y un gran obstáculo en la consecución del éxito según *Kerzner, 2009* [97]. Por ello, si bien es obvio que el riesgo no puede ser completamente eliminado, la gran mayoría de las organizaciones dedicadas a la ejecución de proyectos invierten gran cantidad de recursos en la gestión de estos riesgos.

Según *Wideman* (1992) [93] los riesgos pueden ser divididos en 5 grupos:

- Externos, no predecibles y con riesgos incontrolables
- Externos, predecibles y con riesgos incontrolables,
- Internos, no técnicos y con riesgos controlables
- Internos, técnicos y con riesgos controlables
- Legales y con riesgos controlables.

Otra corriente de pensamiento más tradicional, clasifica los riesgos en tres grupos: los ligados al éxito técnico del proyecto y a los objetivos, los ligados al presupuesto y los ligados al cronograma.

No obstante, todos los estudios realizados llegan a la conclusión de que la efectividad de la planificación en la gestión de los proyectos es mucho más reducida conforme más alto son los riesgos que entrañan éstos. Así, la planificación tiene un impacto directo en el éxito de los proyectos de construcción y muchos menos en los proyectos con alta incertidumbre como son los de desarrollo de software o los propios de I+D.

Con todo los artículos analizados se puede generalizar que en presencia de alto nivel de riesgo, mejorar la planificación puede mejorar la eficiencia del proyecto, entendiendo por eficiencia lograr una desviación mínima en coste, objetivos y cronograma previstos inicialmente. Mientras que para los proyectos de bajo nivel de riesgo la planificación mejora la efectividad del proyecto entendiendo ésta como el rendimiento del proyecto y la satisfacción del cliente. [49]

En los proyectos que conllevan un alto riesgo, la obtención correcta de los entregables es el mayor reto. En estos casos la planificación se centra en tratar con la incertidumbre que implica el desarrollo de un proyecto. Como

resultado, la planificación ayuda a entregar los resultados del proyecto de forma eficiente. [98]

En cualquier caso, la planificación de los procedimientos para responder al riesgo es una parte importante para asegurar que no haya impactos negativos en los resultados del proyecto. Esta planificación depende principalmente de la habilidad de los gestores de proyecto para prever potenciales peligros, y a su vez de la habilidad de los miembros del equipo para utilizar la experiencia previa y el conocimiento que ha aprendido previamente para trabajar en situaciones con incertidumbre.

Sin embargo no debemos olvidar que como ya se ha comentado es posible sacar provecho de los riesgos, ya que se puede aprender de ellos y obtener otros conocimientos inicialmente no planteados como objetivo, pero que pueden resultar muy beneficiosos, lo cual es común en los Proyectos de I+D.

### 3.3.5 CONSIDERACIONES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D

#### 3.3.5.1 *La influencia de los cambios en la planificación*

Desafortunadamente la mayoría de las prácticas de gestión de la innovación parecen estar escritas bajo la premisa de que se puede combatir el “desorden” propio de los Proyectos de I+D con una planificación ordenada y un equipo de trabajo organizado. Sin embargo, esto no siempre es así, hecho que menosprecia la experiencia de los trabajadores, ya que presupone que si el proyecto no consigue el éxito es debido a que los miembros del equipo no han sabido planificar correctamente.

*Eisenhower* en su artículo “*Plans are nothing, planning is everything*” [21] interpreta que la gestión de los proyectos, la planificación y las metas originales son susceptibles de ser modificadas de forma dinámica de acuerdo a la incertidumbre que se va produciendo en el desarrollo del

propio proyecto para maximizar el éxito de éste. Si bien hay que ser cuidadoso cuando se realizan cambios en la planificación, ya sean originadas por ideas del propio equipo de trabajo o por orden de un superior que imponga su propio criterio.

La crítica más habitual que se hace a las herramientas de planificación es que la mayoría de éstas no ofrecen soluciones eficaces para gestionar los cambios. Así, las influencias negativas de los cambios frecuentes de los objetivos muestran que los gestores de proyecto no son conscientes de las consecuencias que tienen éstos y no cuentan con la información necesaria para gestionarlos de forma eficientes. Por ello se debería analizar si el cambio realizado tiene un impacto en el alcance en el proyecto o no.

Existen dos tipos de cambios que producen incertidumbres y como por consiguiente cambios en la planificación.

- *Cambios inducidos por el entorno.*

Estos cambios pueden ser recortes de los recursos, huelgas, condiciones del cambio, etc. Para este caso, el gestor de proyecto debe realizar los ajustes necesarios con el objeto de lograr el alcance y los objetivos definidos para la el proyecto.

- *Cambios en el alcance del proyecto*

Estos cambios son típicos de una decisión consciente por parte de uno de los *stakeholders* para modificar los objetivos del proyecto. Estos cambios podrían ser originados por cambios en los requerimientos, falta de presupuesto o tiempo disponibles, o cambios en las circunstancias que impactan en las necesidades del producto o proceso a desarrollar. Cuando estos cambios de alcance son aprobados requieren de una modificación en la planificación con el objeto de alcanzar los requerimientos modificados.

Ambos cambios son inevitables, si bien en el primero de los casos el gestor de proyecto debe encontrar la manera más eficiente para gestionar la situación, mientras que en el segundo de los casos, el grado de cambio puede ser controlado por la colaboración entre el equipo de trabajo y los *stakeholders*.

### *3.3.5.2 La medición del éxito en los proyectos de I+D*

*Bryson y Bromiley* (1993) [12] muestran que la incertidumbre tecnológica tienen un impacto negativo significativo en el éxito del proyecto, a diferencia que la estabilidad tiene un efecto positivo.

*Pinto y Mantel* (1990) [62] identificaron tres aspectos de del rendimiento del proyecto: la implementación del proyecto, el valor percibido del proyecto, y la satisfacción del cliente con los resultados del proyecto.

*Shenhar et al.* (1997) [74] por su parte usaron tres criterios para medir el éxito del proyecto: obtención de las metas iniciales, beneficios para los clientes y éxito comercial presente y potencial.

Se debe tener en cuenta que como en cualquier proyecto, el punto de vista de cada *stakeholder* es diferente y por tanto es obvio que cada uno asignará una importancia diferente y relativa a cada una de las tres dimensiones anteriores. Sin embargo, para los Proyecto de I+D se puede generalizar que la satisfacción del cliente es de lejos la dimensión más importante.

### *3.3.5.3 La percepción de la incertidumbre*

La incertidumbre es un evento o una situación que no se espera que ocurra, por lo que no se ha considerado por adelantado. En otras palabras, la incertidumbre se da cuando se establecen unos hechos que son cuestionados por ser riesgos calculados u oportunidades.

El modo en el que los gestores de proyectos perciben la incertidumbre depende de habilidades personales, intuición y juicio. Así, el desarrollo de habilidades de gestión de proyectos es una parte esencial dentro de la gestión de la incertidumbre.

Obviamente, no todos los elementos dentro del entorno de la organización son críticos para el éxito del proyecto y representan fuentes de incertidumbre, por ello es clave saber identificar cuáles lo son realmente. En general, son cruciales para desarrollar de manera óptima el proyecto:

- el entendimiento de los objetivos y de las partes involucradas,
- las dependencias dentro del proyecto,
- el desarrollo de una comunicación fluida y
- la coordinación entre los miembros del equipo

Así, a pesar de que la incertidumbre no puede ser eliminada por completo, el aprendizaje continuo, una correcta Gestión del Conocimiento y una información y documentación correcta puede reducir ésta considerablemente.

### *3.4 ASPECTOS CLAVES EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D*

Antes de comenzar a describir las fases de la propuesta metodológica en el siguiente Capítulo se considera oportuno desarrollar brevemente los puntos que tras el Análisis Bibliográfico se ha considerado que son claves a la hora de llevar a cabo una gestión efectiva y óptima en los Proyectos de I+D.

#### **3.4.1 GESTION DEL RIESGO**

Como ya se ha comentado en el Análisis Bibliográfico, el PMBOK 2004 considera el riesgo como un evento con incertidumbre que puede ser tanto una oportunidad como una amenaza para los resultados del proyecto en

función de que sus resultados sean positivos o negativos respectivamente. Sin embargo en la práctica, en la gran mayoría de los casos, el riesgo es considerado como un factor que tiene un impacto negativo en el resultado de los proyectos y en el desarrollo del mismo.

Se quiera o no, el riesgo es una parte inherente de los proyectos I+D, y por ello es fundamental saber gestionarlo, sin embargo esta gestión entraña una gran dificultad puesto que no es sencillo y en ocasiones no es posible medir y cuantificar los riesgos del proyecto debido a la gran dinámica que existe en los mercados, tecnología, etc., los cuales hacen que los riesgos no puedan ser predecibles. [93], [41]

Otra característica distintiva de los proyectos I+D es que éstos disponen de escasa o nula información o experiencia previa a la que poder acudir para conocer los impactos y resultados de estos riesgos. Por ello, a pesar de existir técnicas y herramientas para gestionar los riesgos de los proyectos éstas en muchos casos no son válidas para los Proyectos de I+D.

Se puede clasificar los riesgos en tres categorías principales en función del conocimiento que tengamos acerca de ellos:

- riesgos identificados que desconocemos su impacto en el proyecto,
- riesgos no identificados pero que podríamos cuantificar su impacto y
- riesgos no identificados que no podríamos identificar.

Por otro lado, los riesgos pueden ser categorizados principalmente en:

- riesgos relacionados con mercado,
- riesgos relacionados con tecnología,
- riesgos relacionados con el medio ambiente, o
- riesgos relacionados con la propia organización.

Normalmente es el gestor del proyecto el responsable del control del presupuesto, plazos y objetivos, además de los riesgos que entrañan las desviaciones o incertidumbres en los tres aspectos anteriores. Sin embargo, no hay que menospreciar u olvidar el papel que desempeñan el resto de personas y departamentos de la organización, pues muchos son responsables de otros riesgos que pueden afectar de modo directo a la marcha del proyecto. Así, diferentes individuos dentro de una organización serán responsables de diferentes riesgos, algunos ejemplos son el Director General, de marketing o comercial que será el responsable de gestionar los riesgos relacionados con el mercado, o el responsable de Prevención de Riesgos Laborales y Medio Ambiente que en la mayoría de los casos es el responsable de gestionar los riesgos asociados a estos aspectos. Esto provoca que una organización con capacidad de contar con un estructura y gestión flexible se proponga como una buena solución para gestionar los riesgos asociados a los proyectos de I+D.

La gestión del riesgo en los Proyectos de I+D es un aspecto que siempre ha preocupado, por ello es necesario:

- *Identificar el riesgo:*  
El propósito es la distinción de éste, fijándonos para ello en cómo éste pueden afectar a los resultados del proyecto.
- *Valorar el riesgo:*  
La valoración evalúa la probabilidad de los riesgos anteriormente identificados y los resultados en los objetivos del proyecto.
- *Planificar la respuesta,*  
Determinar acciones susceptibles de ser llevadas a cabo para reducir las amenazas que estos riesgos entrañan para el éxito del proyecto
- *Monitorizar el riesgo, y finalmente controlarlo.*

Los riesgos deben ser monitorizados para controlarlos a lo largo de todo el proyecto y conocer si estos evolucionan y se convierten en una amenaza “real”.

### 3.4.2 GESTION DEL CONOCIMIENTO

El intercambio y transferencia de conocimiento es un aspecto crítico dentro de los proyectos de I+D y es un motor esencial para el desarrollo de nueva tecnología e investigación en nuevas áreas. Es por ello que la transferencia desde el ámbito científico y académico a la sociedad en general y al tejido empresarial en particular está adquiriendo cada vez mayor importancia.

Esto se plasma es que cada vez más las compañías están introduciendo en sus organizaciones técnicas para la gestión de conocimiento con el objeto de capturar todo lo que los equipos de trabajo aprenden durante la ejecución de los proyectos a lo largo de su vida laboral y así contar con él en el caso de que dejen de formar parte de la organización.

Esta tendencia se está instaurando globalmente gracias a una cultura de apertura del conocimiento que cada vez está más instalada en las empresas. Así, las organizaciones apuestan cada vez más por implantar herramientas de búsqueda de información y utilizar redes sociales con el objeto de compartir conocimiento, al mismo tiempo que los empleados trabajan actualmente de forma mucho más dinámica y global. Esto puede ser muy beneficioso para las compañías siempre que cuenten con un sistema que permita retener en conocimiento de los empleados, de forma que si se produce una baja se pueda asegurar una continuidad.

Principalmente existen dos modelos diferentes para la Gestión del Conocimiento:

- *Modelos básicos*: aquellos que tienen como finalidad principal medir los activos intangibles de una organización, con el fin de efectuar un diagnóstico y rendir información de su capital intelectual permitiendo adoptar decisiones de gestión.
- *Modelos relacionales*: como instrumentos de la dirección estratégica de la empresa que contemplan, en alguna medida, la dimensión intangible de las organizaciones o los aspectos que caracterizan la creación de valor basada en el conocimiento.

El problema de estos modelos es que están pensados para grandes organizaciones donde los recursos son elevados y la disponibilidad para su ejecución mucho mayor y para organizaciones que se mueven en un sector de actividad con una fuerte competencia. Además, conceptualmente puede resultar complicada la implantación de estos modelos, pues supone aumentar mucho la burocracia interna lo que podría implicar una disminución de la eficiencia de la organización. Por todo ello, a pesar de que son modelos con estructuras claras, es difícil de implantar éstos en organizaciones medianas o pequeñas, que son las que más dificultades tienen a la hora de llevar a cabo proyectos de I+D.

Como es lógico, en los Proyectos de I+D el problema más importante es capturar, retener y refrescar el conocimiento generado durante todo el proyecto de forma que éste esté disponible para los siguientes miembros de los equipos de trabajo. [54], [57]. Por ello, las organizaciones dedicadas a la investigación cuentan por lo general con herramientas que les permiten gestionar este conocimiento generado, las cuales se basan especialmente en fomentar la comunicación entre los miembros del equipo y entre los empleados de la organización.

Tal como *Pedro Villanueva* hace referencia en su Memoria para la Insuficiencia Investigadora [87], el proceso fundamental de Gestión del conocimiento puede dividirse en los siguientes subprocesos:

$$\text{Conocimiento} = \text{Creación} + \text{Distribución} + \text{Medición}$$

### Creación del conocimiento

La creación del conocimiento tiene que ver con la creatividad, la capacidad de innovación y el desarrollo de nuevos productos. Esta creación de conocimiento puede llevarse a través de diferentes medios:

- Captura de conocimiento interno
- Captura de conocimiento externo
- Información de cliente y marketing
- Benchmarking
- Políticas efectivas de RRHH.

Concretamente dentro de las organizaciones que desarrollan Proyectos de I+D es habitual llevar a cabo actividades que les permitan generar nuevo conocimiento. Además, en la mayoría de los casos, los proyectos de I+D una vez finalizados tienden a ser difundidos en congresos científicos y seminarios, dentro de una estrategia de compartir el conocimiento.

### Distribución del conocimiento

La distribución del conocimiento permite optimizar y extender los flujos de conocimiento en las organizaciones, evitando al máximo posible fugas de conocimiento e islas informacionales. Participan varios facilitadores: la tecnología, las personas y la cultura corporativa. Estos tres elementos mal gestionados pueden convertirse en barreras que frenen el proceso de distribución y afianzamiento del conocimiento.

Dentro de la tecnología se encuentran las bases de datos, los informes escritos, orales y visuales además de otras prácticas propias de la Organización. En cuanto a las personas, los programas de ideas, los espacios compartidos para relaciones emergentes, las comunidades y redes y los foros de debate son comunes a la hora de llevar una estrategia para compartir el conocimiento. Igualmente, la estrategia de RRHH, los programas de continuidad y los proyectos de demostración son importantes dentro de la cultura corporativa, en la cual se profundiza posteriormente.

La falta de comunicación es uno de los motivos que hacen fracasar los proyectos. Ésta está íntimamente ligada con la gestión del conocimiento, concretamente con la trasmisión y distribución del conocimiento, por lo que merece una mención especial. La falta de comunicación entre el cliente o el usuario/beneficiario con los equipo de trabajo del proyecto puede distorsionar los objetivos del proyecto, y en consecuencia impedir su correcta ejecución, y en definitiva su éxito. Por ejemplo, si el alcance del proyecto no está claramente definido, comunicado y entendido entre los miembros del equipo desde el inicio del proyecto, será cada vez más difícil lograr los objetivos iniciales. De la misma forma, las ideas brillantes provenientes de personal investigador serán inútiles para futuros proyectos si éstas no son correctamente comunicadas y documentadas.

Por otro lado no hay que olvidar que para que la Distribución de Conocimiento se ejecute de manera óptima es importante que las personas estén abiertas a compartir la información, no considerándola una propiedad de la persona que la posee. Es muy importante utilizar herramientas adecuadas con cultura de la empresa y si es necesario utilizar talleres que permitan modificar conductas defensivas en cuanto a la difusión y transmisión del conocimiento adquirido o generado.

### Medición del conocimiento

Para poder gestionar el conocimiento es necesario medirlo y conocer de dónde se parte, a dónde se quiere llegar y qué recursos son necesarios para su consecución. La utilización de los indicadores para la medición del conocimiento dependerá en gran medida del modelo elegido para la gestión y de los diferentes elementos considerados en dicho modelo, adoptando cada organización aquellos que considere más adecuados.

Los principios de utilización de estos medidores deben ser permanentes en el tiempo, con posibilidad de añadir más indicadores y transparentes en su gestión. Las características que deben cumplir estos indicadores son ser simplicidad, objetividad y carácter estratégico.

La documentación de los resultados del proyecto, intermedios y finales, es fundamental, ya que éstos pueden resultar útiles para futuros proyectos. De hecho, en los Proyectos de I+D, el conocimiento tácito generado adquiere una gran importancia. Obviamente, mucho de este conocimiento tácito es difícil de compartir, puesto que en muchos de los casos las personas no están dispuestas a hacerlo. Por ello, es importante incidir en la importancia de implantar en la organización una cultura de apertura y aceptación para compartir el nuevo conocimiento generado.

En conclusión, de forma general se puede decir que los factores principales que impulsan el éxito en la Gestión del Conocimiento son:

- Infraestructura técnica y organizacional,
- Estructura de conocimiento flexible,
- Cultura organizacional favorable al conocimiento,
- Lenguaje común
- Propósito de la gestión del conocimiento claro,

- Prácticas motivacionales para el cambio, y
- Múltiples canales para la transferencia al conocimiento.

### 3.4.3 GESTIÓN DEL LIDERAZGO

Según un estudio realizado por altos ejecutivos y expertos de la materia de la ESI International, uno de los aspectos clave en cualquier metodología, sea cual sea su naturaleza, es el liderazgo. Este hecho queda aún más patente en la gestión de los Proyectos de I+D.

Para que las organizaciones dedicadas a la investigación y a la ciencia tengan posibilidad de tener éxito en el entorno actual es preciso que éstas estén lideradas por personas con un profundo conocimiento tanto técnico, como en las propias implicaciones que tiene el negocio en sí, ya que los líderes dentro del entorno de la I+D juegan ahora más que nunca un papel crucial en el desarrollo y la ejecución de la estrategia del negocio de la organización.

Un error habitual es tomar como líderes de los Proyectos de I+D a personas con un profundo conocimiento científico, pero con carencias en la visión de negocio. Además, los líderes de los Proyectos de I+D no están acostumbrados por lo general a tener interacción con personas de otros departamentos o funciones, tales como ventas, marketing u otros departamentos. Esta carencia de habilidades de negocio pesa sobre la eficiencia en la gestión de los propios proyectos ya que gran parte de estas habilidades tienen una influencia directa en la capacidad de gestión de los riesgos y del conocimiento, aspectos ya se han descrito más detalladamente en apartados anteriores. Así, los líderes deberán ser capaces de motivar y convencer a su equipo de trabajo sobre el objeto y el propósito del proyecto, pudiendo disminuir las desviaciones naturales e incertidumbres conocidas que se vayan produciendo.

Los líderes de los proyectos y organizaciones dedicadas a la I+D deben ser capaces de desarrollar proyectos con viabilidad técnica y económica, marketing efectivo y difusión para que los resultados y beneficios generados puedan ser utilizados por los interesados y beneficiarios. Además, los líderes de Proyectos de I+D deben conocer aspectos relacionados con los mercados, operaciones, financiación, y gestión de personal, la cual implica contar con don de gentes y empatía, pues en la mayoría de los proyectos el equipo de trabajo está formado por personal con grandes diferencias culturales.

Es obvio que los investigadores, cada vez más, se enfrentan a mayores retos al tener que trabajar de forma paralela con otros equipos, centros e institutos de investigación interdisciplinarios y Organizaciones. El ejemplo más claro en España es el Ministerio de Industria o la Comisión Europea, las cuales exigen que los líderes de investigación conozcan las buenas prácticas en la gestión de RRHH.

Si bien es cierto que el nivel de liderazgo requerido dependerá tanto del proyecto a desarrollar como de la estructura organizativa de la entidad, se puede diferenciar tres niveles principales de liderazgo:

- *Liderazgo a nivel del equipo de trabajo.*

El líder del equipo de trabajo deberá contar con un conocimiento técnico elevado de las tecnologías utilizadas en el proyecto, y ser capaz de motivar al equipo en el logro de los objetivos.

- *Liderazgo a nivel de los Directores de los Centros de Investigación.*

Este líder necesita desarrollar estrategias, gestionar y desarrollar equipos de trabajo y forjar alianzas de su equipo de investigación con otras organizaciones para ejecutar nuevos proyectos. Deben ser “políticamente astutos” dentro de sus organizaciones para poder

proteger sus recursos al mismo tiempo que les proporciona respaldo a través de la generación de nuevos proyectos.

- *Liderazgo a nivel de las Instituciones Académicas.*

Estos líderes tienen un papel más institucional y corporativo. Necesitan tener capacidad para motivar la investigación dentro de sus propias instituciones.

En conclusión, los líderes en la I+D deben contar con habilidades y conocimientos relacionados con el negocio y reconocer su responsabilidad y oportunidad para demostrar cómo la ciencia e investigación que llevan a cabo puede ser beneficiosa. Necesitan contar con un profundo conocimiento del Desarrollo de negocio, Conocimiento técnico, regulatorio y Operaciones. Para terminar, destacar que numerosos estudios han demostrado que el desarrollo de liderazgo está basado un 70% en experiencia, mientras que un 20% en formación práctica, y solo un 10% en aprendizaje teórico.

#### 3.4.4 CULTURA EMPRESARIAL

El hecho de invertir en Tecnología de última generación por sí sola no es un factor suficiente para poder generar valor diferencial a través de la I+D. La I+D la generan personas implicadas, de gran talento y conocimiento, comprometidas, creativas y que trabajan con líderes que asumen riesgos.

Hoy más que nunca una cultura empresarial adecuada es imprescindible para que una organización sea viable a lo largo del tiempo, afrontando día a día retos nuevos y más complejos e interpretando las necesidades de los clientes y de la sociedad. Además, las organizaciones deben desarrollar capacidades que les permitan capitalizar todo su conocimiento, lo cual se vuelve fundamental para el desarrollo de Proyectos de I+D y la supervivencia de la organización en un entorno altamente cambiante.

En los siguientes apartados se detallan cada uno de los factores más importantes que conforman una correcta cultura empresarial para la ejecución de los Proyectos de I+D.

#### *3.4.4.1 Conocimiento.*

Para lograr contar con una Gestión del Conocimiento eficaz es necesario desarrollar una cultura de empresa receptiva al conocimiento mediante iniciativas que cambien el comportamiento de aquellas personas recelosas de compartirlo. Se debe sensibilizar y convencer a las personas de que compartir conocimiento puede hacer mejorar el rendimiento de la organización. Actualmente muchas empresas están haciendo un esfuerzo intentando cambiar la percepción que tienen los empleados de su trabajo, haciendo que la difusión del conocimiento generado y de los resultados obtenidos sea parte de los objetivos propios del proyecto.

Construir una infraestructura organizacional para la gestión del conocimiento implica establecer un serie de roles o grupos de trabajo cuyos miembros tengan la capacidad de ser recursos para futuros proyectos. Esto normalmente no está muy extendido en empresas pequeñas puesto que implica un gasto considerable tanto económicamente como en recursos, aunque cada vez es más común en organizaciones avanzadas, internacionales o dedicadas a la I+D. [28 ]

La Cultura empresarial favorable a la Transferencia de Conocimiento es uno de los factores más importantes en la consecución del éxito de los Proyectos de I+D, si bien uno de los más difíciles de generar e implantar si ésta todavía no está ya instalada y aceptada en la empresa. La Cultura empresarial favorable a la Transferencia de Conocimiento presentará las siguientes características:

- Las personas tienen una orientación positiva hacia el conocimiento. Los empleados deben ser brillantes, curiosos intelectualmente, y dispuestos a explorar. Los responsables de proyecto deben animar a los miembros del equipo a crear conocimiento y utilizarlo.
- Los empleados deben ser animados a compartir el conocimiento, no temiendo que esto pueda ir en contra de sus intereses poniendo en riesgo su puesto de trabajo.
- La gestión de proyectos debe encajar con la cultura de la empresa.

Queda claro que la I+D y el conocimiento están estrechamente vinculados. Para apoyar los procesos de creación de nuevos conocimientos será necesario crear espacios para la creatividad, contar con políticas de gestión de RRHH que lo promuevan y sistemas de gestión de la información que:

- Capturen conocimiento interno, identificando los conocimientos críticos de la organización (de los que depende su supervivencia y competitividad), creando un mapa de conocimiento existente en la organización (quién sabe qué).
- Capturen conocimiento externo (internet, base de datos externas, fuentes estadísticas, benchmarking efectivo).
- Tengan la información que se le reporta al cliente.
- Aprendan de las experiencias del pasado.
- Desplieguen una estrategia de captura de la información del mercado y entorno económico en el que desarrollan su negocio y/o actividad (necesidades y demandas de productos y/o servicios).
- Conciencie a todos los niveles de la organización de la importancia que tiene el conocimiento como activo y de su valor para la propia organización.

Algunos autores como *Takechi y Nonaka* [79] señalan la importancia de encontrar en las empresas “un espacio para la creatividad” alejado de las reuniones programadas, para favorecer el intercambio de ideas y la conversación, que puede ser físico, virtual, mental o combinación de ellos. Dicho espacio, favorecería la generación de nuevos conocimientos y enriquecería el proceso de creación.

En definitiva, una cultura de empresa orientada positivamente hacia el conocimiento favorece el aprendizaje y la innovación. Por el contrario, si la cultura no es fértil, generalmente el proyecto no resultará exitoso independientemente de la cantidad de tecnología, conocimiento o prácticas de gestión de proyectos se empleen.

#### *3.4.4.2 Talento*

Una manera efectiva de alinear la cultura organizacional con el estrategia de I+D de la organización es mediante la gestión del talento, que incluye actividades que la organización utiliza para atraer, desarrollar y retener a sus empleados, tales como evaluación del desempeño, planes de carrera y contratación o promoción.

La gestión del talento debe ser tenida en cuenta desde el mismo momento en el que se gestiona la contratación de nuevo personal. Con objeto de tener un equipo preparado para una gestión efectiva de Proyectos de I+D es muy importante que el criterio por el que se seleccione el personal no solo incluya conocimiento científico sino que también potencial que les permita llegar a ser gestores de desarrollo de negocio y estrategia como se ha visto en el apartado de liderazgo.

Las organizaciones que gestionen el talento deberán desarrollar la carrera profesional de su personal acorde a las preferencias de la persona para que

ésta se sienta motivada, ya que en el caso contrario lo más probable es que la empresa esté desarrollando a sus futuros competidores.

En conclusión, las entidades deben evaluar y alinear sus planes para la gestión del liderazgo y talento, con la cultura organizativa y los procesos de la organización de forma que se obtenga una hoja de ruta que marque la dirección y el futuro de la organización orientada a la I+D. [23]

#### *3.4.4.3 Flexibilidad*

El nuevo entorno tecnológico rápidamente cambiante exige organizaciones flexibles capaces de adaptarse a los cambios que sufre el mercado. Este escenario promueve que las organizaciones apuesten por un modelo organizativo orientado hacia la búsqueda de flexibilidad con capacidad de responder de forma ágil y eficaz a los cambios continuos de las variables que configuran su entorno, propiciando configuraciones organizativas capaces de adaptarse con rapidez, así como de desarrollar niveles crecientes de eficacia. Dicho de otra manera, se entenderá por organización flexible a aquella que utiliza los factores disponibles para adaptarse a los cambios inmediatos y al entorno competitivo.

Según *Bueno Campos* (1996), Presidente Ejecutivo del Instituto Universitario de Administración y Dirección de Empresas y Director del Centro de Investigación sobre la Sociedad del Conocimiento (CIC) las características de las organizaciones flexibles se pueden dividir en dos grupos, estructurales y de comportamiento. [24]

#### *Estructurales*

- Estructuras planas, de base profesional y evolutivas
- Procesos técnicos de fabricación flexible y sistemas de gestión basados en tecnologías de la información innovadores

- Sistemas de información de apoyo a los proceso de decisión
- Función esencial de I+D
- Personas con las máxima movilidad profesional y geográfica

### De comportamiento

- Capacidad de reacción en las personas y en los sistemas
- Capacidad de previsión y de adaptación a los cambios
- Capacidad de asumir riesgos, lo que implica el conocimiento de los sistemas para su gestión
- Orientación al cliente y hacia la calidad total
- Capacidad para movilizar la empresa, para su rediseño y para la asignación de sus recursos.

La flexibilidad del comportamiento del empleado representará un indicador de la flexibilidad de la organización de la empresa. Así, cuanto más flexibles sean las prácticas de gestión de RRHH, la flexibilidad global de la empresa será mayor. Las características que debe presentar un trabajador que forma parte de una organización flexible son principalmente:

- Alta autonomía
- Bajo control directo y número de supervisores
- Baja jerarquía de autoridad y de control
- Baja formalización, numero de reglas y procedimientos
- Alta participación en la toma de decisiones
- Alta diversidad de funciones y en número
- Bajo número de categorías laborales y división del trabajo

Queda claro que actualmente el éxito empresarial en industrias maduras pasa por la capacidad de innovación, la flexibilidad y rapidez de cambio. Por ello los modelos de organización flexible permiten a sus individuos y a los

equipos gestionar su propio trabajo y talento como una práctica habitual, lo que supone aumentar el potencial de innovación y creatividad dentro de la organización.

#### 3.4.4.4 *Creatividad*

La creatividad se entiende como la capacidad para combinar ideas o sistemas de una manera original o para establecer asociaciones poco comunes entre las ideas. Así, una organización creativa será aquella que estimula el desarrollo de enfoques nuevos ante las cosas o soluciones singulares para los problemas. [4], [20]

Al definir innovación *Peter Drucker*, abogado austriaco considerado el mayor filósofo de la administración en el siglo XX, plantea que la innovación no es sólo un destello de genialidad, sino que la mayoría de las veces es la conjugación de esto con un arduo trabajo.

Actualmente las organizaciones son conscientes de que en la innovación y la diferenciación está el éxito y, en ocasiones, incluso su propia supervivencia. La generación de nuevas ideas y conceptos y las nuevas formas de afrontar y resolver problemas serán fundamentales para alcanzar éste objetivo, por lo que las organizaciones creativas apostarán por dar un mayor protagonismo a las personas creativas, capaces de asumir riesgos, y fomentarán técnicas de creatividad como motor de generación de ideas y búsqueda de soluciones alternativas. [22],[62]

Aunque no se va a profundizar en las numerosas técnicas de creatividad que existen, por no ser objeto de este TFM, a continuación se nombran las de mayor potencial en los Proyectos de I+D:

- *Brainstorming*: Tormenta de ideas.

- *Analogías*: Búsqueda de soluciones aplicando similitudes establecidas como respuesta satisfactoria en otros casos.
- *Sinestesia*: Dirige la actividad mental espontánea de las personas para la exploración de problemas complejos
- *Lista de Atributos*: Desencadenamiento de nuevas ideas por división del problema en sus partes más importantes para su análisis.
- *Lista de preguntas (checklists)*
- *Desaparición del bloqueo mental*: Nuevas direcciones de investigación cuando el espacio de búsqueda no ha producido una solución totalmente aceptable
- *Ojos limpios*: Generación de ideas en un grupo de personas sin conocimiento alguno del problema, eliminándose de esta manera limitaciones y trabas.

Para terminar este apartado se muestran las características que según *Mintzberg*, profesor académico canadiense internacionalmente reconocido y autor de varias publicaciones sobre negocios y gestión, debe mostrar una organización creativa:

- Orientación a las necesidades de los clientes
- Funcionamiento por proyectos
- Equipos pluridisciplinarios por proyectos
- Organización matricial, con jefes de proyecto
- Estructura poco jerarquizada, con organigramas planos
- Comunicación interna fluida e informal
- Poder basado en el conocimiento, no en la autoridad
- Descubrimiento constante de nuevos mercados



## **4. CAPITULO 4. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS I+D**

En este punto, una vez analizados numerosos artículos y estudiadas diferentes herramientas, técnicas y metodologías en el Capítulo anterior, se está en disposición de realizar una breve propuesta metodológica que permita facilitar la gestión los Proyectos de I+D con incertidumbre.

En el Apartado 3.2 se analizaba la idoneidad de las metodologías ágiles y las predictivas para la Gestión de los Proyectos de I+D. Se concluía que a pesar de que las metodologías ágiles pudieran parecer a priori más adecuadas para la gestión de los Proyectos de I+D, debido a las características que éstos presentan: alta incertidumbre, entorno cambiante, complejidad desconocida, etc. la realidad es que todavía en la mayor parte de los casos las organizaciones no están culturalmente preparadas para aceptar los principios de las Metodologías Ágiles. Además, éstas trabajan en marcos temporales muy reducidos y a gran velocidad, siendo su objetivo reducir los costos y el tiempo necesario para lanzar un producto al mercado, contexto muy alejado al de los proyectos de I+D, en los que los plazos y el coste quedan relegados a un segundo plano priorizando el beneficio del resultado.

Por este motivo se ha optado por tomar como base para la propuesta metodológica la metodología PMBOK, ya que esta metodología tradicional es la más conocida, aceptada e introducida en las organizaciones. Además, se ha considerado adecuada por los otros motivos: la guía PMBOK funciona como un marco y un estándar, indica el conocimiento necesario para manejar el ciclo de vida del proyecto, define para cada proceso sus herramientas, técnicas y entregables, y define un cuerpo de conocimiento moldeable sobre el cual construir las mejores prácticas específicas para el proyecto, como para el presente caso de gestión de Proyectos de I+D.

#### *4.1 DESCRIPCIÓN DE FASES DEL CICLO DE VIDA*

La segmentación clásica de un Proyecto se basa en una gestión por etapas, en las que para completar una tarea es necesario obtener unos resultados que serán la entrada para la siguiente fase y será el objeto que se evalúe para determinar si el proyecto debe continuar o no.

A diferencia de los objetivos finales del proyecto, los resultados intermedios son más flexibles en cuanto a plazos y contenido, y permiten adaptar las fases así como los requerimientos. Al finalizar cada una de las fases, el proyecto debe ser revisado y analizado, estudiando los resultados intermedios que se vayan obteniendo, el estado de la competencia, el mercado exterior y el desarrollo y progreso de la tecnología para seguir avanzando.

El ciclo de vida del proyecto son el conjunto de fases del mismo, cuyo nombre y número de etapas se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización para llevar a cumplir los objetivos del proyecto, atendiendo a la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación. En la presente propuesta metodológica, las fases consideradas para conformar el ciclo de vida general de un Proyecto de I+D son las que se muestran en la

Figura 14. Fases del ciclo de vida de un Proyecto I+D según la propuesta metodológica, las cuales se describirán después.

Normalmente, la Dirección de Proyectos se lleva a cabo en un ambiente más amplio que lo que afecta al proyecto en sí mismo, por ello la propuesta metodológica que se presenta incluye más fases de las que están directamente ligadas a la propia ejecución del Proyecto de I+D, como la Generación de Ideas, antes del Inicio del proyecto, o la Difusión y Comercialización, posterior a su finalización.

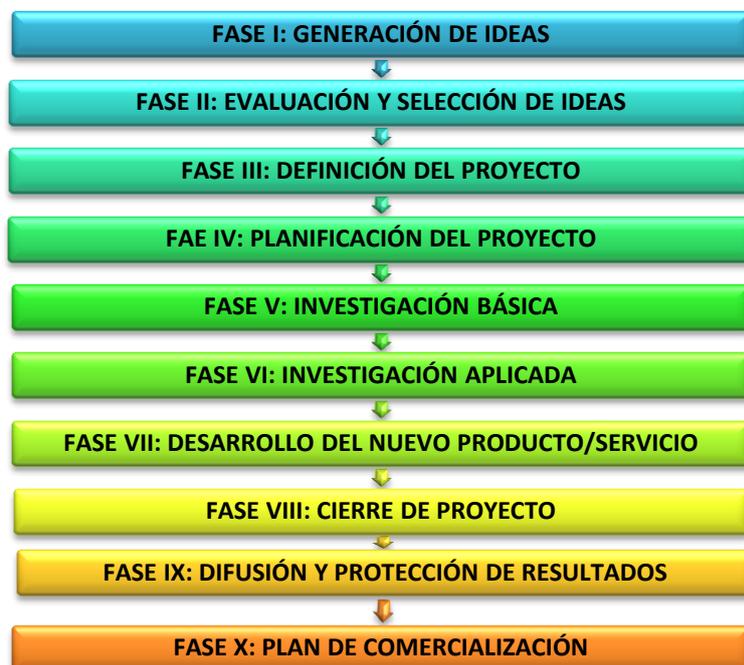


Figura 14. Fases del ciclo de vida de un Proyecto I+D según la propuesta metodológica

Resaltar que todos los proyectos pueden configurarse mediante una simple estructura del ciclo de vida, que consta de las siguientes fases:

- Inicio,
- Organización y preparación,
- Ejecución del trabajo y
- Cierre.

Las fases que se definen en esta propuesta pueden englobarse dentro de la estructura anterior como muestra la Figura 15. Relación entre fases y etapas.

La ventaja de definir el Ciclo de Vida del Proyecto de I+D es facilitar el control sobre los tiempos en que es necesario aplicar los recursos disponibles, personal, equipos, financiación, etc. El control del proyecto también se verá facilitado si la separación de fases hace corresponder con hitos en los que ésta deba verificarse mediante comprobaciones sobre las evaluaciones o resultados parcialmente obtenidos



Figura 15. Relación entre fases y etapas

Como ya se ha adelantado antes, al inicio de cada una de las fases que se presentan en la presente propuesta metodológica será necesario:

- Revalidar los supuestos hechos previamente,
- Analizar las incertidumbres y riesgos que vayan surgiendo y
- Definir de manera más detallada los procesos necesarios para la siguiente fase.

Por lo general, una fase se concluirá y se cerrará formalmente con una revisión de los entregables para determinar su compleción y aceptación y evaluar si el proyecto continúa o no en función del esfuerzo a realizar y los resultados obtenidos.

#### 4.1.1 ETAPA DE INICIO

La Etapa Inicial determina la naturaleza y el alcance del desarrollo, y según la propuesta metodológica se desglosa en tres etapas o subfases:

- Generación de ideas, (pre-inicio)

- Evaluación/selección de los proyectos a realizar (pre-inicio), y
- Definición del Proyecto (inicio).

Recordar que tanto la Generación de ideas y la Evaluación del proyecto se consideran fase previas al inicio, puesto que si el resultado de éstas es negativo, el proyecto no se lleva a cabo. No obstante, se consideran fundamentales para que el Proyecto se desarrolle adecuadamente, por lo que se considera necesario tenerlas en cuenta

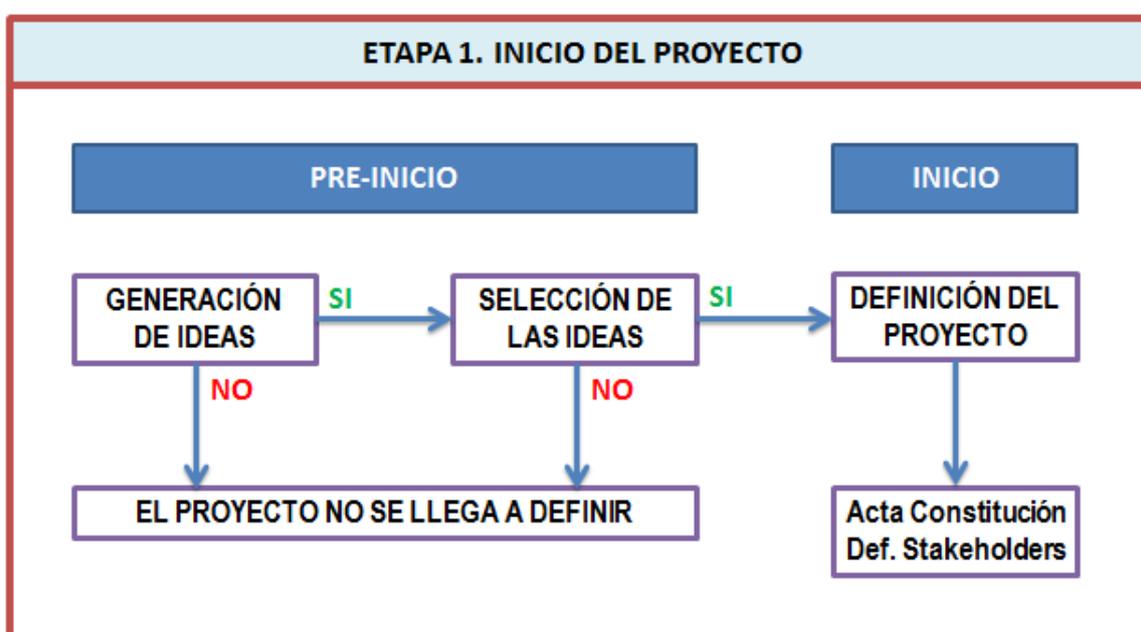


Figura 16 . Fases del Inicio de Proyecto

#### 4.1.1.1 FASE I: GENERACIÓN DE IDEAS (Etapa de Pre-inicio)

Los proyectos de I+D comienzan por la generación de ideas que puede originarse a través de diferentes medios, tales como ferias, encuestas, *focus groups*, investigación de la competencia, *brainstorming*, etc.

Muchas ideas de proyecto se nos pueden ocurrir cada día, sin embargo, si nos sabemos encauzarlas, darles sentido o relacionarlas con otras ideas o

conocimientos es probable que no tengamos el “germen” necesario para originar un Proyecto de I+D.

En este punto la creatividad, aspecto al que hemos dedicado un apartado anteriormente, adquiere un papel protagonista, puesto que es un aspecto que facilita la generación de nuevas ideas, la relación de éstas y estimula la capacidad de crear y producir respuestas originales e innovadoras dar solución a los problemas a resolver.

El tipo de organización en el que se desarrollan los Proyectos de I+D será un factor relevante ya que en función de sus características se propiciará o se dificultará la generación de nuevas ideas. Organizaciones descentralizadas, orientadas a las necesidades de los clientes, con funcionamiento por proyectos y comunicación interna muy fluida además de buena gestión de conocimiento serán aquellas más favorecedoras a la hora de facilitar la creatividad y por tanto promocionar y llevar a cabo Proyectos de I+D.

#### **Entradas**

Ideas y conceptos conocidos

#### **Herramientas**

Ferias, análisis de mercado, encuestas, prospectivas tecnológicas, *focus groups*, investigación de la competencia, benchmarking, análisis de la cartera tecnológica, análisis de patentes, *brainstorming*, etc...

Herramientas que fomenten la creatividad.

#### **Actividades**

- La dirección promueve el uso de las herramientas anteriores para fomentar la creatividad en la organización y la búsqueda de oportunidades. (Importante contar con una cultura organizativa que fomente la creatividad, si no se tiene, será necesario implantarla)
- Generación de ideas innovadoras susceptibles de ser llevadas a cabo mediante Proyectos de I+D.
- Reuniones periódicas para la comunicación y discusión de las ideas generadas entre los Stakeholders
- Presentación de la idea generada y defensa de la oportunidad de desarrollar un Proyecto de I+D ante la Dirección de la organización.

#### **Salidas**

Nuevas ideas o conceptos, o nuevas asociaciones entre ideas y conceptos dando como resultado soluciones originales que sean el punto de partida de un Proyecto de I+D

#### *4.1.1.2 FASE II: EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS IDEAS (Pre-inicio)*

Este paso solo será aplicable cuando existan varias ideas generadoras de proyectos de I+D en cartera y la organización se vea obligada a escoger solo uno por falta de recursos, de financiación o de requerimientos específicos de convocatorias.

Seleccionar ideas es común en la mayoría de las organizaciones que desarrollan Proyectos de I+D, puesto que ni los recursos, conocimientos, ni financiación es ilimitada, por lo que éstos deben ser evaluados para seleccionar o priorizar los diferentes Proyectos de I+D susceptibles de desarrollarse como resultado de la generación de ideas de la fase anterior.

De nuevo el tipo de organización será determinante a la hora de realizar la evaluación, ya que en función de la visión, misión y tipo de negocio de ésta, la selección de los criterios que se tendrán en cuenta en la evaluación serán muy diferentes.

Empresas que entiendan su I+D como un medio para estar a la vanguardia de la tecnología y así ofrecer un producto/proceso con una ventaja competitiva superior a lo que hay en el mercado, que les permita mejorar su rentabilidad del negocio mediante mayores beneficios, bien sean por ingresos o por margen, tendrán como uno de los criterios principales de evaluación el análisis de la curva Beneficio vs Tiempo. Este tipo de organizaciones se dedicará en esta fase a estudiar minuciosamente cual es el coste total del proyecto, el plazo de retorno de la inversión, el valor actual neto, la tasa interna de rentabilidad y el índice de beneficios frente costes entre otros aspectos financieros.

Por otro lado, Organizaciones o entidades sin ánimo de lucro como pueden ser algunos Centros tecnológicos o Universidades, valoran el proyecto en

función del beneficio que éste puede ofrecer al usuario final o a la Sociedad, por lo que dejarán los factores económicos y de rentabilidad del proyecto relegados a un segundo plano, pues entienden que no es el objeto final los Proyectos de I+D. De hecho, Universidades, Centros de investigación y tecnológicos apuestan por la I+D como medio para ampliar sus conocimiento sobre tecnologías que le permitan seguir avanzando y así cada vez desarrollar Proyectos de I+D más ambiciosos. El poder que tengan las partes interesadas, bien sea mediático, político, de influencia o de cualquier otro tipo, en los resultados del proyecto también será crucial a la hora de seleccionar el proyecto a realizar.

Generalmente las entidades sin ánimo de lucro aceptan un elevado riesgo en cuanto a resultados en sus proyectos y un alto desembolso económico, al mismo tiempo que ofrecen numerosos resultados beneficiosos para la Sociedad. Por ello, en muchos casos los proyectos que desarrollan están financiados o apoyados económicamente por Organismos e Instituciones Públicas o Privadas mediante diferentes tipos de convocatorias.

Analizar el esfuerzo y los recursos necesarios también es crítico en este punto. Se da por hecho que los proyectos exigen en la inmensa mayoría un alto esfuerzo económico, de personal y de recursos, pero este nivel de esfuerzo es aún mayor en los Proyectos de I+D, por lo que es imprescindible antes de comenzar a ejecutar cualquier Proyecto de I+D un análisis de las inversiones, recursos y plazos que éste requerirá al mismo tiempo que un análisis de los resultados y beneficios esperados para garantizar que la entidad tiene capacidad para llevarlos a cabo.

El grado de incertidumbre y los riesgos asociados que la organización quiera asumir también será otro criterio fundamental a la hora de seleccionar los proyectos que llevarán a cabo. Este aspecto está de nuevo íntimamente

relacionado con el tipo de entidad que desarrolla el proyecto. Las empresas serán más propensas a ejecutar proyectos con bajo grado de incertidumbre que les permita obtener beneficios económicos con alta probabilidad y con un retorno económico rápido mientras que los Centros de Investigación, tienden a orientarse hacia proyectos que les permitan obtener mayor conocimiento a partir de actividades de investigación, a pesar de que esto suponga que los proyectos tengan mucha mayor incertidumbre en cuanto a resultados y no sea posible asegurar el éxito técnico del proyecto.

La Figura 17. Relación entre la entidad y el grado de incertidumbre del proyecto muestra la relación entre el tipo de organización que desarrolla el proyecto de I+D y el grado de incertidumbre asociado a éstos.

#### **Entradas**

Ideas generadas en la fase anterior documentadas

#### **Herramientas**

- Curva Beneficio vs Tiempo
- Indicadores financieros (coste total del proyecto, el plazo de retorno de la inversión, el valor actual neto, la tasa interna de rentabilidad y el índice de beneficios)
- Estudios de marketing
- Tabla de puntuación para la priorización de los proyectos con criterios ponderados en función de los criterios de la organización.

#### **Actividades**

- Análisis de la disponibilidad de recursos, necesidades de financiación, necesidades de inversión, beneficios para la organización y para la Sociedad, rentabilidad, grado de incertidumbre y nivel de riesgo a asumir, requerimientos específicos de convocatorias (si aplica), interés de los *stakeholders*, etc.
- Priorización de los posibles proyectos acorde a la estrategia de la organización (visión, misión y tipo de negocio) mediante los criterios de ponderación que se establezcan como adecuados. Se deberá analizar y evaluar el valor que da el cliente o el usuario final y el esfuerzo estimado.

#### **Salidas**

- Justificación del proyecto
- Funcionalidades o requerimientos priorizados
- Interesados y usuarios del resultado
- Documentación de referencia que se utilizará para la Definición y Planificación del proyecto. Incluirá: Puntuación del proyecto según los criterios marcados por la organización. Entregable con los beneficios esperados
- Plan tecnológico: Documento en el que se definen los Diferentes proyectos de I+D que la organización tiene objeto de desarrollar o está desarrollando.

TIPO DE ORGANIZACIÓN	GRADO DE INCERTIDUMBRE	TIPO DE PROYECTO
EMPRESA	MUY BAJO	Adopción de innovaciones muy conocidas
	BAJO	Modificación de innovaciones muy conocidas
	MEDIO	Innovación en productos/procesos conocidos
	ALTO	Gran Innovación de Producto/proceso
	MEDIO	Innovación radical de producto/proceso
CENTRO DE INVESTIGACIÓN	TOTAL	Proyecto de investigación

Figura 17. Relación entre la entidad y el grado de incertidumbre del proyecto

#### 4.1.1.3 FASE III: DEFINICIÓN DEL PROYECTO (Etapa de Inicio)

Una vez seleccionado la idea a desarrollar, si es que hubiera más de una, se deberá proceder a definir el Proyecto de I+D a desarrollar. Éste es un proceso complejo, ya que debido al alto grado de incertidumbre que estos proyectos conllevan es previsible que la definición inicial no se ajuste a la realidad final e intermedia conforme el proyecto se vaya desarrollando, y no será hasta estadios más avanzados del proyecto cuando queden patentes las posibilidades reales del mismo y su verdadero alcance, siendo frecuente que sea entonces cuando aparezcan otras nuevas líneas de investigación que también resulten prometedoras. No obstante, este paso de Definición no deja de ser fundamental para marcar una línea base sobre la que poder comparar y valorar los resultados que se vayan obteniendo.

Se debe destacar que esta primera fase de Definición tiene ciertas diferencias atendiendo a si el proyecto tiene un carácter interno o externo para satisfacer la necesidad de un cliente o usuario. Para los proyectos de carácter externo es necesario lograr una oferta que tenga tanto la finalidad

comercial como técnica equilibradas, mientras que para los de carácter interno será aconsejable que aspectos relacionados con el proyecto, como pueden ser los objetivos, queden recogidos para contar con un marco de referencia que será útil tanto al equipo del proyecto, al director del proyecto, como a la organización,

En los Proyectos tradicionales el alcance muestra la “ambición” del proyecto, lo que quiere conseguir. En los Proyectos de I+D, cuanto mayor sea el alcance, previsiblemente más investigación implicará, y más difícil será alcanzar los objetivos previstos inicialmente por las incertidumbres que el proyecto conlleva y por los consecuentes riesgos tecnológicos, presupuestarios, etc. que el proyecto presente.

#### Entradas

- Documentación de Referencia
- Plan Tecnológico de la Organización.

#### Herramientas

- Reuniones con el Director del Proyecto de I+D y miembros del equipo
- Reuniones con los *stakeholders*
- Plan de comunicación

#### Actividades

- Identificación de los miembros del equipo más idóneos dentro de la organización en función de sus conocimientos, experiencia, actitud y aptitud.
- Definición del alcance del proyecto expresando la problemática que el proyecto pretende justificar. Definición de los objetivos
- Definición del cambio que se espera una vez termine el proyecto
- Definición de los *stakeholders* del proyecto
- Definición del *Backlog* inicial: conjunto de tareas, requerimientos y las funcionalidades requeridas por el proyecto
- Definición de los entregables
- Aprobación de la Formulación del proyecto por parte de los *stakeholders* involucrados en su ejecución.
- Compromiso de la Dirección y Organización con el proyecto.
- Validación del alineamiento del proyecto con los objetivos generales del negocio y de la organización
- Autorización del proyecto
- Reunión de lanzamiento para exponer los aspectos relevantes de la Formulación del proyecto y el informe de Definición, asegurar que existe concordancia en cuanto a la definición entre los participantes acerca de las premisas del proyecto

## Salidas

- Plan Global del Proyecto: Documento para la planificación y el seguimiento del proyecto con los aspectos más relevantes del proyecto (podrán sufrir modificaciones por cambio de entorno, nuevas oportunidad, nuevas funcionalidades, actualización de la definición del Proyecto)
- Especificación de los Requerimientos: listado en el que se registran los requisitos que debe cumplir el producto/proceso a desarrollar
- Equipo de trabajo y necesidad (si aplica) de nuevas incorporaciones
- Contrato o Conformidad del Documento de Formulación del proyecto
- Formalización del inicio del proyecto

### 4.1.2 ETAPA DE PREPARACIÓN

Consiste en la ejecución de los trabajos definidos en la Planificación del Proyecto para lograr los requisitos del proyecto de I+D

#### 4.1.2.1 *FASE IV: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.*

En la planificación se describirá de forma básica como se afrontará el proyecto estructurándolo en actividades e hitos y asignando recursos a cada una de éstos en función de las necesidades previstas.

Las incertidumbres ligadas a los Proyectos de I+D harán inevitable que se produzcan numerosas modificaciones sobre la planificación inicial. Conforme mayor sea la flexibilidad de la organización y el equipo de trabajo frente a las modificaciones en la planificación que se requieran, más probabilidad de éxito tendrá el proyecto.

El alto grado de incertidumbre de los Proyectos de I+D dificulta enormemente la planificación de las actividades en las que se descompone el proyecto, pudiendo detallar únicamente con seguridad la siguiente consecutiva a la etapa en la que se esté. Por ello la planificación de actividades no inmediatas se considera un reto en la gestión de los proyectos de I+D, siendo muy importante el poder reducir en la medida que sea posible esta incertidumbre con objeto de poder distribuir los recursos conforme a las necesidades reales que se vayan produciendo.

Por ello, diferenciaremos entre dos tipos de Planificaciones:

- Planificación inicial al comienzo del proyecto, tras la etapa de Definición del Proyecto, y
- Planificación continua, a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, debido a los cambios y riesgos que el proyecto deba afrontar.

El segundo tipo de Planificación será aquel que es un proceso iterativo que se repite constantemente conforme el Proyecto se va ejecutando, realizándose continuamente redistribuciones o modificaciones presupuestarias, temporales, de requerimientos, alcance y/o de asignación de recursos. En conclusión, un requisito fundamental que siempre debe preceder a la realización de todo trabajo de I+D es la Planificación del trabajo teniendo en cuenta los datos actualizados tras realizar el control. El plan del proyecto deberá describir los objetivos, la estructura proyecto, las relaciones entre los diferentes subprocesos y fases, los contenidos de los trabajos y las conclusiones disponibles al finalizar cada fase tras la replanificación.

Tanto la planificación como las fases que se engloban dentro de la Ejecución (Investigación y Desarrollo) son los grandes retos a los que se enfrentan los Proyectos de I+D puesto que cuanto más grado de innovación tengan éstos, con más frecuencia aparecerán incertidumbres que motivarán modificaciones frecuentes en el *planning* establecido inicialmente, que bien podrán traducirse en modificaciones en la estimación de plazos y costes, reuniones frecuentes de revisión, retrasos que exijan una ampliación en los recursos, intranquilidad por parte de la dirección ante la falta de resultados o retraso/paralización en las actividades entre otras que dificultarán la planificación continua que se hace en este tipo de proyectos.

En cuanto a la planificación del equipo en los Proyectos de I+D, ésta incluye tanto la selección del personal como de los recursos tecnológicos. Ambas selecciones son críticas para el buen desarrollo del proyecto ya que los proyectos de I+D deben ser ejecutados por un equipo multidisciplinar con personal experto y con alto conocimiento sobre la materia y la tecnología que se trata. La faceta multidisciplinar del equipo proporcionará conocimientos complementarios que permitirán detectar de forma temprana riesgos no previsto inicialmente. En relación a la tecnología a utilizar, se deberá estudiar tanto la fiabilidad como la disponibilidad de ésta para poder analizar los posibles riesgos tecnológicos asociados al proyecto.

#### **Entradas para la Planificación Inicial**

- Definición del proyecto
- Especificaciones de los requerimientos del producto/proceso a desarrollar
- Documentación de referencia

#### **Entradas para la Planificación Continua**

- Salidas de la fase de Investigación básica, aplicada, o de desarrollo.
- Desviaciones con respecto al plan previsto
- Actualización de la Definición del Proyecto
- Informe de lecciones aprendidas

#### **Herramientas**

- Reuniones con los *stakeholders* y miembros del equipo
- Descomposición en paquetes de trabajo
- Gráfico de Gantt, PERT, diagrama de tiempos con interdependencias, etc.

#### **Actividades**

- Planificación del alcance
- Definición de la estimación de la duración y secuenciación e interacción de las actividades
- Estimación de los costos del proyecto
- Planificación de las condiciones de calidad y criterios de verificación.
- Planificación de los recursos (personas, equipos y materiales)
- Identificación de los riesgos e incertidumbres y definición de acciones concretas
- Redefinición de los objetivos del proyecto
- Proporcionar el foro para que la información se comparta con los miembros del equipo y los stakeholders.
- Planificación organizacional

#### **Salidas (tanto de la Planificación Inicial como de la Planificación Continua)**

- Plan de seguimiento: Hitos que se tienen que cumplir a lo largo del proyecto
- Alcance del proyecto actualizado
- Presupuesto actualizado
- Especificación de validación actualizada para controlar la calidad del proyecto.

- 
- Estructura del equipo de trabajo y recursos necesarios actualizada
  - Plan de contingencias actualizado
  - Revisión de lecciones aprendidas
- 

### 4.1.3 ETAPA DE EJECUCIÓN

La Etapa de Ejecución es la etapa en la que se coordinan los recursos humanos, tecnológicos y materiales de acuerdo a lo establecido en la Etapa de Preparación a fin de realizar las actividades necesarias para lograr los objetivos del Proyecto de I+D.

En la presente propuesta metodológica la Etapa de Ejecución se ha dividido en tres, la Investigación Básica o Fundamental, la Investigación Aplicada y el Desarrollo, fases que conforman los Proyectos de I+D.

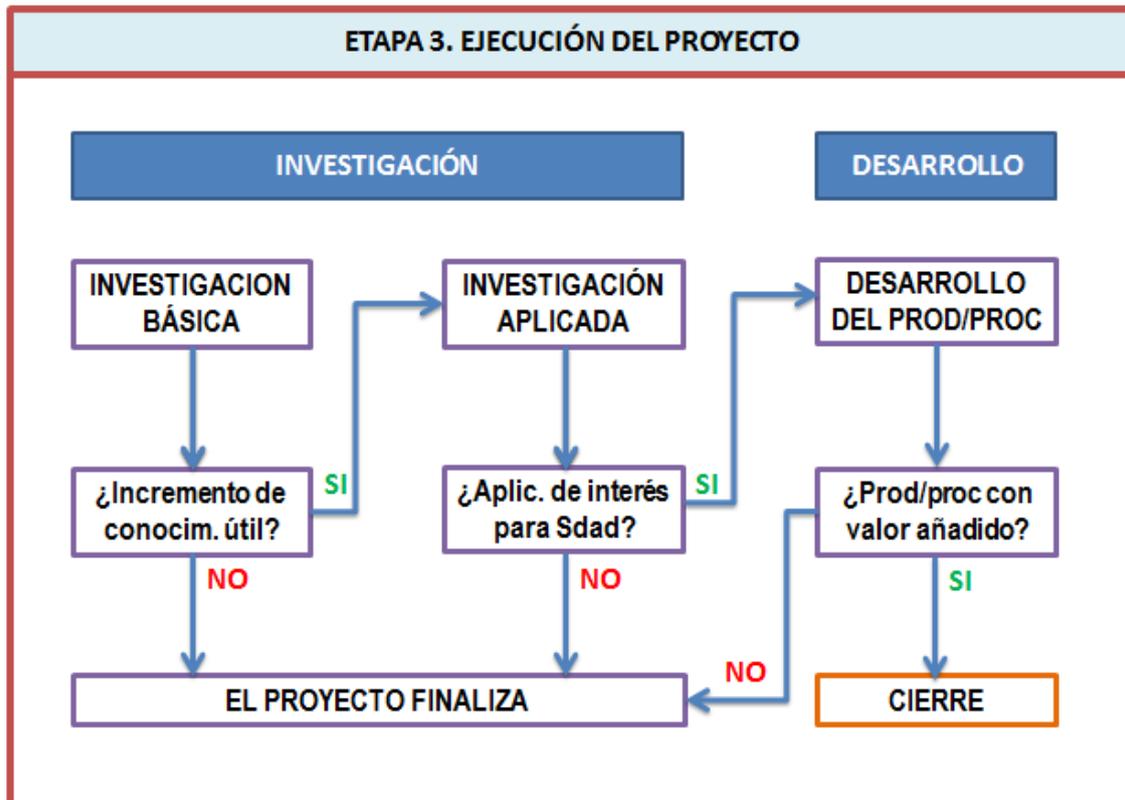
#### 4.1.3.1 *FASE V: INVESTIGACIÓN BÁSICA o FUNDAMENTAL*

Se entiende como Investigación Básica o Fundamental a la investigación desarrollada en busca el descubrimiento de leyes o principios básicos que constituyen el punto de apoyo en la solución de alternativas.

La investigación básica se orienta al incremento de información conceptual de una ciencia natural o particular, siendo el punto de partida para las posteriores fases. Esta se caracteriza por el análisis de lo conocido y lo desconocido, dicho de otra manera, el análisis de las incertidumbres con las que se cuentan y las que hay que superar.

Se debe tener en cuenta que en esta fase todavía es generalmente desconocido si la idea en sí misma es racional o no. Por supuesto, cuando más investigación requiera el proyecto o más gap tecnológico pretenda superar, más difícil será garantizar la racionalidad de la idea. Por todo ello la investigación en este punto suele ser compleja, si bien una vez esta fase termina es posible redefinir de una manera más clara el alcance y el

concepto del Proyecto de I+D, lo que implicará una replanificación del proyecto.



#### Entradas

- Leyes o principios conocidos
- Revisión de lecciones aprendidas de proyectos previos

#### Herramientas

- Bases de información
- Herramientas de comunicación
- Herramientas de generación y transmisión de conocimiento

#### Actividades

- Investigación básica
- Coordinar los recursos, y el desarrollo del equipo
- Aseguramiento de la calidad
- Selección de los subcontratistas
- Gestión del conocimiento y comunicación
- Gestión de los riesgos e incertidumbres

#### Salidas

- Nuevas leyes o principios básicos que constituyen el punto de apoyo en la solución de alternativas
- Incremento de información/conocimiento conceptual de una ciencia natural o particular

- 
- Resultados con los que se hará la redefinición del alcance del proyecto (si aplica)
- 

#### 4.1.3.2 FASE VI: INVESTIGACIÓN APLICADA

Se define como Investigación Aplicada a la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la Sociedad, siendo el propósito fundamental de los Proyectos de I+D el actuar como un nexo entre la Investigación Fundamental y el posterior Desarrollo. Dicho de otra manera, la Investigación Aplicada busca confirmar que el conocimiento obtenido en la Investigación Fundamental puede ser utilizado de forma práctica en una aplicación que ofrezca un beneficio mediante un Desarrollo posterior.

La Investigación Aplicada se fundamenta en los resultados de la Investigación Básica o Fundamental pero eso no significa que entre ellas exista una separación absoluta. En la práctica, toda Investigación Básica está impregnada de una necesidad práctica social para resolver, mientras que la Investigación Aplicada no podría desarrollarse al margen de conocimientos teórico-básicos obtenidos en la primera. La investigación Aplicada es por tanto la responsable de demostrar que el proyecto es viable de acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas en la fase de Investigación Fundamental. En consecuencia, la Investigación Básica y la Investigación Aplicada son dos tipos separados de actividades, fases de un proceso único que junto con el Desarrollo se denominan comúnmente I+D (Investigación y Desarrollo).

Para *Murillo* [23], [39], autor de más de un centenar de publicaciones entre las que destacan las relacionadas con la gestión de proyecto, la Investigación Aplicada se caracteriza por buscar la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

La importancia de la Investigación Aplicada radica en las consecuencias prácticas de los hallazgos de la investigación para su aplicación inmediata o futura, enmarcada en la evidencia de una realidad dada.

En conclusión, la Investigación Aplicada constituye un enlace importante entre ciencia y sociedad. Con ella los conocimientos son devueltos a las áreas de demanda donde se da el problema o la situación a ser mejorada o transformada. En cuanto a la importancia para el equipo de trabajo, esta fase se considera fundamental por las oportunidades de aprendizaje y sentido de pertenencia de propiedad que aporta. En esta fase la Gestión del Conocimiento adquiere un papel protagonista.

#### **Entradas**

- Leyes o principios básicos descubiertos en la Investigación básica
- Redefinición del alcance del proyecto (en la planificación, si aplica)
- Revisión de lecciones aprendidas de proyectos anteriores e Investigación Básica

#### **Herramientas**

- Bases de información
- Herramientas de comunicación
- Herramientas de generación y transmisión de conocimiento

#### **Actividades**

- Investigación aplicada
- Coordinar los recursos, y el desarrollo del equipo
- Aseguramiento de la calidad
- Selección de los subcontratistas
- Gestión del conocimiento y comunicación
- Gestión de los riesgos e incertidumbres

#### **Salidas**

- Conocimiento aplicado y/o prototipo de laboratorio (si aplica)
- Resultados con los que se hará la redefinición del alcance del proyecto (en la planificación, si aplica) o el posterior Desarrollo.

#### **4.1.3.3 FASE VII: DESARROLLO**

Dentro de los Proyectos de I+D, la fase de Desarrollo es donde las empresas despliegan todo su conocimiento o *Know-how* obtenido de las fases anteriores. Esta fase busca transformar un conocimiento aplicado o

prototipo tecnológico de laboratorio en un prototipo tecnológico comercializable, es decir, que opera en condiciones reales de uso.

En los proyectos tradicionales, generalmente, esta fase es la que menos problemas suele presentar, si bien en los Proyectos de I+D esto es diferente debido a las Incertidumbres intrínsecas que presenta y que pueden aparecer en cualquier momento. En esta fase son los riesgos tecnológicos los que presentan una mayor amenaza para el proyecto, entendiendo éstos como los riesgos originados por el continuo incremento de herramientas y aplicaciones tecnológicas.

Anteriormente ya se ha comentado la importancia de evaluar las incertidumbres y riesgos que se van asumiendo y analizar los resultados que se esperan lograr con objeto de conocer si es conveniente paralizar o no la ejecución del proyecto. Esto es clave analizarlo en profundidad antes de realizar la mayor parte de las inversiones necesarias, las cuales en la mayoría de los casos suelen ser en la fase de Desarrollo.

#### **Entradas**

- Conocimiento aplicado y/o prototipo de laboratorio
- Redefinición del alcance del proyecto (si aplica)
- Revisión de lecciones aprendidas de los proyectos y fases anteriores

#### **Herramientas**

- Bases de información
- Herramientas de comunicación y de conocimiento

#### **Actividades**

- Desarrollo del producto/proceso innovador
- Coordinar los recursos, y el desarrollo del equipo
- Aseguramiento de la calidad
- Selección de los subcontratistas
- Gestión del conocimiento y comunicación
- Gestión del riesgo

#### **Salidas**

- Prototipo tecnológico comercializable
- Protocolos de ensayos
- Resultados con los que se hará la redefinición del alcance del proyecto (en la planificación, si aplica)

#### 4.1.4 ETAPA DE CIERRE

El cierre es la etapa del proyecto en el que éste finaliza, en la que:

- formalmente se da por concluido
- se reúne y archiva toda la información generada para su uso posterior en otros proyectos

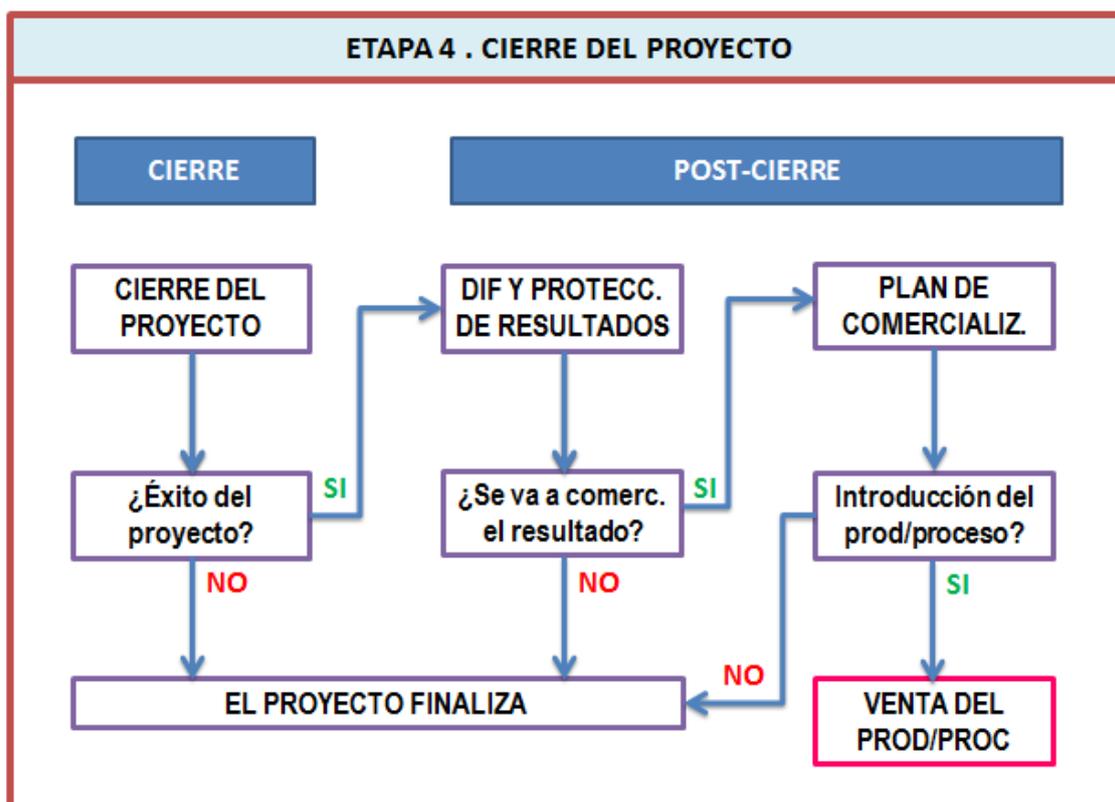
El cierre es fundamental en un proyecto y nunca se debe obviar. En la presente propuesta se ha dividido esta etapa en tres fases: Cierre del Proyecto, Plan de Difusión y Plan de Comercialización. Destacar que las dos últimas realmente se realizan tras el Fin del Proyecto de I+D, pero se cree conveniente incluirlas dentro de esta etapa.

##### 4.1.4.1 *FASE VIII: CIERRE DEL PROYECTO*

Como se ha ido argumentando a lo largo de todo el TFM, a diferencia de los proyectos “tradicionales”, los proyectos de I+D no tienen por qué terminar con los objetivos y resultados que en un principio se definieron, ya que el éxito de los Proyectos de I+D no se mide en la consecución de los objetivos logrados en la Definición del proyecto, sino en la obtención de resultados que puedan ser beneficiosos para la sociedad. Así, un proyecto que genere un resultado diferente al que se quería inicialmente será aceptable si éste resulta beneficioso.

Los proyectos de I+D normalmente finalizan cuando finaliza el plazo definido inicialmente para la ejecución de éste, esto ocurre sobre todo en los proyectos que se ciñen a convocatorias, o bien cuando se termina el presupuesto asignado, lo que es más común en las empresas que cuentan con un presupuesto limitado al Departamento de I+D. En otros casos puede finalizar por pérdida de interés, por falta de la dirección, por un cambio en los objetivos estratégicos de la organización, por la pérdida de algún recurso

imprescindible, por la incapacidad de resolver un problema que aparezca y que no se contemplaba, etc.



De cualquier modo, la finalización del proyecto debe servir para identificar puntos de mejora que permitan optimizar trabajos futuros. En muchas ocasiones no se dedica el tiempo suficiente a reflexionar sobre las lecciones aprendidas durante la vida de sus proyectos. Por ello el Director y el equipo de trabajo deberán analizar el conocimiento generado, identificar aciertos y errores, y concretar recomendaciones para futuros proyectos, acciones que deberían ser prácticas obligatorias en los Proyectos de I+D.

Lo ideal sería que esta práctica se realizase al finalizar cada una de las fases anteriores, de forma que no sea necesario finalizar el proyecto para que el conocimiento generado y la identificación de los aciertos y errores puedan ser reconocidos y utilizados en otros proyectos.

### Entradas

- Información de los participantes: clientes, proveedores, miembros del equipo,
- Revisión de lecciones aprendidas

### Herramientas

- Herramientas de comunicación
- Herramientas de conocimiento, especialmente de transmisión y medición.

### Finalización del proyecto

- Cierres de los contratos pendientes
- Cierre administrativo y cuentas en bancos, a excepción de los proyectos que participen en convocatorias según bases.
- Borrador del plan de Difusión
- Borrador del plan de seguimiento posterior comercialización, ventas, post-venta...
- Informe de cierre.
- Presentación y valoración final de logros frente a los previstos
- Valoración final de la gestión del proyecto
- Búsqueda de nuevas oportunidades

### Finalización de las fases

- Cierres de los contratos que corresponda
- Recogida de información de los participantes: clientes, proveedores, miembros del equipo,
- Reconocimiento de la contribución de los miembros del equipo participantes
- Valoración y comunicación de los resultados intermedios obtenidos frente a los previstos.

### Salidas

- Cierre administrativo (total o de las actividades que proceda)
- Informe de finalización del proyecto con documentos descriptivos sobre la ejecución de todas las actividades (con indicación de recursos, costes y tiempos consumidos, así como las modificaciones efectuadas al plan).
- Resumen de los problemas encontrados y las decisiones importantes tomadas a lo largo del proyecto. Lecciones aprendidas.
- Análisis de las incidencias y no conformidades habidas a lo largo del proyecto
- Experiencia general obtenida a lo largo del proyecto en ámbitos como la metodología, la organización, los procedimientos, la planificación
- Presentación y valoración final de logros frente a los previstos
- Valoración final de la gestión del proyecto y Lecciones aprendidas

En esta etapa la Gestión de la comunicación y la transferencia de conocimiento son fundamentales para lograr extraer el máximo de información útil que sirva para futuros proyectos.

#### 4.1.4.2 FASE IX: PLAN DE DIFUSIÓN Y PROTECCIÓN DE RESULTADOS (Fase Post-cierre)

##### 4.1.4.2.1 PLAN DE DIFUSIÓN

El impacto de un Proyecto de I+D depende en gran medida de las actividades de comunicación y difusión que se realicen tras la obtención de los resultados.

La mayoría de los Proyectos de I+D, independientemente de que logren los resultados planteados inicialmente, permiten obtener nuevos conocimientos o resultados que pueden ser muy útiles para otros proyectos y aplicaciones. Es por ello por lo que muchas organizaciones suelen llevar a cabo actividades de difusión mediante las cuales muestran los logros obtenidos, lo que les permite mejorar su reputación y mejorar su posición competitiva a la hora de optar a desarrollar proyectos con alcances más ambiciosos. Esto es muy común en los Centros de Investigación, Centros Tecnológicos y Universidades. Por el contrario, muchas empresas se muestran recelosas a la hora de hacer público los resultados que obtienen, pues consideran que la publicación de los logros obtenidos puede ser una amenaza para la actividad de la empresa debido al uso que puedan hacer los competidores. Estas últimas entidades no optarán por realizar un Plan de Difusión o lo harán en un núcleo reducido y de confianza.

Centrándonos en las organizaciones que sí que apuestan por la Difusión de los resultados, generalmente el Plan de Difusión comienza con la publicación de los resultados en revistas científicas o tecnológicas que, a ser posible, sean de alto impacto internacional. También será común realizar esta Difusión mediante la participación en congresos y *workshops* (talleres). Será muy importante prestar especial atención a la divulgación de los resultados que tengan un componente multidisciplinar importante, pues los resultados

que tienen mayor potencial al combinar diferentes tecnologías o campos de investigación requerirán de una mayor divulgación para encontrar alianzas.

Herramientas de difusión y divulgación habitualmente utilizadas en los Proyectos de I+D que participan en Programas de la Comisión Europea son reuniones de “clusters” de proyectos, jornadas de información, listas y boletines de difusión, contactos de las OTRI de las universidades para difundir los resultados y establecer contactos con potenciales usuarios de estas tecnologías, entre otros.

#### 4.1.4.2.2 PROTECCIÓN DE RESULTADOS

Por otro lado, tras finalizar el proyecto, será necesario dejar constancia de los resultados obtenidos a raíz su desarrollo, aparte de la Difusión que se haga, mediante la protección de los resultados generados. La difusión de estos resultados a través de las publicaciones no será suficiente para que la sociedad se beneficie de estos avances. Es a través de las patentes y otras formas de protección como se favorece el acercamiento al entorno industrial y la posible comercialización de los mismos con el consiguiente beneficio para la sociedad, objeto final de los Proyectos de I+D.

Algunas de las razones a favor de patentar los resultados de la I+D son:

- Adquirir una ventaja competitiva en el mercado al tener el derecho exclusivo sobre la invención patentada.
- Contribuir a recuperar los gastos y obtener un mayor rendimiento de las inversiones realizadas en I+D.
- Ceder a otros bajo licencia los derechos sobre la invención, generando ingresos adicionales para la organización.
- Utilizar patentes de las que es titular la propia organización para negociar acuerdos de concesión de licencias cruzadas con otra entidad.

- Proporcionar acceso a nuevos mercados.
- Reducir los riesgos de infringir los derechos de otros al comercializar sus productos.
- Aumentar la capacidad de obtener financiación.
- Aumentar la capacidad de la empresa a la hora de tomar medidas legales contra quienes copien o imiten su invención protegida.

No obstante, conviene tener presente que no siempre que una invención es susceptible de patentada se debe solicitar la protección por patente, ya que esta última no implica necesariamente que vaya a derivar a una tecnología o un producto comercialmente viable. Por todo ello es prioritario valorar en primer lugar las ventajas y los inconvenientes de proceder con la patente y tener en cuenta otras posibles alternativas. Así, existen otros derechos de propiedad intelectual que pueden ser adecuados a la hora de proteger una innovación, entre los que están modelos de utilidad, secretos comerciales, diseños industriales, registros de marcas, derechos de autor...etc.

En cualquier caso, una protección adecuada permitirá defender las creaciones frente a copias, ya que si no se protegen, pierden valor comercial, y ya no interesan a las empresas que deben realizar inversiones importantes para la industrialización de los resultados. Así, la protección permite a la empresa explotadora una ventaja competitiva que permite recuperar la inversión que debe acometer para llevar los resultados al mercado.

El término inglés IPR (*Intellectual Property Rights*) se utiliza para designar los derechos que tienen que ver con las creaciones. Engloba:

- *Derechos de Propiedad Intelectual:*  
Derechos sobre creaciones originales artísticas, literarias o científicas, incluido el software. Surge automáticamente desde la creación.

- *Derechos de Propiedad Industrial:*

Derechos sobre invenciones técnicas, de diseño o signos distintivos del comercio. Surge con el registro en el organismo correspondiente y engloba a las patentes, modelos de utilidad, marcas y diseños.

En relación a los Proyectos de I+D, los resultados de la Investigación Aplicada son considerados jurídicamente como derechos, y en el marco nacional e internacional asume la forma de patente. Sin embargo, es necesario resaltar que no todo invento o resultado tecnológico es patentado ya que en algunos casos prevalece el deseo de mantener el secreto del resultado, con miras a que la competencia no actúe.

## PLAN DE DIFUSIÓN Y PROTECCIÓN DE RESULTADOS

### Entradas

- Conocimiento y resultados finales del proyecto,
- Informe de finalización de proyecto
- Estudios de la competencia
- Análisis de mercados

### Herramientas

- Reuniones de “clusters” de proyectos, jornadas de información, listas y boletines de difusión, contactos de las OTRI de las universidades para difundir los resultados, contactos con potenciales usuarios de los resultados, entre otros.
- Bases de datos para valorar la posibilidad de patente: *IPR Digital Library, Patentscope, Invenes, European Patent Office, UNited Status Patent Office, FreePatents OnLine.*
- OTRIs

### Actividades

- Difusión en la Web. Actividades de formación y Jornadas de demostración, etc.
- Participación en foros, congresos profesionales o ferias.
- Publicación en revistas empresariales, profesionales, científicas o sectoriales en función del ámbito del proyecto y su aplicación.
- Notas de prensa y folletos explicativos del proyecto
- Acuerdos con otras entidades para la difusión y divulgación de los resultados.
- Valoración de las ventajas y desventajas de proteger intelectualmente los resultados obtenidos,
- Valorar la patentabilidad (si aplica) de los resultados
- Tramitar la patente o protección intelectual de los resultados (si aplica).

### Salidas

- Plan de Difusión y divulgación de los resultados
- Protección de Resultados (patentes, secreto industrial...)

#### 4.1.4.3 FASE X: PLAN DE COMERCIALIZACION (Fase Post-cierre)

##### 4.1.4.3.1 PLAN DE EXPLOTACIÓN DE RESULTADOS

Por otro lado, tras la finalización del proyecto se deben definir claramente las acciones que se van a llevar a cabo para la explotación de los resultados del proyecto, que deben quedar plasmados en el correspondiente Plan de Explotación. En este Plan se deberán explicar los beneficios que representan los resultados del proyecto tanto para las partes implicadas como para el resto de la industria y sociedad que podrían verse beneficiados.

Queda claro que los Centros Tecnológicos, de Innovación o Universidades fomentan el incremento de la competitividad de las empresas, así como el desarrollo sostenible de las regiones a las que pertenecen. Es por ello, que el Plan de Explotación que se realiza en cada Centro estará estrechamente relacionado con el tipo y nivel de investigación e innovación que desarrollan y tendrá distinto alcance al que pudiera tener el de una empresa con ánimo de lucro. Así, en el caso de los Centros Tecnológicos, de Innovación o Universidades, el Plan de Explotación de los resultados generados se realiza de forma general por las OTRIs (Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación), mientras que en las empresas u organizaciones de gran tamaño son los Departamentos de Marketing los encargados normalmente.

Los planes de explotación de resultados engloban las actividades relacionadas con el uso de las tecnologías y conocimientos obtenidos, además de otros resultados transferibles a terceros, que son desarrollados en el marco de un Proyecto de I+D.

En este punto se debe comentar, que en el caso de que los resultados de la I+D hubieran sido protegidos, en la Explotación se puede estudiar la posibilidad de trasladar la explotación comercial a una tercera parte. En este

caso se puede optar entre dos figuras, la Cesión o la Licencia. La diferencia fundamental entre estas dos radica en que la Cesión transmite la titularidad de la invención, mientras que en la Licencia se transmite únicamente el derecho de propiedad industrial.

#### 4.1.4.3.2 PLAN DE COMERCIALIZACIÓN

Las empresas y entidades que quieran explotar económicamente los resultados obtenidos realizarán un Plan de Comercialización, el cual se define como un proceso en el que se evalúa la situación en la empresa y el mercado, para así poder planificar y controlar la introducción de los resultados del proyecto. Obviamente, de igual forma que pasa con el Plan de Explotación de Resultados, este Plan varía según el tipo de negocio, entidad y resultados que se ofrecen.

Algunos mecanismos para transferir la tecnología desarrollada al mercado son el licenciamiento de la tecnología (si ha sido patentada), contrato de transferencia de conocimiento o creación de una nueva empresa de base tecnológica. Las entidades que participen en esta etapa deben demostrar que poseen capacidades y experiencia para comercializar la tecnología., por ello una posibilidad es realizar acuerdos de actividad asociada entre empresas (*joint venture*), Centros de I+D, entidades de capital riesgo de tal forma que sea posible garantizar las capacidades requeridas para la comercialización de la tecnología.

#### PLAN DE COMERCIALIZACION

##### Entradas

- Conocimiento y resultados finales del proyecto,
- Protección de los resultados
- Estudio del mercado

##### Herramientas

- Herramientas de difusión
- OTRIs

### Actividades

- Análisis de las aplicaciones potenciales de los resultados, su posible impacto y duración
- Estudio del Mercado potencial y su cuantificación
- Análisis de los beneficios generados por la explotación de resultados en el ámbito tecnológico, en la imagen, económicos, etc, mediante explotación, cesión o licencia.
- Evaluación de la situación de la empresa/entidad en el mercado
- Definición de nichos de mercado, medios y las estrategias

### Salidas

- Plan de explotación.
- Mercado objetivo
- Plan de comercialización
- Previsión de los retornos económicos.
- Cesión o licencia (si aplica)
- Contrato de transferencia de conocimiento (si aplica)
- Creación de nueva empresa/base tecnológica (si aplica)
- Introducción de los resultados en el mercado.

#### 4.1.5 CONTROL

Antes se ha hablado que un proyecto finaliza cuando se consiguen los resultados marcados inicialmente o por el contrario cuando éste deje de tener interés. Por ello los proyectos deben controlarse analizando en todo momento las desviaciones que se han producido, las incertidumbres presentes y los potenciales riesgos futuros.

El control se define como la monitorización del progreso para tomar acciones correctivas. Así, el Control del Proyecto consiste de forma básica en observar la ejecución del proyecto para que los problemas potenciales se puedan identificar de forma oportuna pudiendo adoptar medidas cuando sea necesario, para que estos problemas no pongan en riesgo el éxito del proyecto.

Al igual que sucedía con la Planificación, en los proyectos de I+D el control es necesario a lo largo de todas las fases del proyecto, ya que si bien en todos los proyectos hay variaciones con respecto a los costes, plazos y alcance de los proyectos, mucho más lo hay en los proyectos de I+D en los que además

de estos aspectos la evolución de los riesgos y la incertidumbre tienen un papel protagonista. El control que haga sobre las modificaciones que se vayan produciendo tendrá un impacto directo en la replanificación del proyecto y permitirá seguir ejecutando el proyecto de forma adecuada minimizando los riesgos. Es decir, el Control proporcionará retroalimentación entre las fases implementando acciones correctivas o preventivas para que el Proyecto de I+D se desarrolle de forma adecuada.

Obviamente, en el transcurso de cualquier proyecto se producen cambios, si bien en los Proyectos de I+D esto es una parte intrínseca de ellos, y además de ser muy habituales tienen grandes implicaciones, por lo que una correcta Gestión de los Riesgos y los Cambios es fundamental dentro del Control.

Los cambios que se produzcan pueden ser el resultado de modificaciones en el rumbo y el alcance del proyecto derivados de los resultados intermedios, de las condiciones del contorno, de desarrollos tecnológicos, de nuevas necesidades, de requerimientos nuevos, de la disponibilidad de los recursos, del estado del mercado, etc. Aparte de realizar el cambio en sí, éste cambio necesitará ser documentado para tener un registro de lo que se está haciendo y poder sacar después las “lecciones aprendidas”.

Lógicamente, cuando se introducen cambios en el proyecto la viabilidad del proyecto tendrá que ser evaluada de nuevo. Para evaluarla a menudo se utiliza el concepto de Punto de Decisión crítica, el cual hace referencia al momento en el que hay que realizar las inversiones más importantes analizando la evolución que ha sufrido la incertidumbre, las cuales se realizan dentro de las fases de Ejecución (Investigación y Desarrollo). En este punto aspectos como el retraso en la consecución de los objetivos previstos, cambios en los objetivos estratégicos, falta de interés de la entidad o promotores, variación de las necesidades, o problemas irresolubles o que

ponen en riesgo la viabilidad de la ejecución del proyecto serán algunos de los muchos aspectos a ser considerados. Dicho de otra manera, el Punto de Decisión Crítica evalúa si el proyecto debe o no continuar en función del esfuerzo ya realizado y los nuevos resultados esperados.

En proyectos tradicionales el momento ideal para esa reflexión es cuando están pendientes los gastos más importantes y la incertidumbre ya ha disminuido notablemente, como se puede ver en la siguiente Figura 18. Decisión crítica. No obstante, como ya sabemos, la incertidumbre en los Proyectos de I+D es incierta y no tiende a desaparecer conforme el proyecto avanza, por lo que normalmente se evalúa que haya un equilibrio entre el esfuerzo estimado a realizar y los resultados que previsiblemente se obtendrán, los cuales irán variando en función de cuando se haga el estudio. En este análisis de Decisión Crítica lo más conveniente será chequear una serie de puntos previamente ponderados por los miembros del equipo, mediante los cuales se decidirá si el proyecto debe o no continuar.

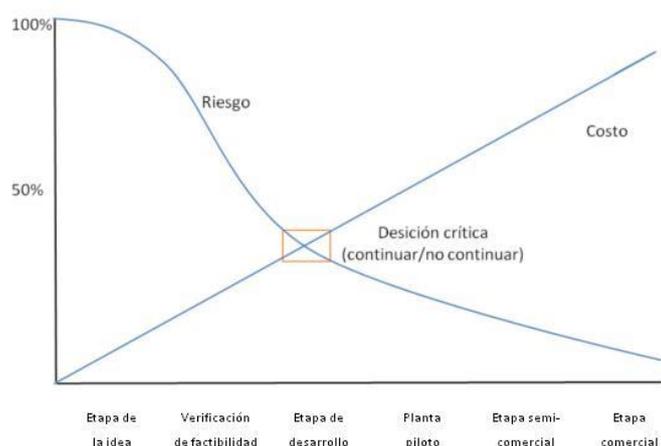


Figura 18. Decisión Crítica

Algunos factores importantes a valorar en la Decisión Crítica de un Proyecto de I+D son: Incertidumbre a la que no se sabe dar respuesta, nueva tecnología o productos que dan repuesta al problema a resolver, efectos

negativos sobre otros productos /procesos/proyectos de la entidad, retraso en la consecución de los objetivos intermedios, falta de recursos, falta de tiempo, cambios en los objetivos estratégicos de la entidad, más presión de otros proyectos sobre los recursos que se comparten, variación del tamaño y las necesidades del mercado, falta de interés por parte de los iniciadores o *stakeholders*, cambios en la legislación, problemas en el suministro de material o con proveedores, riesgo excesivo desde el punto de vista de la dirección, etc.

En conclusión, el Control del Proyecto realizará un Control global de los Cambios, realizando un control sobre los cambios relacionados con el alcance, presupuesto, cronograma, riesgo, una medición del progreso, calidad, utilización y disponibilidad de recursos, etc. Todo cambio deberá ser estudiado y tras ser aprobado documentado para posteriormente sacar conclusiones de los resultados obtenidos tras su implementación. Además se deberá ser consciente de los resultados finales que se obtienen cuando se aplican diferentes cambios, de la interacción que tienen entre ellos y de la influencia sobre el resultado final del Proyecto.

#### **Entradas**

- Variables de seguimiento del proyecto (costes, esfuerzo, alcance, etc)
- Indicadores que permitan monitorizar el estado real del trabajo
- Información sobre el rendimiento del trabajo
- Modificaciones en las características del proyecto y del entorno
- Especificación de validación del sistema
- Incertidumbres y Riesgos potenciales

#### **Herramientas**

- Bases de datos
- Herramientas de comunicación
- Reuniones de seguimiento y control
- Fichas de seguimiento
- Punto de Decisión Crítica

#### **Actividades**

- Observar la ejecución del proyecto
- Medición de las actividades en curso del proyecto, medición del progreso.
- Supervisión del desempeño (general, alcance, cronograma, costos, calidad...)

- 
- Comparar el estado del progreso con lo planificado
  - Evaluación de las incertidumbres y los riesgos
  - Identificar las acciones correctivas para abordar las cuestiones y los riesgos
  - Gestión del equipo, stakeholders y subcontratistas
  - Gestión de los cambios solicitados
  - Evaluación si el proyecto debe o no continuar en función del esfuerzo ya realizado y los nuevos resultados esperados. Análisis del Punto de Decisión Crítica.

#### Salidas

- Desviaciones y cambios documentados.
  - Revisión de la Especificación de validación del sistema
  - Acciones correctivas y/o preventivas. Plan de contingencias.
  - Informe de lecciones aprendidas
  - Informes de desempeño.
-



## 5. CAPITULO 5. CONCLUSIONES

Tras realizar el extenso Estudio del Arte del presente TFM se concluye que a pesar de que los expertos son conscientes de la importancia de la incertidumbre en la gestión de proyectos, debido a que ésta podría ser el desencadenante de un importante factor de riesgo, todavía no se ha llegado a un consenso en una metodología para gestionarlas. No obstante, los expertos sí que llegan a un acuerdo en relación a los factores que influyen respecto a su tratamiento y los aspectos fundamentales que hay que considerar.

A continuación se muestran los aspectos más importantes a tener en cuenta en la Gestión de Proyectos de I+D, objeto del proyecto, los cuales tienen unas características particulares que los diferencian de los demás.

- *Alto grado de incertidumbre.*

Los Proyectos de I+D, debido a la novedad de la investigación o tecnología en la que trabajan, se caracterizan por no contar con conocimiento o experiencia previos, lo que implica trabajar con un alto grado de incertidumbre. Además, debido a la novedad, las incertidumbres que se presentan en ocasiones no pueden siquiera ser previstas por el equipo de trabajo. Es importante considerar esta incertidumbre como una característica de evolución, característica imprescindible en los Proyectos de I+D, puesto que si no se tiene incertidumbre no es posible la evolución.

- *Resultados obtenidos diferentes de los esperados.*

La incertidumbre anteriormente mencionada implica continuos cambios a lo largo de la ejecución del proyecto. Esto puede hacer que el proyecto cambie de rumbo a medida que se va desarrollando, obteniendo unos resultados

diferentes a los esperados, pero no por ello menos válidos. Igualmente esta incertidumbre puede dar como resultado nuevas oportunidades que originen en paralelo la posibilidad de desarrollar nuevos proyectos.

Es importante recordar que el éxito de los Proyectos de I+D no se mide en la consecución de los objetivos iniciales, sino que radica y se mide en el beneficio que los individuos, organizaciones o colectivos puedan obtener de la utilización de los resultados. Por ello, el hecho de no lograr lo inicialmente planteado no implica que el resultado deje de ser válido.

Esto da una idea de por qué una Planificación rígida con el único objeto de conseguir los resultados iniciales planteados no es válida en la Gestión de Proyectos de I+D, siendo necesaria una Planificación “Flexible”.

- *Planificación flexible.*

Muchos expertos consideran que una Planificación tradicional puede suponer un obstáculo en la gestión de estos proyectos, pues su rigidez tiene una influencia negativa en la creatividad y consecuentemente en la generación de ideas y soluciones novedosas mediante las cuales se afronten los riesgos e incertidumbres que surjan. Por ello en estos proyectos es crítico contar con una Planificación flexible capaz de adaptarse a los numerosos cambios que se produzcan durante el proyecto sin penalizar su desarrollo. Esta planificación flexible apuesta por la creatividad, el aprendizaje, la experimentación y el análisis de las lecciones aprendidas.

- *Creatividad.*

Recordar que *Bart* [10] indica que un comportamiento tradicional a la hora de planificar un Proyecto de I+D tiende a fracasar por introducir un control

formal demasiado excesivo que recorta la creatividad, factor que se considera fundamental en los proyectos de I+D.

La creatividad es imprescindible para ejecutar de forma exitosa un proyecto de I+D ya que favorece la generación y el intercambio de ideas, la propuesta de alternativas y soluciones para resolver problemas y la generación de nuevos conocimientos. La organización tendrá un papel esencial a la hora de fomentar una cultura creativa entre sus empleados.

- *Gestión de la comunicación y el conocimiento.*

La generación, distribución y medición del conocimiento es un aspecto crítico dentro de los Proyectos de I+D. Capturar, retener, refrescar y compartir el conocimiento existente y generado durante los proyectos será clave para desarrollar de forma adecuada los Proyectos de I+D y obtener una ventaja competitiva que facilite el desarrollo de otros nuevos.

En conocimiento tácito en este tipo de proyectos adquiere una gran importancia, por lo que es fundamental implantar en la organización una cultura de apertura y aceptación a la hora de compartir el conocimiento existente y el nuevo conocimiento generado.

- *Cultura de la organización.*

Por último, con objeto de gestionar las incertidumbres se debe fomentar una cultura de trabajo en equipo en el que la comunicación fluida permita identificar de forma temprana señales de cambios con un impacto impredecible en el desarrollo del proyecto, y una estructura flexible que permita incluir nuevos miembros en el equipo de trabajo si las circunstancias así lo requiriesen.

El buen liderazgo del Director de Proyecto y el talento del equipo multidisciplinar, experto y creativo, capaz de aportar diferentes puntos de vista serán factores esenciales. Además se deberá prestar especial atención a los futuros usuarios, clientes y proveedores que permitirán completar áreas de conocimiento con las que no cuenta el equipo de trabajo.

En resumen, el presente TFM ha estudiado los factores y aspectos más importantes a considerar en la Gestión de los Proyectos de I+D con objeto de facilitar ésta y se ha presentado una propuesta metodológica basada en el PMBOK teniendo en cuenta los aspectos diferenciales de este tipo de proyectos en comparación con los “tradicionales”, siguiendo las pautas marcadas tras la revisión del Estado del Arte y la propia experiencia.

Se espera que esta propuesta metodológica sirva como base para futuros trabajos en los que se profundice sobre la gestión de la Incertidumbre Desconocida que aparece en los Proyectos de I+D.

## **6. CAPÍTULO 6. TRABAJOS FUTUROS**

Como ya se ha comentado, a pesar de que sí existen herramientas para gestionar los riesgos identificados, actualmente no existe una metodología que pueda ser utilizada de forma generalizada en proyectos con un alto grado de incertidumbre.

Se considera interesante realizar futuras investigaciones en las que se profundice en la identificación de las incertidumbres y la gestión de las Incertidumbres Desconocidas, las cuales representan el verdadero reto en la gestión de los Proyectos I+D.

Por otro lado, aplicar en un caso real la propuesta presentada permitiría valorar cuáles son sus puntos fuertes y débiles con objeto de mejorar, modificar o completar ésta, y así aportar valor ante posibles carencias que ésta demostrase durante su implementación.

Por último, también se sugiere un estudio que compare la eficiencia de esta propuesta metodológica basada en el PMBOK frente a otras basadas en otras metodologías (PRINCE2, SCRUM, XP, DSD, etc.) a la hora de gestionar las incertidumbres.



## 7. CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

- [1] Acebes Fernando, Pajares Javier, Galán José Manuel, López-Paredes Adolfo, 2013 A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics.
- [2] Acebes Fernando, Pajares Javier, Galán José Manuel, López-Paredes Adolfo, 2013; Exploring the influence of Seasonal Uncertainty in Project Risk Management.
- [3] A K Munns and B F Bjeirmi. The role of project management in achieving project success.
- [4] Allen, T.J., Lee, D.M.S., Tushman, M.L., 1980. R&D performance as a function of internal communication, project man management and the nature of the work.
- [5] Al-Jibouri, Saad. Monitoring systems and their effectiveness for project cost control in construction.
- [6] Anton de Witt, 1988. Measurement of project success.
- [7] Artza, Jon, 2011. Análisis de Métodos de Planificación y Control de Proyectos de I+D
- [8] Atkinson Roger, 1999. Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, it is time to accept other success criteria.
- [9] Atkinson Roger, Crawford Lynn, Ward Stephen. 2006. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management.
- [10] Bart, C.K., 1993. Controlling new product R&D projects.
- [11] Beck, Kent. 1999. Extreme Programming Explained: Embrace Change.
- [12] Bryson, J.M., Bromiley, P., 1993. Critical factors affecting the planning and implementation of major projects.
- [13] Brown, S. L.; Eisenhardt, K. M. 1998: Competing on the edge: Strategy as structured chaos
- [14] Browning, T.R., Fricke, E., Negele, H., 2006. Key concepts in modeling product development processes.
- [15] Choi, T.Y., Dooley, K.J., Rungtusanatham, M., 2001. Supply networks and complex adaptive systems: control versus emergence.
- [16] Chu, D., Strand, R., Fjelland, R., 2003. Theories of complexity: common denominators of complex systems.
- [17] Clarkson, P.J., Simons, C., Eckert, C., 2004. Predicting change propagation in complex design.
- [18] Crawford L, Pollack J, England D. Uncovering the trends in project management: journal emphases over the last 10 years.
- [19] De Meyer, A., Loch, C.H., Pich, M.T., 2002. Managing project uncertainty, from variation to chaos.
- [20] D. Dvir, S. Lipovetsky, A. Shenhar, A. Tishler, 1998. In search of project classification: a non-universal approach to project success factors
- [21] Dvir, D., Lechler, T., 2004. Plans are nothing, changing plans is everything: the impact of changes on project success.
- [22] Dov Dvir, Txvi Raz, Aaron J. Shenhar, 2001. An empirical analysis of the relationship between project planning and project success.
- [23] González Alvarez Nuria, Nieto Antolín Mariano, Muñoz Doyague María Felisa. 2001; Management of knowledge as the basis of technological innovation: A case study

- [24] Hansen, M.T. 1999. The search transfer problem: the role of weak ties in sharing knowledge across organization subunits
- [25] Hartman a Francis, Ashrafi Rafi. Development of the SMART Project Planning framework
- [26] Hillson, D., 2002. What is risk? Towards a common definition.
- [27] Hirschi, N.W., Frey, D.D., 2002. Cognition and complexity: an experiment on the effect of coupling in engineering design.
- [28] Horner Reich Blaize , Gemino Andrew, Sauer Chris.2013. How knowledge management impacts performance in projects: An empirical study
- [29] INCOSE, 2007. Systems Engineering Handbook, Version 3.1. International Councilon Systems Engineering.
- [30] Instituto de Estadística de la UNESCO. Medición de la Estadística y el Desarrollo.
- [31] Jaafari Ali, 1998. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift.
- [32] Juaristi Itziar, Gonzalez Irune, 2014. Metodologías para la Gestión de Proyectos.
- [33] Lecher, 2004. Plans are nothing, changing plans is everything
- [34] Lechler, T.G., 1997. Erfolgsfaktoren des Projekt managements.
- [35] Jacobs, M.A., Swink, M., 2011. Product portfolio architectural complexity and operational performance: incorporating the roles of learning and fixed assets.
- [36] Jones, B.S., Anderson, P., 2005. Diversity as a Determinant of System Complexity.
- [37] Jugdev, K., Muller, R., 2005. A retrospective look at our evolving understanding of project success.
- [38] Kauffman, S.A., Levin, S., 1987. Towards a general theory of adaptive walks on ruggedlandscapes.
- [39] Katz, R., Tushman, M.L., 1979. Communication patterns, project performance and task characteristics: an empirical evaluation and integration in an R&D setting.
- [40] Kenichi Imai: Managing New Product Process Development Process: how Japanese Companies Learn and Unlearn
- [41] Knight FH, 1964. Risk, uncertainty and profit.
- [42] Kreiner, K and Schultz, M. 1993. Informal collaboration in R&D. The formation of networkiks across organizations.
- [43] Lipovetsky, S., Tishler, A., Dvir, D., Shenhar, A., 1997. The relative importance of project success dimensions.
- [44] Kristian Kreiner, 1995. In search of relevance: Project Management in Drifting Environments.
- [45] Loch, C.H., Solt, M.E., Bailey, E.M., 2008. Diagnosing unforeseeable uncertainty in a new venture.
- [46] Loch, C. H., A. D. Meyer and M. T. Pich, 2006; Managing the Unknown: a new approach to managing high uncertainty and risk in projects..
- [47] Mallack AM, Patzak GR, Kursted Jr, 1991. Satisfying stakeholders for successful project management
- [48] Marini, Luciana. La innovación, concepto e importancia económica
- [49] Mario Vanhoucke,2010. On the dynamic use of project performance and schedule risk Information during Project tracking
- [50] Martínez Sánchez, Ángel. Pérez Pérez, Manuela, 2002. El control de la eficiencia en las actividades

- de I+D en la empresa industrial española. 2002.
- [51] Martinsuo Miia, Korhonen Tuomas, Laine Teemu. 2013. Identifying, framing and managing uncertainties in project portfolios
- [52] Mulet Meliá, Juan. La innovación, concepto e importancia económica
- [53] Murphy, D., Baker, N., Fisher, D., 1974. Determinants of Project Success. Boston College, National Aeronautics and Space Administration, Boston.
- [54] Nieto, M. 2003: From R&D Management to knowledge management: An overview of studies of innovation management,
- [55] Norma UNE 166000
- [56] Norma UNE 166001
- [57] Nonaka, Konno : The concept of Ba: Building a Foundation for Knowledge Creation'
- [58] Perminova Olga, Gustafsson Magnus, Wikstro Kim , 2007: Defining uncertainty in projects. A new perspective
- [59] Peters, T., 1988. The mythology of innovation, or a skunkworks tale, part 2. In: Tushman, M.L., Moore, W.L. (Eds.), Readings in the Management of Innovation, second ed. Harper Business, New York, pp. 138-147.
- [60] Pich, M. T., C. H. Loch and A. D. Meyer, 2002; On uncertainty, ambiguity, and complexity in project management
- [61] Pinto, J.K., 1986. Project implementation: a determination of its critical success factors, moderators and their relative importance across the project life cycle.
- [62] Pinto, J.K., Mantel Jr., S.J., 1990. The causes of project failure.
- [63] Pinto, J.K., Prescott, J.E., 1990. Planning and tactical factors in the project implementation process.
- [64] Pinto, J.K., Slevin, D.P., 1987. Critical factors in successful project implementation.
- [65] Pinto, J.K., Slevin, D.P., 1987. Critical success factors across the project lifestyle.
- [66] Pinto, J.K., Slevin, D.P., 1988. Project success: definitions and measurement techniques.
- [67] PMI Standards Committee, 2013. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Fifth ed. Project Management Institute, Newtown Square, PA.
- [68] Porter, M.E. (1983): The technological dimension of competitive strategy
- [69] Ranga V. Ramasesh, Tyson R. Browning. A conceptual framework for tackling knowable unknown unknownsin project management M.J. Neeley School of Business, Texas Christian University, TCU
- [70] Raz T, Shenhar AJ, Dvir D. 2002. Risk management, Project Success, and Technological Uncertainty. R&D management
- [71] Roberth Figueroa, Camilo j Solis, Armando A.Cabrera. Metodologías Tradicionales Vs Metodologías Ágiles.
- [72] Rosária de Fátima Segger Macri Russo, Roberto Sbragia, Abraham Sin Oih Yu Determining Factors in the Unforeseeable Uncertainty Management in Innovation Projects
- [73] Shenhar Aaron, Dvir Dov, 1995. Toward a typological theory of project management.
- [74] Shenhar, A.J., Dvir, D., Levy, O., 1997. Mapping the dimensions of project success.
- [75] Shenhar Aaron, Dvir D. , Levy Ofer , Maltz A., 2001 Project Success: A Multidimensional Strategic

- Concept.
- [76] Shtub, A., Bard, J.F., Globerson, S., 2005. Project Management: Processes, Methodologies, and Economics.
- [77] Sommer, S.C., Loch, C.H., 2004. Selectionism and learning in projects with complexity and unforeseeable uncertainty.
- [78] Spender, J.C., 1996. Making knowledge the basis of a dynamic theory of the firm
- [79] Takeuchi, Nonaka, 1986. The New New Product Development Game.
- [80] Terry Cooke-Davies Human Systems Limited, 4 West Cliff Gardens, Folkestone, Kent CT20 1SP, UK The “real” success factors on projects
- [81] Tubig, S.B., Abetti, P.A., 1990. Variables influencing the performance of defense R&D contractors.
- [82] Tushman, M.L.; O’Reilly III, C.A. 1997: Winning through innovation,
- [83] Twiss, B.C. 1974: Managing technological innovation, Pitman Publishing, London
- [84] Vanhoucke Mario, 2012. Measuring the efficiency of project control using fictitious and empirical project data.
- [85] Vanhoucke M. 2010 Measuring Time-Improving Project Performance Using Earned Value Management
- [86] Vázquez Sebrango Gloria, Guaresti Rubio Jon, Iarzalab Goñi, 2013. Metodologías para la Dirección de Proyectos.
- [87] Villanueva Roldán, Pedro. Propuesta de un proceso de Gestión del Conocimiento en una Pyme, integrado bajo el esquema Normativo de la ISO 9001: 2000
- [88] Ward Stephen , Chapman Chris. 2001. Transforming project risk management into project uncertainty management.
- [89] Weick K. Entactment processes in organizations, 1977. In: Staw M, Salancik GR, editors. New Directions in Organizational Behavior.
- [90] Weick, K. E. 2006. Faith, Evidence, and Action: Better Guesses in an Unknowable World
- [91] Weick, K. E. and K. M. Sutcliffe, 2007; Managing the unexpected: resilient performance in an age of uncertainty.
- [92] White Diana, Fortune Joyce, 2002. Current practice in project management. An empirical study.
- [93] Wideman, R.M., 1992. Project and Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risk and Opportunity.
- [94] Wikström K. The situation changes the possibilities. The starting point for project activities.
- [95] Zollo, M., Winter, S. 1998. From organizational routines to dynamic capabilities
- [96] Zwikaël, O., Smyrk, J.R., 2011. Project Management for the Creation of Organizational Value.
- [97] Zwikaël, O., Smyrk, J., 2012. A general framework for gauging the performance of initiatives to enhance organizational value.
- [98] Zwikaël O., Dutt Pathak Raghuvar, Singh Gurmeet, Ahmed Shamsuddin, 2013 The moderating effect of risk on the relationship between planning and success

