



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
*Escuela Politécnica Superior (Jaén)*

Trabajo Fin de Máster

# **APLICACIÓN DE TÉCNICAS LEAN EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS. INDUSTRIA DE DESARROLLO DE PRODUCTOS.**

**Alumno/a: Cañada Ureña, Antonio José**

**Tutor/a: Prof. D. Julio Terrados Cepeda**  
**Dpto.: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos**

**Septiembre, 2018**



Universidad de Jaén  
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Don Julio Terrados Cepeda, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: Aplicación de técnicas LEAN en Dirección de Proyectos. Industria de desarrollo de productos, que presenta Antonio José Cañada Ureña, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Septiembre de 2018

El alumno:

Antonio José Cañada Ureña

Los tutores:

Julio Terrados Cepeda

## **Resumen**

El presente trabajo se enmarca en la línea de investigación de la metodología Lean para la gestión de proyectos. Se centra en analizar el sistema Lean con el objetivo de conocer todas las técnicas y cómo pueden implantarse, además de abordar las áreas de conocimiento formadas por la guía PMBOK. Concretamente, se desglosa las diferentes fases del desarrollo de producto desde la identificación de oportunidades hasta el lanzamiento del producto al sistema de producción.

Además, se estudia el procedimiento que una empresa utiliza para guiar el desarrollo de producto, analizando los procesos en los que divide la gestión del proyecto e identificar las herramientas que utiliza.

Finalmente, se elabora una propuesta de aplicación de técnicas Lean para la gestión de proyectos y el proceso de VSM (Mapear el valor del flujo) para identificar el valor y los desperdicios en el proceso de desarrollo de producto.

## **Abstract**

The present work is part of the research line into the Lean methodology for the project management. It focuses on analyzing the Lean system with the aim of knowing all the techniques and how they can be implemented, as well as addressing the knowledge areas formed by the PMBOK guide. Specifically, it breaks down the different phases of product development from the identification of opportunities to the launch of the product to the production system.

In addition, the procedure that a company uses to guide product development is studied, analyzing the processes in which it divides the management of the project and identifying the tools it uses.

Finally, a proposal for the application of Lean techniques for the project management and the VSM (Value Stream Mapping) process is developed. The latter allows to identify the value and waste in the product development process.

## Índice

Resumen.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	5
1.1. Objetivos .....	5
1.2. Estructura del trabajo .....	6
2. DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS.....	8
2.1. Norma ISO 21500 .....	10
2.2. PMI .....	14
2.2.1. Área de conocimiento.....	16
2.2.2. Certificaciones PMI .....	22
2.3. Compatibilidad de la norma ISO 21500 y el PMBOK.....	24
2.4. Guía internacional de gestión de proyectos PMBOK y Modelo europeo de gestión de proyectos PRINCE 2.....	25
2.5. Certificaciones IPMA .....	28
3. METODOLOGÍA LEAN .....	30
3.1. Tipos de Despilfarro .....	33
3.2. Just In Time (JIT) .....	38
3.3. Jidoka .....	39
3.4. Estandarización.....	41
3.5. Mejora continua (Kaizen) .....	42
3.6. Heijunka .....	42
3.7. Herramientas Lean.....	44
3.7.1. VSM.....	45
3.7.2. 5S .....	50
3.7.3. SMED .....	55
3.7.4. TPM .....	57
3.7.5. Técnicas de calidad .....	62
3.7.6. Sistema de Participación del Personal .....	65
3.7.7. Control visual .....	66
3.7.8. Kanban .....	68
4. LA INDUSTRIA DE DESARROLLO DE PRODUCTO .....	73
4.1. Concepto de producto y ciclo de vida del producto .....	73
4.1.1. Modelo de Kano.....	79
4.2. Fases del desarrollo de producto .....	81
4.2.1. Fase 1. Planificación .....	81
4.2.2. Fase 2. Desarrollo de especificaciones .....	85

4.2.3.	Fase 3. Desarrollo de concepto.....	92
4.2.4.	Fase 4. Diseño de detalle.....	97
4.3.	Arquitectura del producto .....	102
5.	GESTIÓN DE PROYECTOS EN EMPRESAS DE DESARROLLO DE PRODUCTOS	105
5.1.	Planificación .....	107
5.2.	Ejecución .....	109
5.3.	Cierre .....	110
5.4.	Aplicación de la gestión de proyectos en una empresa de desarrollo de producto (Valeo).....	110
6.	LEAN PROJECT MANAGEMENT .....	124
6.1.	Los 5 principios de Lean Thinking .....	124
6.2.	Modelo Lean Project Delivery System (LPDS) .....	126
6.3.	Comparación de sistemas de entrega de proyectos Lean y no Lean.....	129
6.4.	Modelo Lean Product and Process Development (PPD). Abordar las necesidades de la industria .....	131
7.	PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LEAN MANAGEMENT Y METODOLOGÍA PMI PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTO.....	136
7.1.	Integración de herramientas Lean en los procesos PMI .....	136
7.2.	Propuesta de aplicación para la industria de desarrollo de producto mediante el análisis de desperdicios.....	148
8.	CONCLUSIONES.....	154
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	156

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está basado en el estudio y aplicación del sistema Lean en la dirección y gestión de proyectos del sector industrial, con mayor profundidad en las actividades de desarrollo de producto.

La dirección y gestión de proyectos tiene asociada diferentes metodologías de trabajo, que han ido modificándose a lo largo del tiempo, además de adaptarse a las nuevas necesidades que aparecen en la industria. Por otro lado, el sistema Lean presenta multitud de ventajas en el sector industrial y servicios donde han sido implantados. Es de interés, por ello, combinar ambos conocimientos con el fin de obtener mejores resultados.

Tradicionalmente, el sistema Lean surgió de la metodología del Sistema Productivo de Toyota (TPS) en un entorno productivo. Sin embargo, en base a su definición y ejecución revolucionó los paradigmas impuestos hasta el momento. Por tanto, no solo se trata de una serie de herramientas a implantar, sino en un cambio de la cultura organizacional de la empresa.

En cuanto al desarrollo de producto, ha mantenido en líneas generales las fases más influyentes, aunque con ciertas modificaciones adaptándose al tipo de producto en cuestión. No resulta sencillo la simbiosis de ambas técnicas, puesto que el principio de desarrollo se basa en las continuas iteraciones de las fases iniciales para conseguir una mayor idea sobre el producto que se quiere lanzar al mercado.

### 1.1. Objetivos

Los objetivos de este documento comienzan por realizar una revisión teórica a tres disciplinas de conocimiento, conocer la perspectiva de una empresa del sector industrial, Know-how sobre el desarrollo de producto y desarrollar una propuesta de aplicación Lean. Estos objetivos se estructuran en el documento de la siguiente forma:

- Presentar las áreas de conocimiento de la gestión y dirección de proyectos de PMI.

- Estudiar la metodología Lean junto con las técnicas propuestas para su implantación.
- Conocer las fases y procesos que forman el desarrollo de producto.
- Analizar el punto de vista empresarial y algunas de sus herramientas.
- Aplicación Lean en la dirección y gestión de proyectos.
- Propuesta de aplicación de técnicas Lean.

## **1.2. Estructura del trabajo**

El desarrollo del documento se ha estructurado en ocho capítulos, en los que se han combinado el contenido teórico, el sistema realizado por una empresa del sector industrial y una propuesta de prácticas a realizar. Los contenidos de estos capítulos son los siguientes:

Capítulo 1. En este capítulo se presenta la introducción en la que se explica el planteamiento, además de estructurar los objetivos que se pretenden alcanzar.

Capítulo 2. Se parte del estudio del estándar ISO 21500, y el PMBOK, guía propuesta por PMI, Instituto de Gestión de Proyectos. Se detalla principalmente, las áreas de conocimiento en las que se divide la gestión de proyectos y los cinco procesos para llevar a cabo los proyectos. Por otro lado, se presentan las certificaciones disponibles en gestión de proyectos.

Capítulo 3. Este capítulo incluye el análisis de la metodología Lean, desde sus planteamientos teóricos hasta el estudio de diferentes técnicas que permiten su implantación.

Capítulo 4. En él se presenta el contexto del desarrollo de producto y las diferentes fases para realizarlo. Estas fases, se dividen en etapas para esquematizar y comprender mejor todas las partes del desarrollo de producto. Además, se incluyen los pasos de actuación para las etapas.

Capítulo 5. En este capítulo se ha profundizado en el estudio de cómo una empresa del sector industrial realiza el desarrollo de producto, analizando sus fases y las herramientas que emplea.

Capítulo 6. Este capítulo presenta la metodología Lean en la gestión de proyectos. Comenzando con los principios de un pensamiento Lean, analizando el modelo de sistema de entrega de proyectos Lean y el modelo de desarrollo de producto que permite abordar las necesidades de la industria.

Capítulo 7. Se desarrolla una serie de propuestas de aplicación de técnicas Lean en los diferentes procesos de gestión de proyectos, y se ha analizado el método VSM para identificar valor en el ámbito del desarrollo de producto.



## 2. DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS

La dirección y gestión de proyectos puede definirse como la aplicación de conocimientos, herramientas, aptitudes y técnicas a cada una de las actividades que forman el proyecto, con el propósito de satisfacer las necesidades y expectativas de las entidades y organizaciones involucradas en un proyecto. Hay diferentes tipos de proyectos, cada uno tiene la finalidad de solventar determinados problemas, para ello se utiliza una serie de recursos y tiene asociado un beneficio.

- Según su naturaleza, los proyectos pueden ser:

Dependientes, son los proyectos que para ser realizados es necesario la aportación de otra inversión para su finalización.

Independientes, son los proyectos que se pueden realizar sin depender ni ser afectados por otro proyecto.

Mutuamente excluyente, son proyectos operacionales donde aceptar uno impide que se haga el otro, o lo hace innecesario.

- Según el área que pertenece, se puede hacer la siguiente clasificación.

Productivos, utilizan recursos para producir bienes orientados al consumo (intermedio o final).

De infraestructura económica, se realizan obras para facilitar el desarrollo de actividades futuras.

De infraestructura social, su objetivo es solucionar limitantes de la población, y satisfacer las necesidades básicas mediante financiación de distintas líneas de intervención.

De regulación y fortalecimiento de mercados, son los proyectos que apuntan a clarificar y normalizar las pautas por las que los mercados se rigen o a fortalecer el marco jurídico donde se desenvuelven las actividades productivas.

De apoyo base, proyectos auxiliares para apoyar a los proyectos anteriores. Son proyectos de asistencia de cualquier tipología.

- Según el fin buscado, los proyectos pueden ser:

Proyectos de inversión privada, el fin del proyecto es lograr una rentabilidad económica de tal modo que permita recuperar la inversión de capital aportada por la empresa para la ejecución del proyecto. Se puede hacer una distinción dependiendo del impacto en la empresa, se habla de creación de nuevas unidades o cambio en las unidades ya existentes.

Proyectos de inversión pública, el Estado emplea sus recursos para la realización de todas las actividades que contempla el proyecto. El fin es el bienestar social, de modo que la rentabilidad no es solo económica, sino que el impacto que genera en la mejora del bienestar es determinante. Se distingue entre proyectos de infraestructura o fortalecimiento de las capacidades sociales.

La gestión de proyectos es una disciplina que fue expandida internacionalmente, debido al éxito de aplicación. En 1965, se fundó la Asociación Internacional de Gestión de Proyectos (IPMA). IPMA es una organización internacional dedicada a la gestión de proyectos cuyo sistema se basa en la competencia adquirida según los diferentes niveles. El modelo de certificación para directores de proyectos tiene 4 niveles en función del nivel de madurez adquirido.

Por otro lado, en 1969 se fundó el Instituto de la Gestión de Proyectos (PMI). PMI es una organización creada en Estados Unidos cuyo fin está relacionado con la gestión de proyectos. A diferencia de IPMA, tiene 8 certificaciones diferentes en función del campo de conocimiento en la gestión de proyectos.

Las diferentes asociaciones profesionales de proyectos desempeñan un papel notable a la hora de establecer enfoques globales para la práctica de la dirección y gestión de proyectos profesionalmente. Como consecuencia, existen diferentes estándares de referencia que sirven de guía y contribuyen a la estandarización nacional y global de la disciplina. Tal como se ha mencionado, la norma británica BS 6079:2010 es un ejemplo de estándar nacional que fue desarrollado por varias compañías del sector privado y público. La norma actúa como un conjunto de

directrices y un código de práctica que proporciona una orientación con la intención de estandarizar los enfoques (Wallace & Roberts, 2014).

## **2.1. Norma ISO 21500**

A nivel europeo, la guía para la gestión de proyectos ISO 21500:2012 está considerada como uno de los estándares a seguir para la realización de proyectos. Se establece un marco genérico de nivel medio o alto para la práctica. Para ello, contempla cada una de las principales disciplinas que forman la gestión de proyectos, entre las que se encuentran la planificación y el control tanto de tiempos como de costes.

Según la norma ISO 21500:2012, la dirección y es gestión de proyectos es la aplicación de métodos, herramientas, técnicas y competencias a un proyecto, además de la integración de las diversas fases del ciclo de vida del proyecto. La gestión de proyectos se lleva a cabo mediante procesos, éstos deben abordarse desde un enfoque sistémico. Para hacerlo posible, se fijan entregables específicos a lo largo del ciclo de vida del proyecto (AENOR, 2013). Los entregables deben cumplir los requisitos tanto de los clientes como de las otras partes interesadas.

La coordinación es un factor determinante en la dirección y gestión de proyectos, y es, por tanto, una obligación que cada proceso esté alineado y conectado con otros. Esto es debido a que, en ocasiones, algunos procesos tienen que ser ejecutados de nuevo para satisfacer los requisitos de las partes interesadas y alcanzar los objetivos del proyecto.

Los grupos de procesos que establece la norma son aplicables a cualquier proyecto o fase del mismo. Los grupos de procesos establecidos son: inicio, planificación, implementación, control y cierre.

Los procesos de inicio son los utilizados para crear un proyecto o fase del mismo. Sirve como punto de partida, donde hay que establecer el objetivo del proyecto y la correspondiente autorización al director de proyecto para proceder con las actividades que componen el proyecto.

Los procesos de planificación se emplean para una elaboración en detalle de los aspectos del proyecto. Esto supone establecer las líneas base para la implementación y la gestión del desempeño.

Los procesos de implementación son aquellos que permiten realizar las actividades de gestión del proyecto y las afines a la elaboración de los entregables de acuerdo con la planificación estimada.

Los procesos de control son necesarios para seguir, medir y controlar el desarrollo del proyecto respecto al plan de proyecto. Las dos opciones que se pueden tomar son de carácter preventivo o correctivo para conseguir alcanzar los objetivos propuestos del proyecto.

Los procesos de cierre se utilizan para establecer que la fase o proyecto han concluido y proporcionar las lecciones aprendidas para que sean consideradas e implementadas en proyectos futuros.

Uno de los errores comunes que se comenten a la hora de planificar y ejecutar proyectos es ordenarlos secuencialmente, y no de forma superpuesta. Esta forma de ver los procesos de los proyectos impone costos de agenda, que van incrementando a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Es por eso que la administración de los proyectos de manera eficiente requiere un aprovechamiento mejorado del uso del tiempo. Una de las maneras en que la administración de proyectos resuelve este tema es a través de la eficiente superposición de las actividades, como se muestra en el gráfico a continuación (LLedó, Rivarola, Mercau, Cucchi, & Esquembre, 2006).

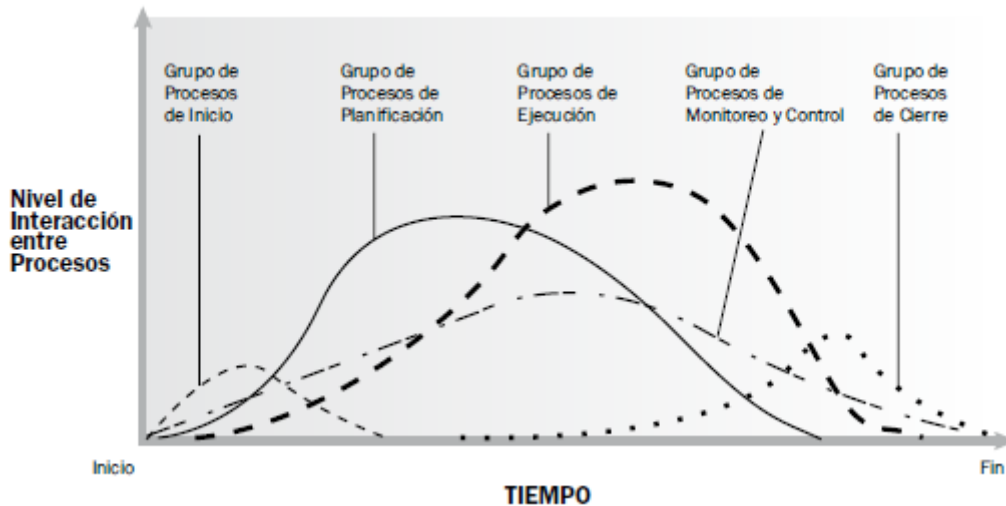


Figura 1. Interrelación entre procesos. Fuente: (PMI, 2013)

Las relaciones entre los grupos de procesos comienzan con el grupo de procesos de inicio y finaliza con los procesos de cierre. Los grupos de procesos son de carácter interdependiente siendo un factor determinante que los procesos de control interactúen con cualquier otro grupo de procesos. En la Figura 1, se muestra la relación en el tiempo de estos procesos.

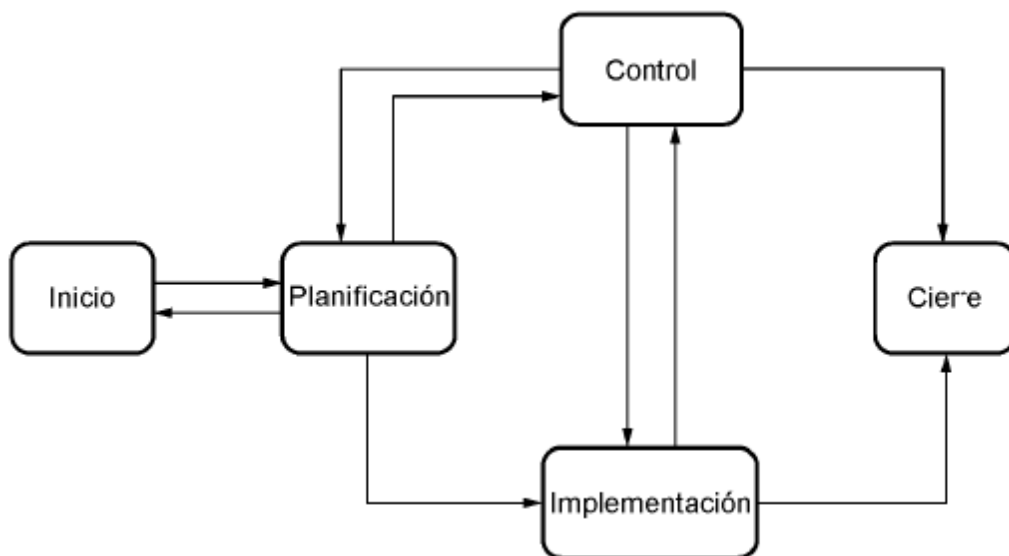


Figura 2. Grupo de procesos. Fuente: (AENOR, 2013)

Los grupos de procesos establecidos en la norma ISO 21500 tienen una estructura semejante al grupo de procesos que elabora el PMI, sin embargo, hay ligeras diferencias en cuanto al número de procesos que componen el grupo de procesos. Adicionalmente, se establece un concepto denominado grupos de

materias, que consisten en procesos aplicables a cualquier fase del proyecto. Los grupos de materias son independientes del área de aplicación o del enfoque industrial (parte interesada, alcance, recurso, tiempo, coste, riesgo, calidad, adquisiciones y comunicación). Las relaciones entre los grupos de materia y los grupos de procesos según la norma ISO 21500 se observan en la Figura 2.

<b>Grupo de materia</b>	<b>Inicio</b>	<b>Planificación</b>	<b>Implementación</b>	<b>Control</b>	<b>Cierre</b>
Integración	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	Desarrollar los planes de proyecto	Dirigir el trabajo del proyecto	Controlar el trabajo del proyecto  Controlar los cambios	Cerrar las fases del proyecto o el proyecto  Recopilar las lecciones aprendidas
Parte interesada	Identificar las partes interesadas		Gestionar las partes interesadas		
Alcance		Definir el alcance  Crear la estructura de desglose de trabajo  Definir las actividades		Controlar el alcance	
Recurso	Establecer el equipo de proyecto	Estimar los recursos  Definir la organización del proyecto	Desarrollar el equipo de proyecto	Controlar los recursos  Gestionar el equipo de proyecto	
Tiempo		Secuenciar las actividades  Estimar la duración de las actividades  Desarrollar el		Controlar el cronograma	

		cronograma			
Coste		Estimar los costes  Desarrollar el presupuesto		Controlar los costes	
Riesgo		Identificar los riesgos  Evaluar los riesgos	Tratar los riesgos	Controlar los riesgos	
Calidad		Planificar la calidad	Realizar el aseguramiento de la calidad	Realizar el control de la calidad	
Adquisiciones		Planificar las adquisiciones	Seleccionar los proveedores	Administrar los contratos	
Comunicación		Planificar las comunicaciones	Distribuir la información	Gestionar las comunicaciones	

**Tabla 1. Grupo de procesos y grupo de materias. Fuente: Elaboración propia a partir de la norma ISO 21500**

Los grupos de materias que contempla la norma para la dirección y gestión de proyectos se corresponden con las áreas de conocimiento que el PMBOK ha establecido. La guía PMBOK ha sido elaborada por el Instituto de Gestión de Proyectos (PMI).

## 2.2. PMI

La dirección y gestión de proyectos tiene el objetivo de cumplir los requisitos que han sido fijados en las fases iniciales del proyecto, para ello, se emplea una serie de conocimientos, habilidades y técnicas. La integración de todas las actividades se pueden clasificar en los siguientes cinco grupos: inicio, planificación, ejecución, monitorización y cierre (PMI, 2013).

Grupo de procesos de inicio. Aquellos procedimientos y trámites que se llevan a cabo para desarrollar un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto existente, se establece el alcance inicial y se comprometen los recursos estimados. La aprobación del acta de constitución del proyecto es necesaria para continuar las siguientes fases.

Los procesos de planificación. Se corresponde con todos los procesos que permiten establecer el alcance total del proyecto. Además, se deben detallar los objetivos y definir cómo se alcanzarán. La incorporación progresiva de detalles al plan para la dirección del proyecto como consecuencia de los cambios introducidos en la ejecución del proyecto, indica que tanto la documentación como la planificación son actividades continuas e iterativas, por lo que recibe el nombre de elaboración progresiva.

Los procesos de ejecución. Tienen el objetivo de satisfacer las especificaciones definidas en el plan para la dirección. Por otra parte, los procesos de este grupo implican coordinar tanto a personas como recursos. Mientras la ejecución del proyecto transcurre, puede modificarse o actualizarse la planificación si los resultados que se obtienen no son los esperados, aunque no es lo deseable.

Los procesos de monitorización y control. Estos procesos están destinados a identificar áreas o progreso del proyecto que necesita cambios, puesto que no se está cumpliendo lo planificado, siendo importante iniciar con la mayor diligencia los cambios correspondientes. Adicionalmente, se identifican las actividades críticas y el estado general del proyecto. En el caso de formar el proyecto en base a un conjunto de varias fases, se requiere de coordinación entre éstas para poner en práctica las acciones correctivas (o preventivas debido a la obtención de información previa) necesarias para que el plan para la dirección del proyecto siga cumpliéndose.

Los procesos de cierre. Implica a todos los procesos que finalizan formalmente el proyecto o una fase del mismo. Donde deben documentarse las lecciones aprendidas de cada una de las actividades y las áreas que forman el proyecto. En ocasiones puede producirse un cierre prematuro del proyecto, siendo, en cualquier caso, necesario la formalización del acta de cierre.

Los límites de un proyecto (Figura 3) están determinados por el instante en el que el inicio es autorizado y por la finalización llevada a cabo en el proceso de cierre. Para conseguir el éxito del proyecto hay que alinear las expectativas de los interesados con el propósito del proyecto. Es necesario incentivar su participación en las primeras fases del proyecto y cómo se conseguirá el cumplimiento de sus expectativas. Estos procesos ayudan a establecer la visión del proyecto,



imprescindible para fijar la dirección que toma y la realización de las necesidades fijadas.

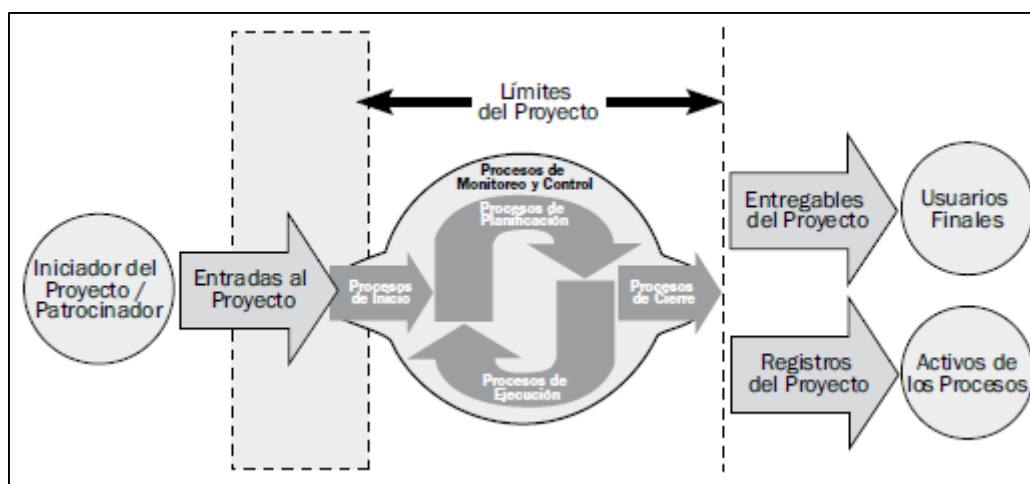


Figura 3. Esquema de un proyecto. Fuente: (PMI, 2013)

La relación entre los procesos de dirección y gestión de proyectos se realiza mediante una serie de entradas y salidas, de tal forma que el resultado de un proceso es la entrada de otro.

### 2.2.1. Área de conocimiento

Según la guía PMBOK, un área de conocimiento se define como un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección de proyectos o un área de especialización. Se pueden dividir en diez áreas que engloban todos los aspectos del proyecto, son: gestión de la integración del proyecto, gestión del alcance del proyecto, gestión del tiempo del proyecto, gestión de los costes del proyecto, gestión de la calidad del proyecto, gestión de los recursos humanos del proyecto, gestión de las comunicaciones del proyecto, gestión de los riesgos del proyecto, gestión de las adquisiciones del proyecto y gestión de los interesados del proyecto. La descripción de cada área de conocimiento se describe a continuación.

Gestión de la integración del proyecto. Para que el proyecto se desarrolle según la planificación establecida, se incluyen aspectos característicos de unión, comunicación, además de consolidación con el objeto de finalizar con éxito el proyecto. Estas dos premisas principales, mantener las expectativas de los interesados y cumplir con los requisitos acordados son los factores principales de la

integración del proyecto. Los procesos de gestión de la integración del proyecto llevados a cabo en cualquier situación de la vida del proyecto son:

- 1) Desarrollar el Acta de Constitución del proyecto
- 2) Desarrollar el Plan para la Dirección del proyecto
- 3) Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto
- 4) Supervisión el trabajo del proyecto
- 5) Realizar el control integrado de cambios
- 6) Cerrar el proyecto o fase

Gestión del alcance del proyecto. En esta área, se encuentran los procesos que permiten asegurar que el proyecto tenga definido las actividades que logren finalizar el proyecto con éxito. Principalmente, tiene el objetivo de definir y controlar qué se incluye en el proyecto. Aunque estos procesos reciben información de otras áreas de conocimiento debido a la posibilidad de modificación del alcance en el transcurso del proyecto. Los procesos de esta área:

- 1) Planificar la gestión de alcance
- 2) Recopilar requisitos
- 3) Definir alcance
- 4) Crear EDT
- 5) Validar el alcance
- 6) Controlar el alcance

Gestión del tiempo del proyecto. Forman parte de esta área los procesos necesarios que permiten tanto la dirección como la gestión de manera satisfactoria, según el plan de dirección, finalizar en la fecha planificada. Los procesos son:

- 1) Planificar la gestión del cronograma
- 2) Definir las actividades
- 3) Secuencia las actividades
- 4) Estimar los recursos de las actividades
- 5) Estimar la duración de las actividades
- 6) Desarrollar el cronograma
- 7) Controlar el cronograma

Gestión de los costes del proyecto. Estos procesos son de gran interés para ambas partes, haciendo hincapié en tareas de planificación, financiación y realización del presupuesto de manera que se finalice el proyecto dentro de las cantidades fijadas en el presupuesto aprobado. Por tanto, se establecerán los procesos siguientes:

- 1) Planificar gestión de los costes
- 2) Estimar los costes
- 3) Determinar el presupuesto
- 4) Controlar los costes

Gestión de la calidad del proyecto. Según los objetivos y la responsabilidad de calidad pactada en la ejecución del proyecto, se establecen las políticas de calidad y las actividades que se pondrán en práctica. Para ello, el sistema de gestión de la calidad debe contribuir al apoyo de las actividades de mejora continua del proceso. Para abordarlo, será preciso la ejecución de estos procesos:

- 1) Planificar la gestión de la calidad
- 2) Realizar el aseguramiento de la calidad
- 3) Controlar la calidad

Gestión de recursos humano del proyecto. Está constituido por los procesos que organizan y gestionan al equipo del proyecto, éste está compuesto por una serie de roles y responsabilidades que son asignadas a cada uno de los integrantes del equipo en función de su actividad. Según la estructura de la organización, los integrantes del equipo pueden estar asignados de forma total o parcialmente al proyecto, además se realizarán modificaciones tales como la incorporación o retirada de partes del equipo según avanza el proyecto. Los procesos son:

- 1) Planificar la gestión de los recursos humanos
- 2) Adquirir el equipo del proyecto
- 3) Desarrollar el equipo del proyecto
- 4) Dirigir el equipo del proyecto

Gestión de las comunicaciones del proyecto. Se incluyen los procesos necesarios para consolidar la planificación, recopilación, almacenamiento, gestión,

control y disposición final de la información del proyecto sean los precisos para la ejecución del proyecto y poner en práctica las modificaciones realizadas posteriormente. Una comunicación eficaz crea una relación entre las diferentes partes interesadas y las correspondientes a la organización que permite conseguir los resultados propuestos del proyecto. Los procesos correspondientes a esta área son:

- 1) Planificar gestión de las comunicaciones
- 2) Gestionar las comunicaciones
- 3) Controlar las comunicaciones

Gestión de riesgos del proyecto. Se corresponde al conjunto de procesos requeridos para la planificación, identificación, análisis, respuesta y control de los riesgos de un proyecto. La principal función consiste en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto. Se establecen los siguientes procesos:

- 1) Planificar la gestión de los riesgos
- 2) Identificar los riesgos
- 3) Realizar el análisis cualitativo de riesgos
- 4) Realizar el análisis cuantitativo de riesgos
- 5) Planificar la respuesta a los riesgos
- 6) Controlar los riesgos

Gestión de las adquisiciones del proyecto. Para realizar compras o adquirir productos o servicios, el equipo del proyecto debe estar autorizado para administrar y desarrollar contratos con los proveedores y su control para la valoración posterior en las lecciones aprendidas. Los proyectos de esta área son:

- 1) Planificar la gestión de las adquisiciones
- 2) Efectuar las adquisiciones
- 3) Controlar las adquisiciones
- 4) Cerrar las adquisiciones

Gestión de los interesados del proyecto. Se incluyen los procesos que se requieren para la identificación de las partes interesadas, ya sean personas físicas,

grupos de trabajo, la administración u otras organizaciones que están relacionadas con el proyecto. Es importante realizar un análisis, no solo de las expectativas de las partes interesadas, sino del impacto que ocasiona en el proyecto. La comunicación continua presenta una parte fundamental para llevar a cabo la gestión de las partes interesadas, de ahí se obtienen las necesidades y expectativas del cliente que será puesta en contrapartida con las decisiones del equipo de proyecto, con el fin de unificar ambos criterios en el plan de dirección. Los procesos son:

- 1) Identificar a los interesados
- 2) Planificar la gestión de los interesados
- 3) Gestionar la participación de los interesados
- 4) Controlar la participación de los interesados

<b>Áreas de conocimiento</b>	<b>Grupo de procesos de Inicio</b>	<b>Grupo de procesos de Planificación</b>	<b>Grupo de procesos de ejecución</b>	<b>Grupo de procesos de Control</b>	<b>Grupo de procesos de Cierre</b>
Gestión de la Integración del proyecto	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	Desarrollar el plan para la dirección del proyecto	Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto	Controlar y monitorizar el trabajo del proyecto  Realizar el control integral de los cambios	Cerrar las fases del proyecto o el proyecto
Gestión de los interesados del proyecto	Identificar a los interesados	Planificar la gestión de los interesados	Gestionar la participación de los interesados	Controlar la participación de los interesados	
Gestión del Alcance del proyecto		Planificar la Gestión del alcance  Recopilar requisitos  Definir el alcance y las actividades		Validar el alcance  Controlar el alcance	
Gestión de los Recursos Humanos del		Planificar la gestión de los Recursos	Adquirir el equipo del proyecto		

proyecto		Humanos	Desarrollar y dirigir el equipo del proyecto		
Gestión del Tiempo del proyecto		Planificar la Gestión del cronograma  Definir las actividades  Estimar los recursos de las actividades  Estimar la duración de las actividades		Controlar el cronograma	
Gestión de Costes del proyecto		Planificar la gestión de costes  Determinar el presupuesto		Controlar los costes	
Gestión de Riesgos del proyecto		Planificar la Gestión de riesgos  Identificar los riesgos  Análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos  Planificar la respuesta a los riesgos		Controlar los riesgos	
Gestión de la Calidad del proyecto		Planificar la gestión de la calidad	Realizar el aseguramiento de la calidad	Realizar el control de la calidad	
Gestión de las Adquisiciones		Planificar las adquisiciones	Efectuar las adquisiciones	Controlar las adquisiciones	Cerrar las adquisiciones
Gestión de las		Planificar las	Gestionar las	Controlar las	

Comunicaciones del proyecto		comunicaciones	comunicaciones	comunicaciones	
-----------------------------	--	----------------	----------------	----------------	--

**Tabla 2. Grupo de procesos y áreas de conocimiento. Fuente: Elaboración propia a partir de la guía PMBOK**

En la Tabla 2, se muestra la relación entre las diferentes áreas de conocimiento y los grupos de procesos de la dirección de proyectos.

### **2.2.2. Certificaciones PMI**

PMI ofrece un programa completo de certificaciones para quienes practican la profesión y tienen diferentes niveles de experiencia. El programa consta de una serie de certificaciones donde se evalúa tanto las habilidades como la experiencia, incluso la competencia. Hay 7 tipos de certificaciones:

La certificación inicial es Técnico Certificado en Dirección de Proyectos (CAPM), es la indicada para los individuos que comienzan a trabajar en proyectos o son expertos en un tema particular en un equipo de proyecto.

El CAPM demuestra que se ha adquirido el conocimiento necesario, junto con la terminología y los procesos fundamentales de la gestión efectiva de los proyectos según la guía del PMBOK.

La certificación Profesional en Dirección de Proyectos (PMP) es la certificación más importante en la industria y la más reconocida para ejercer como director de proyectos. Es reconocida y demandada en todo el mundo, y demuestra que se ha logrado la experiencia y la competencia para liderar y dirigir proyectos.

La certificación Profesional en Dirección de Programas (PgMP) reconoce la experiencia y habilidades avanzadas que se precisan para liderar la dirección y gestión de programas. Es reconocida y demandada a nivel mundial, además persigue tanto la supervisión de varios proyectos relacionados y sus recursos como el cumplimiento de las metas estratégicas de la empresa.

Los titulares de la certificación PgMP buscan conseguir el éxito de un programa, agrupando varios proyectos relacionados para lograr ciertos beneficios para la organización que no podrían obtenerse si se gestionaran dichos proyectos

por separado. Es la certificación perfecta si se pretende definir proyectos, asignar directores de proyectos, y supervisar programas.

La certificación Profesional en Dirección de Tiempos (PMI-SP) se diseñó en respuesta al constante crecimiento, complejidad, y diversidad que engloba la dirección de proyectos. Esta certificación cubre la necesidad de tener un rol especializado en la programación de tiempos del proyecto.

Además de reconocer la experiencia y la competencia para desarrollar y mantener los cronogramas del proyecto, se complementa con las habilidades y conocimientos base en las restantes áreas de conocimiento.

La certificación Profesional en Dirección de Riesgos (PMI-RMP) se diseñó en respuesta a la constante complejidad que este apartado presenta en la dirección y gestión de proyectos, ya que cubre la necesidad de tener un rol especializado en la gestión de los riesgos del proyecto.

Esta certificación, otorga conocimiento y habilidades en las áreas de dirección y gestión de proyectos, centrándose en el apartado de riesgos que afectan a un proyecto con actividades como identificación, planificación de la gestión de riesgos, evaluación de los riesgos, y finalmente establecer las respuestas a los mismos, además de realizar un seguimiento para garantizar un mayor control de la gestión de riesgos.

La certificación PMI-ACP principalmente se basa en el estudio de prácticas ágiles para quienes trabajan en organizaciones que usan dichas prácticas para gestionar proyectos. Si se demuestra la experiencia trabajando en equipos de proyectos ágiles se puede solicitar esta certificación. No es necesario ser un director de proyecto o ser titular de la certificación Profesional en Dirección de Proyectos (PMP).

La certificación Profesional en Dirección de Portafolios (PfMP) se centra en adquirir la experiencia y habilidades avanzadas para ejercer tareas de directores de portafolios o cartera de proyectos. Se demuestra su comprobada habilidad en la dirección coordinada de uno o varios portafolios, con el fin de alcanzar los objetivos de su organización.



Los titulares de la certificación PfMP son responsables de la ejecución del proceso de dirección de portafolios, comunicación sobre el progreso de los mismos y recomendación sobre cursos de acción. Mientras que los directores de proyectos y programas son responsables de “hacer bien el trabajo”, esta certificación es la correcta para aquellos que son responsables de asegurar que la organización “está haciendo el trabajo correcto”.

### **2.3. Compatibilidad de la norma ISO 21500 y el PMBOK**

La norma ISO 21500 señala que los procesos de gestión de proyectos no especifican un orden cronológico para llevar a cabo las actividades (AENOR, 2013). Los procesos pueden combinarse y organizarse en secuencias de acuerdo con lo que el sistema de gestión ha considerado. Esto es muy importante cuando algunos de los procesos involucrados interactúan y cambian su tradicional orden, así como su coste y diseño (Brioso, 2015).

Por otro lado, la norma ISO 21500 considera que es mejor eliminar las herramientas y técnicas de los procesos, dejando el camino abierto para que los profesionales encargados en las diferentes áreas, combinen y apliquen las herramientas y técnicas que mejor se adapten al proyecto, seleccionándolas entre los diferentes sistemas de gestión. Cuando un especialista usa una guía o un manual que recomienda herramientas y técnicas específicas para los procesos, puede crearse una barrera para usar siempre la misma técnica puesto que se considera que es la que mejor se adapta, por lo tanto, la innovación de la gran cantidad de herramientas y técnicas que se están generando puede disminuir.

La guía PMBOK es una metodología que muestra toda la información necesaria sobre las herramientas y técnicas, y la secuencia utilizada para la ejecución de los procesos (PMI, 2013). La norma ISO 21500, por otro lado, es capaz de estar en armonía con cualquier sistema de gestión, como PRINCE2, haciendo que sea perfectamente compatible.

Todos los proyectos requieren una justificación comercial que, de acuerdo con la norma ISO 21500 o la guía del PMBOK, será documentado en el Business Case,

un documento que explica las principales razones de llevar a cabo una acción comercial, además de utilizarse para justificar una inversión en un proyecto. Es importante destacar que los riesgos posibles (amenazas y oportunidades), los beneficios generados y los posibles desechos que ocasiona el proyecto son algunos de los aspectos que deben abordarse entre otros. De acuerdo con esto, uno debe identificar el problema del negocio y sus soluciones alternativas, recomendar la mejor solución, y describir el enfoque de implementación.

Según la guía PMBOK, la justificación del negocio es un documento externo preparado antes de la realización del proyecto. Éste forma parte de la entrada de datos requeridos para establecer el Acta de Constitución de Proyecto. Tanto el patrocinador como el futuro director de proyecto pueden no participar en su elaboración.

A pesar de que la norma ISO 21500 se asemeja al PMBOK, también presenta diferencias según los argumentos comentados anteriormente. La compatibilidad de las herramientas, técnicas y prácticas del sistema de gestión utilizadas en la mayoría de los proyectos de cualquier ámbito, tales como el PMBOK podría iniciarse a través de la norma ISO 21500 (Brioso, 2015).

Los diversos sistemas de gestión pueden ser compatibles a través de la norma ISO 21500, ya que permite la adaptación de los procesos de manera flexible. La libertad de elegir herramientas y técnicas, y la flexibilidad para especificar las entradas y salidas de los procesos ayuda notablemente a los especialistas con preferencias profundamente arraigadas para un cierto sistema de gestión. Se puede afirmar que estos sistemas de gestión no compiten entre sí, sino que todas las metodologías son compatibles si se usan apropiadamente.

#### **2.4. Guía internacional de gestión de proyectos PMBOK y Modelo europeo de gestión de proyectos PRINCE 2**

Las organizaciones de PMI y PRINCE2 han desarrollado sus respectivas guías descriptivas de sus procesos de gestión de proyectos, que a través de sus versiones actualizadas reúnen nuevas tendencias que contribuyen al éxito del proyecto. Estas

guías son valoradas por profesionales de la gestión de proyectos para cualquier tipo de proyecto en general, y en el diseño de fabricación de productos particularmente.

Como se han comentado en apartados anteriores, la guía del PMI describe una serie de procesos y áreas de conocimiento y sus interrelaciones. La nueva versión del PMBOK destaca el juicio experto como la herramienta principal de los procesos de gestión de integración, este ensayo es otorgado por empresas, consultores, industria, etc. Esto no significa que los conocimientos, habilidades y procesos descritos siempre se deben aplicar de la misma manera en todos los proyectos.

Para ciertos proyectos, el director de proyecto, en consonancia con el equipo de proyecto, siempre tiene la responsabilidad de determinar cuáles son los procesos adecuados y el grado adecuado de rigor para cada proceso (en este aspecto se identifica con prácticas ágiles). Es importante establecer las fases del proyecto y la relación entre sí, y por supuesto, facilitar una visión general del ciclo de vida del proyecto y su relación con el ciclo de vida del producto.

En Europa, la metodología ampliamente aceptada de PRINCE2 define un proyecto como un entorno de gestión que es creado con el objetivo de lograr uno o más productos comerciales de acuerdo con un modelo comercial particular o lo que es lo mismo que un caso de negocio acordado (Nokes, 2007). En la siguiente imagen se presenta las etapas de los proyectos en entornos controlados por PRINCE2.



Figura 4. Procesos de PRINCE2. Fuente: (Díaz de Mena Sánchez & González Gaya, 2013)

Los 7 procesos (Figura 4) de este modelo son:

- Dirigir un proyecto: (DP) este proceso es para la alta dirección.
- Inicio de un proyecto: (SU) un proceso corto (pre-proyecto) que reúne los datos necesarios para iniciar el proyecto.
- Iniciando un proyecto: (IP) el proceso examina el fundamento del proyecto y hace que comience la documentación del proyecto que incluye el plan del proyecto.
- Controlar una etapa: (CS) este proceso describe las tareas diarias de monitorización y control que son realizadas por el director de proyecto.
- Administrar un límite de etapa: (SB) proporciona una forma controlada de completar un plan para la siguiente fase.
- Gestión de la entrega del producto: (MP) este es el proceso de entrega de los productos, es donde los productos especializados que serán utilizados por los usuarios son entregados por los miembros del equipo.
- Cierre de un proyecto: (CP) Este proceso confirma la entrega de los productos y el director del proyecto prepara el cierre del mismo.

PRINCE2 ofrece una metodología de gestión de proyectos que cubre la administración, el control y la organización para cualquier tipo de proyecto. Se basa en los mismos principios que PMBOK y amplía los conceptos que presenta, proporcionando técnicas complementarias para reducir el riesgo y aumentar la calidad de los proyectos de manera más efectiva.

Para establecer las similitudes de los procesos, en la Tabla 3, se muestra la comparativa de los procesos entre PMBOK y PRINCE2.

<b>PMBOK</b>	<b>PRINCE2</b>
Inicio	Iniciar
	Dirigir un proyecto
	Empezar un proyecto
Planificación	Administrar un límite de etapa
	Gestión de la entrega del producto

Ejecución	Controlar una etapa Gestión de la entrega del producto
Monitorización y control	Dirigir un proyecto Controlar una etapa Administrar un límite de etapa
Cierre	Administrar un límite de etapa Cierre de un proyecto

**Tabla 3. Procesos de PMBOK y PRINCE2. Elaboración propia a partir de los modelos estandarizados para los procesos de dirección de proyectos**

La guía PMBOK describe procesos de gestión de proyectos que garantizan que el proyecto progresará de manera eficiente a lo largo de su existencia, incluyendo los procesos, las herramientas y técnicas involucradas en la aplicación de habilidades y capacidades que se describen en las áreas de conocimiento. Sin embargo, los procesos orientados a productos son fuera del alcance de la guía, no significa que deba ignorarse, sino que los procesos de gestión de proyectos y los procesos orientados al producto se superponen e interactúan entre sí durante la vida de un proyecto (Díaz de Mena Sánchez & González Gaya, 2013).

Por otra parte, el modelo PRINCE2 facilita una serie de procesos que explican qué debería suceder y cuándo en el ciclo de vida del proyecto, para que cualquier proyecto guiado por este método incorpore estos procesos siguiendo el mismo camino. Más importante aún, es ajustar los procesos del modelo a los requisitos del proyecto en particular a ejecutar, es decir, la prioridad para el modelo PRINCE2 no es la gestión de procesos, sino las fases de gestión. Un proyecto de PRINCE2 está planificado, monitorizado y controlado de fase a fase, además, se centra en la definición y entrega de productos, en particular los requisitos de calidad donde los procesos divergen considerablemente.

## 2.5. Certificaciones IPMA

Para apoyar el desarrollo individual de las competencias de los directores de proyectos, IPMA ha desarrollado un sistema de certificación. La certificación consta de cuatro niveles (4-L-C) y está diseñada como un proceso de desarrollo en curso

de las competencias. Cada nivel requiere y afianza un nivel de conocimiento, experiencia y competencia que es evaluada. Se utiliza una certificación basada en competencias, como se muestra en el modelo (Figura 5).



Figura 5. Niveles de certificación. Fuente: (IPMA, 2013)

Los roles en el sistema 4-L-C, son sus capacidades distintivas, incluyen:

Nivel A de IPMA: Director de proyectos o de cartera de proyectos gestiona carteras y programas de proyectos complejos.

Nivel B de IPMA: Director de proyectos gestiona proyectos complejos, y para ello se requiere como mínimo 5 años de experiencia.

Nivel C de IPMA: Profesional de la dirección de proyectos gestiona proyectos de complejidad moderada, se requieren 3 años de experiencia.

Nivel D de IPMA: Técnico en dirección de proyectos aplica los conocimientos obtenidos cuando forma parte de un equipo.

El sistema 4-L-C muestra un nivel de rigor que ayuda a asegurar el conocimiento, la experiencia, la competencia y el desempeño de cada función. Los niveles A, B y C requieren además de experiencia en proyectos simples, la responsabilidad y autoridad desde que comienza el proyecto hasta su finalización.

### 3. METODOLOGÍA LEAN

El concepto Lean se inició con la metodología de "Lean Manufacturing" que fue desarrollada a partir del sistema de Producción de Toyota (TPS) cuyo origen se remonta a los años 50. El éxito de este sistema no es solo en la industria automovilística, sino en otros sectores y países, se ha asociado a la excelencia industrial debido a la mejora de la productividad que conlleva.

De forma abreviada, Lean consiste en la aplicación de una manera sistemática un conjunto de técnicas que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicios, éstos se definen como todo proceso o actividad que emplea más recursos de los estrictamente necesarios (Hernández Matías & Vizán Idolpe, 2013).

El factor clave del modelo se basa en implantar una nueva cultura cuya finalidad es descubrir mejoras que puedan aplicarse en todos los niveles de la industria tanto en la línea de fabricación como en el puesto de trabajo individual, para ello, es imprescindible la colaboración de todos y cada uno de los trabajadores de la empresa ya sean operarios o pertenecientes a la alta dirección.

En consecuencia, Lean no es solo una serie de técnicas específicas, sino una filosofía que engloba aspectos como la forma de pensar, analizar un problema y cómo actuar ante estos. Es por esto, que se distingue de otras estrategias que proporcionan mejoras de productividad debido a que no se centra exclusivamente en el uso de herramientas, sino que abarca hasta el comportamiento que debe tener el personal.

*“La cultura Lean no es algo que empiece y acabe, es algo que debe tratarse como una transformación cultural si se pretende que sea duradera y sostenible, es un conjunto de técnicas centradas en el valor añadido y en las personas”* (Hernández Matías & Vizán Idolpe, 2013).

Para expresar los fundamentos, pilares y técnicas pertenecientes al sistema Lean se utiliza, el esquema de la Casa del Sistema de Producción Toyota para visualizar todas las partes que forman la filosofía del sistema Lean y las diferentes técnicas disponibles para su aplicación. La finalidad de utilizar una casa para la

representación se debe a la metáfora asociada a la construcción de la misma. Un sistema estructural es robusto siempre y cuando los cimientos y las columnas lo sean, una parte en mal estado, conlleva el derrumbe, es decir, el sistema se debilitaría. En la Figura 6, se muestra una adaptación del Sistema de Producción de Toyota (TPS).

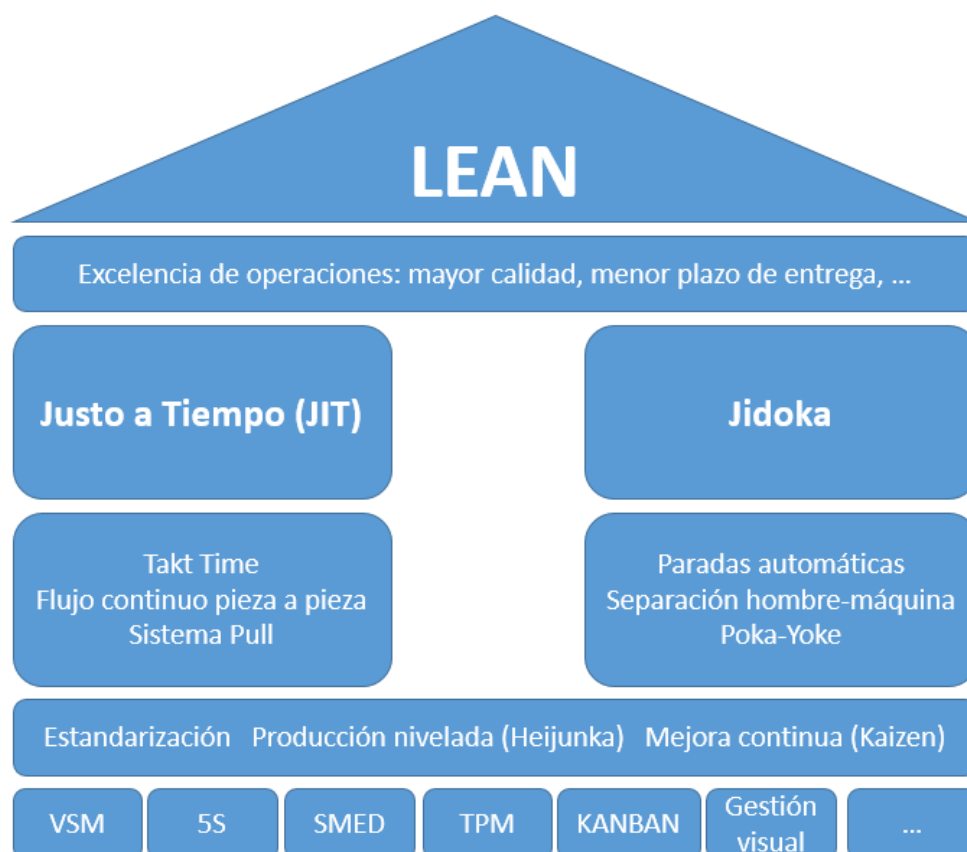


Figura 6. Casa de Toyota. Fuente: Elaboración propia a partir de (Onieva, Escudero, Cortes, Muñuzuri, & Guadix, 2017)

La parte superior de la casa, está formada por los objetivos perseguidos tales como una calidad mejor, disminuir el plazo de entrega, mayor seguridad, implicación de los trabajadores, etc. Este techo se sostiene por dos columnas: Justo a tiempo y Jidoka. La primera significa producir en el momento requerido y en la cantidad que es correcta, y cuando se necesita, mientras que la segunda consiste en otorgar a las máquinas y al personal que las utiliza, la habilidad para detener el proceso cuando se produzca una situación anormal. Esto se realiza para detectar las causas de los problemas en el origen, o lo antes posible, evitando arrastrar el error en los procesos posteriores.



La parte inferior de las columnas, la base se corresponde con tres elementos indispensables para el sistema, la producción nivelada, la estandarización y la búsqueda de la mejora continua. Además, para llevar a cabo el sistema Lean, hay que contar con el factor humano, es decir, el compromiso por parte de la dirección, la motivación de los trabajadores y los sistemas de recompensa, que hace a los trabajadores esforzarse en encontrar mejoras.

Por último, el uso de una serie de técnicas que permiten afianzar los conceptos teóricos previos. Se pueden dividir en tres grupos:

- Herramientas de diagnóstico: VSM
- Herramientas operativas: 5S, SMED, TPM, KANBAN
- Herramientas de seguimiento: Gestión visual

Cada organización, debe de elaborar un plan de implantación. Éste debe de tener unos objetivos definidos y seleccionar el conjunto de técnicas que se implantarán, es recomendable utilizar una sección o departamento piloto en lugar de establecer un cambio en toda la planta. Es por ello que hay que analizar en detalle aspectos como el mercado, las características de la planta, los objetivos, y el emplazamiento donde será instalado.

La dimensión humana del sistema Lean se convierte en el capital más importante que una organización puede tener, por ello, es un aspecto clave para conseguir el éxito de implantación del sistema (Cuatrecasas L. , 2006).

Según Taiichi Ohno, ingeniero japonés considerado el padre del Sistema de Producción Toyota, *“los recursos humanos son algo que se encuentran por encima de toda medida. La capacidad de esos recursos puede extenderse ilimitadamente cuando toda persona empieza a pensar”*.

Es por ello, que Lean fomenta la integración del personal en grupos multidisciplinares cuyos integrantes estén comprometidos con el cambio, de tal forma que no lo consideren una actividad puntual y persigan la mejora continua. Las características del equipo Lean son las siguientes:

- Grupo estable y bien definido entre 8-15 trabajadores.
- Empleo de la gestión visual y uso de soporte operativo.
- Estructura jerarquizada superior bien definida y elaboración de un calendario de reuniones.

### 3.1. Tipos de Despilfarro

En el entorno Lean, se entiende por despilfarro todo proceso que no añade valor al producto, consume tiempo, recursos y espacio. Algunos autores consideran que la mayoría de los procesos en los negocios son un 90% de desperdicio y un 10% de trabajo es valor añadido (Liker, 2003).

Cabe destacar que algunas actividades son necesarias para el sistema o proceso, aunque no tengan un valor añadido. En estos casos, puede revisarse la tecnología o el sistema empleado, y finalmente ser asumidos si no pueden evitarse.

Teniendo en cuenta el marco económico de la creación del sistema de producción de Toyota, los beneficios no se calculan a partir de los costes, sino que vamos a calcular los costes que la empresa debe soportar para tener beneficios. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Coste} = \text{Precio de mercado} - \text{Beneficio}$$

Se determina el coste, partiendo del precio impuesto por el mercado, es decir, la cantidad que se está dispuesta a pagar y de un beneficio fijado que se pretende conseguir, para ello se minimizan los costes existentes. Esto se pone de manifiesto de forma práctica reduciendo o eliminando las tareas que no añaden valor.

A través de los siguientes pasos se produce la eliminación de todo despilfarro (o muda):

- Identificar el desperdicio del proceso.
- Actuar para eliminar dicho desperdicio aplicando las técnicas Lean.
- Estandarizar el trabajo y volverá comenzar el ciclo de mejora.

Los despilfarros presentes en la industria son los siguientes:

### Sobreproducción

Este despilfarro se manifiesta cada vez que la producción no responde a la demanda, es decir, supone producir productos para los que no hay una necesidad por parte del cliente. La sobreproducción puede considerarse de los peores despilfarros porque normalmente implica otros.

Las principales causas de la sobreproducción son:

- Tiempos de set-up elevados
- Poca aplicación de la automatización
- Falta de equilibrio en la producción
- Tamaño grande de los lotes de fabricación
- Presión ejercida sobre la producción para aumentar la utilización

Ante estas causas provocadas por la sobreproducción, se plantean a continuación una serie de respuestas:

- Lote unitario o pequeño de producción
- Plena implementación del sistema Pull (Kanban)
- Reducción de los tiempos de set-up (SMED)
- Reducción de horas de trabajo de los operarios
- Nivelación de la producción (Heijunka)
- Estandarización de las operaciones para sincronizar la producción

### Tiempos de espera y tiempos en vacío

Son esperas de tiempo al recibir materiales, instrucciones de trabajo, órdenes de fabricación, inspecciones... que hacen que las personas y/o las máquinas estén paradas.

Las principales causas de los tiempos de espera y tiempos en vacío son:

- Layout deficiente por acumulación o dispersión de procesos

- Desequilibrios de capacidad
- Producción en grandes lotes
- Tiempos de set-up altos.
- Falta de personal
- Falta de material o piezas
- Fallos en máquinas

Las respuestas del sistema Lean a consecuencia de estas causas son:

- Nivelación de la producción, equilibrado de líneas
- Fabricación células U
- Jidoka
- Cambio rápido (SMED)
- Poka-Yoke
- TPM

#### Transporte y movimientos innecesarios

Corresponde a todos aquellos movimientos innecesarios para apilar, acumular y desplazar materiales. Para evitar esto, se debe garantizar que los elementos necesarios que un trabajador necesita para efectuar la actividad se encuentran en el lugar que le corresponde, evitando la búsqueda ya sea de material al inventario o documentos en carpetas, desplazamientos de productos, etc.

Las causas de los movimientos innecesarios son:

- Mal diseño del Layout
- Gran tamaño de lotes
- Programas no uniformes
- Tiempo de cambios o preparación demasiado largos
- Falta de organización del trabajo y malos métodos de trabajo

Las medidas de Lean para eliminar este tipo de despilfarro son:

- Cambio de Layout a células de fabricación flexibles
- Trabajadores polivalentes

- Producción nivelada

### Sobreproceso

Se incluyen aquellos procesos ineficientes o inútiles pero que a menudo son aceptados como imprescindibles. También son aquellos procesos que añaden un valor extra de los esperados por el usuario. Esto lleva a una pérdida de tiempo y al empleo de una mayor cantidad de recursos de los necesarios, por otro lado, es uno de los desperdicios más difíciles de detectar, debido a la dificultad que se presenta en algunas ocasiones para caer en el error de que se está realizando.

Las causas provocadas por este despilfarro son:

- Toma de decisiones a niveles inapropiados
- Procedimientos y políticas no efectivas
- Falta de información sobre los requerimientos de los clientes
- Maquinaria mal diseñada o capacidad inapropiada
- Burocracia inútil
- Falta de especificaciones de trabajo

Las respuestas del sistema Lean son las siguientes:

- Análisis y revisión de las operaciones (ayuda de VSM)
- Estandarización

### Inventarios

Constituyen un conjunto de materiales o productos, ya sean semielaborados o terminados que se almacenan sin una necesidad inmediata. Esta superación del nivel necesario de inventario provoca un impacto negativo en los beneficios de la empresa, y tiene asociado un espacio que no puede ser aprovechado.

Las causas que provoca los inventarios son:

- Cuellos de botella no identificados
- Proveedores no capaces

- Tiempo de cambios de máquina excesivos
- Previsiones de ventas erróneas
- Reprocesos por defectos del producto

Las acciones Lean para este tipo de despilfarro son:

- Flujo de piezas unitarias
- Sistema Kanban con proveedores
- Nivelación de la producción
- 5S
- Monitorización de tareas intermedias

### Defectos

Se asocia a los costes que suponen los errores en la producción de un bien o en la prestación de un servicio. Todo esto provoca un aumento de costes, así como inconformidad por parte de los clientes y/o sobreproceso. Es importante que los procesos tengan detallados una serie de métodos para detener la producción cuando la misma está generando producto no conforme, especialmente en equipos automáticos que producen un gran número de piezas en poco tiempo.

Las causas posibles de los defectos son:

- Disposición de máquina inadecuada
- Errores de operarios
- Entrenamiento o experiencia del operador inadecuadas
- Herramientas inadecuadas

Las respuestas ante el despilfarro de defectos son:

- Jidoka
- Control visual
- 5S
- Incremento de fiabilidad y mantenimiento preventivo (TPM)
- Mecanismo a prueba de error (Poka-yoke)
- Estandarización de operaciones

### Desaprovechar la capacidad del personal

Como se ha mencionado anteriormente, el factor humano es muy importante para la implantación de Lean. Este despilfarro, se refiere a no tener en consideración la creatividad e inteligencia del personal que trabaja en el área de implantación para eliminar desperdicios. Los beneficios de su uso conllevan mejorar la productividad, resolver los problemas de calidad e innovar en los procesos.

### **3.2. Just In Time (JIT)**

El término Just in Time se puede traducir como justo a tiempo, y significa producir el número de unidades necesario en el instante adecuado para satisfacer la demanda del cliente (sistema pull). En contraposición, se encuentra el término just in case, se refiere a producir un número de unidades suficientes con antelación para satisfacer cualquier tipo de demanda del producto que se presente.

En la implantación pura de este sistema, se permite eliminar la existencia de stocks, ya sean materias primas, productos intermedios o productos finales. El flujo de producción se encuentra en equilibrio, respondiendo de manera instantánea ante cualquier cambio (Larraneta, Onieva, & Lozano, 1988). En la práctica es difícil conseguir esto debido a la incertidumbre del sofisticado sistema de producción, por tanto, en la medida de lo posible se busca aproximarse lo máximo.

Este sistema contiene dos conceptos importantes, el flujo continuo pieza a pieza y el Takt Time.

El flujo continuo, en inglés one piece flow (OPF), consiste en transportar y producir una unidad o pequeños lotes en el sistema productivo. Si tenemos dos operaciones, 1 y después la operación 2, se tiene que asegurar que la operación 1 no hace más de lo que requiere la operación 2, de tal forma que nunca se produce más de los que un cliente solicita.

El Takt Time es el ritmo de trabajo que tiene un sistema para cubrir la demanda. Se marca el ritmo de demanda del cliente, en consecuencia, la empresa debe producir su producto con el fin de satisfacer la necesidad del cliente.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Producción\ requerida\ por\ el\ cliente}$$

El Takt Time es utilizado para sincronizar el ritmo de producción con el de ventas. Los operarios pueden evaluar cuando están adelantados (sobreproducción) o retrasados con la demanda que se genera. Dado que el volumen de pedidos fluctúa, el Takt Time se ajusta para que la producción y la demanda concuerden.

$$Pitch = Takt\ Time \cdot Cantidad\ de\ unidades\ en\ palé$$

Sin embargo, puede darse el caso que los clientes no pidan un solo artículo cada vez, sino una cantidad estandarizada para ser entregada en un contenedor o palé. Cuando ocurre esta circunstancia, el Takt Time se transforma en una unidad llamada Pitch.

### **3.3. Jidoka**

Este término significa automatización con un toque humano, cuyo objetivo principal se basa en la capacidad del proceso de tener de forma inmediata un autocontrol de calidad, de tal manera que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá automática o de forma manual por el operario, de tal forma que se impide el progreso de piezas defectuosas.

En este sistema, no se distingue entre empleados de línea, dedicados a fabricar artículos y personal de inspección de calidad, dedicados a verificar los productos, es decir, cada operario garantiza y es responsable la calidad de su trabajo.

La técnica Jidoka se asocia a la autonomatización, sin embargo, es un concepto más amplio. La autonomatización es la conexión de una máquina automática que detecta la fabricación de productos defectuosos. Solo es necesario la implicación del personal cuando la máquina se para, tiene la ventaja de que un solo operario puede estar designado a la atención de varias de máquinas.



Los cuatro pasos para aplicar esta técnica son:

Localizar el defecto. Puede darse bajo dos posibilidades, la primera que las máquinas tengan la tarea de identificar los fallos, en este caso, se construyen mecanismos como los mencionados anteriormente, y en el otro caso de que los trabajadores se encarguen de esta tarea, tienen la autoridad de parar la línea de producción si es necesario.

Parar. Para que se produzca una detección de la línea de producción, se debe de haber cometido un error grave con gran repercusión; en la práctica, las líneas de producción están divididas en secciones, y éstas en estaciones de trabajo. Cuando se identifica un defecto en una estación, ésta tiene un tiempo determinado para resolver el problema, mientras tanto la línea sigue produciendo; en caso de sobrepasar este tiempo la sección de la línea podría entrar en parada.

Corregir el defecto. En un entorno de fabricación, se establecen soluciones rápidas para solventar los efectos del problema, existen distintas opciones como reprocesar la unidad, reparar la herramienta estropeada, etc.

Investigar hasta llegar a la raíz del defecto. En este último paso, es importante detectar porqué se ha producido ese defecto y tomar medidas correctivas para solucionarlo. El método de los "5 ¿Por qué?" es muy útil para llegar hasta la raíz del defecto. Consiste en responder a cinco preguntas comenzando por esta conjunción para determinar la raíz del fallo.

Dentro este pilar de Lean, se encuentra otro concepto de interés, conocido como Poka-Yoke, traducido al español como a prueba de errores. Consiste en diseñar una tarea o conjunto de ellas de tal forma que se evitan los defectos al cien por cien, aunque el encargo de realizarla sea un trabajador. Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 7.

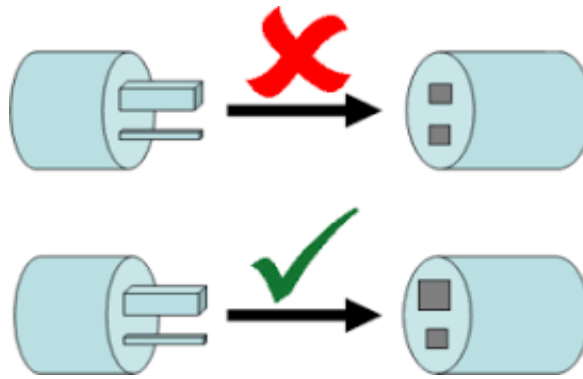


Figura 7. Ejemplo de Poka –Yoke. Fuente: (Climent, 2018)

Como refleja la Figura 7, si ajustamos la configuración de las clavijas a la misma sección que van ubicadas, se elimina la posibilidad de cometer un error, debido a que solo es posible una forma de unir las dos piezas.

### 3.4. Estandarización

La estandarización es un conjunto de pasos a seguir, que contienen una serie de descripciones y gráficos para ayudar a entender el procedimiento que se está realizando. La finalidad es conseguir productos de calidad de modo fiable y seguro, evitando cualquier tipo de despilfarro. Los estándares no están exentos de mejora, todo lo contrario, una vez que se ha definido, verificado y se estandariza un determinado procedimiento, se repite el ciclo con otras propuestas, una de las claves de la filosofía Lean es que un estándar se elabora para mejorarlo.

Las características que debe contener un estándar se resume en cuatro principios:

- Descripciones claras y simples de los métodos para producir las cosas.
- Uso de las mejores técnicas y las herramientas disponibles.
- Garantizar el cumplimiento.
- Considerar cada documento hecho como punto de partida para mejoras en el futuro.

### **3.5. Mejora continua (Kaizen)**

El concepto de mejora continua, como puede verse, se refleja en cada uno de los aspectos y como se verá más adelante en las herramientas del pensamiento Lean. Se puede traducir Kaizen como cambio para para mejorar, es decir, producir un cambio por parte de los integrantes del personal con el objetivo de avanzar y conseguir el éxito.

La aplicación de este concepto, tiene asociado una serie de ventajas que son reforzadas por varios estudios que apuntan al siguiente resultado: las empresas que constantemente se esfuerzan por la puesta en práctica de proyectos de mejora continua tienen crecimientos sostenidos superiores al 10% anual (Hernández Matías & Vizán Idolpe, 2013).

Esto no quiere decir que su implantación se considere de forma somera, requiere un cambio de la cultura organizacional tanto de la dirección de la empresa como de los trabajadores, teniendo en cuenta que no todos están dispuestos a este tipo de cambios.

### **3.6. Heijunka**

Heijunka es una técnica cuyo objetivo es planificar y nivelar la demanda de clientes durante un periodo de tiempo teniendo en cuenta el volumen y variedad de la misma (Onieva, Escudero, Cortes, Muñuzuri, & Guadix, 2017). Su significado es nivelación. Para llevarlo a cabo se requiere un análisis en profundidad de la demanda y los efectos de ésta en los procesos y, sin olvidar, la estandarización y estabilización. Esto es aplicable si hay una gran diversidad de productos en la empresa.

En la Figura 8 se muestra un esquema de la nivelación tradicional y como puede observarse, ante cualquier interrupción o cambio que se produzca en la línea es más complicado trasladar los cambios requeridos, es decir, se produce una menor flexibilidad.



**Figura 8. Nivelación en lotes. Fuente: Elaboración propia**

La idea principal de la nivelación de la producción es intentar combinar varios productos en una misma línea de producción (Figura 9). Se intentará producir una combinación de los productos que permita la combinación más pequeña posible para poder ser más ágiles, buscando el flujo pieza a pieza (OPF).



**Figura 9. Nivelación flujo de pieza unitario. Fuente: Elaboración propia**

Hay que tener en consideración los costes de set-up que se producen en este procedimiento, aumentando notablemente con respecto al caso anterior, es por ello que utilizaremos la herramienta Lean denominada SMED, detallada en el apartado de herramientas Lean, que permite reducir el tiempo de cada serie.

Una característica determinante que satisface los requerimientos del Lean es el layout utilizado. El diseño en células flexible cumple de forma óptima, estos requisitos. La forma más común es en forma de U. Esta distribución presenta la particularidad que la entrada y salida de producto se produce en la misma zona de trabajo. Se establece un flujo continuo donde todos los procesos van ligados al precedente, además, surge la necesidad de contar con trabajadores polivalentes, ya que la función realizada por ellos va a depender del ritmo de producción.

Los pasos para determinar el diseño de una célula de trabajo son:

- Formar familias de partes de un producto, es decir, agrupar un conjunto de piezas del producto principal que poseen características parecidas tales como la geometría, el tamaño y las fases de fabricación.
- Cambiar la disposición de las máquinas.

- Determinar el ritmo de producción, esto depende de dos factores, en primer lugar, el reparto de trabajador por puesto, y en segundo, el número de trabajadores por célula.

$$N^{\circ} \text{ te\u00f3rico de operarios} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Takt Time}}$$

- Planificar y controlar la c\u00e9lula de trabajo.

### 3.7. Herramientas Lean

La puesta en marcha de Lean en la pr\u00e1ctica se ayuda una serie de t\u00e9cnicas que pueden aplicarse en cualquier departamento de una empresa de cualquier sector, adaptando algunas herramientas en funci\u00f3n de la tipolog\u00eda. El conjunto de t\u00e9cnicas es considerable, y es por ello, que pueden clasificarse en distintos grupos y considerar algunas dentro de otras. A continuaci\u00f3n, se define cada una de las herramientas que se analizar\u00e1n en detalle, siendo las m\u00e1s comunes, adem\u00e1s de dos aspectos principales que son necesarios para la implantaci\u00f3n del sistema Lean, las t\u00e9cnicas de calidad y el sistema de participaci\u00f3n del personal (SPP).

VSM. Value Stream Mapping, consiste en el an\u00e1lisis de la cadena de valor del proceso productivo, mediante una herramienta gr\u00e1fica de los procesos que la empresa realiza. Se representa el flujo de material y el flujo de informaci\u00f3n, y la relaci\u00f3n entre ambos. Para ponerlo en pr\u00e1ctica tiene codificado una simbolog\u00eda sencilla de entender que sirven para interpretar las operaciones, transportes y transferencia de informaci\u00f3n de cada actividad.

Las 5S. Conjunto de actividades y t\u00e9cnicas utilizadas para estructurar las \u00e1reas de trabajo de tal forma que se incremente la eficiencia y el ambiente de trabajo, as\u00ed como la seguridad y limpieza.

SMED. Single Minute Exchange of Die, se refiere a realizar cambios r\u00e1pido de herramienta, se basa en una metodolog\u00eda de mejora cuyo fin es disminuir el tiempo de set-up.

TPM. Total Productive Maintenance, se basa en un conjunto de técnicas que realizan un mantenimiento de carácter preventivo de los equipos, por parte de todos los empleados, para minimizar los tiempos de parada por avería, además del mantenimiento correctivo cuando corresponda.

Kanban. Es un sistema de organización en el que los tiempos de estación de los procesos de producción están sincronizados gracias al uso de tarjetas (en su origen) o señales. Cada proceso fabrica según la orden del proceso anterior, de tal forma que el flujo de materiales se encuentra totalmente coordinados.

Gestión visual. Es una de las técnicas más intuitivas para la gestión del trabajo cuyo objetivo es ayudar a los empleados a detectar el estado del sistema y si es preciso llevar a cabo medidas que permitan solventar la anomalía del sistema.

KPI. Los indicadores clave de comportamiento (Key Performance Indicator), son la alternativa analítica de los indicadores de gestión visual, debido a que, con una serie de métricas, se puede seguir el estado de los progresos de la mejora continua en los distintos departamentos, incluso sobre el estado de la empresa.

Técnicas de calidad. Su principal función es disminuir y eliminar los defectos del sistema, de forma individual y en el sistema productivo en su conjunto. En la actualidad se encuentran multitud de técnicas que deben adaptarse a las necesidades de cada organización.

Sistemas de participación del personal (SPP). Está formado por un grupo de trabajadores organizados de tal forma, que buscan la mejora del sistema Lean, además de supervisar el estado actual para proponer alternativas más eficientes.

### **3.7.1. VSM**

El análisis de la cadena de valor es una de las técnicas más utilizadas para establecer planes de mejora siendo muy precisa debido a que enfoca las mejoras encontradas en el punto del proceso del cual se obtienen los mejores resultados.

El orden de secuencias para utilizar la herramienta Lean se muestra en la Figura 10. Se destaca dos actividades principales, la creación del mapa de la

cadena de valor del análisis actual y del proceso futuro, hacia el cual se quiere cambiar.



**Figura 10. Pasos utilización herramienta VSM. Fuente: (Lean Solutions, 2018)**

En el VSM se muestran principalmente dos tipos de flujo:

El flujo de información que está relacionado con las actividades cuyo origen comienza cuando el cliente manda una orden hasta que dicha orden producción es generada. El sentido de este flujo es de derecha a izquierda.

El flujo de materiales, en el que se tienen en cuenta todos los procesos necesarios para producir el producto desde que es recibida la orden hasta que es entregado al cliente. El sentido del flujo es de izquierda a derecha.

Cada operación representada en el VSM tiene asociado una serie de indicadores que muestran el desempeño de dicha tarea. Los más utilizados son: Tiempo de ciclo (CT), contenido de trabajo (WC), Eficiencia Global de un Equipo (OEE) y tiempo de set-up (ST).

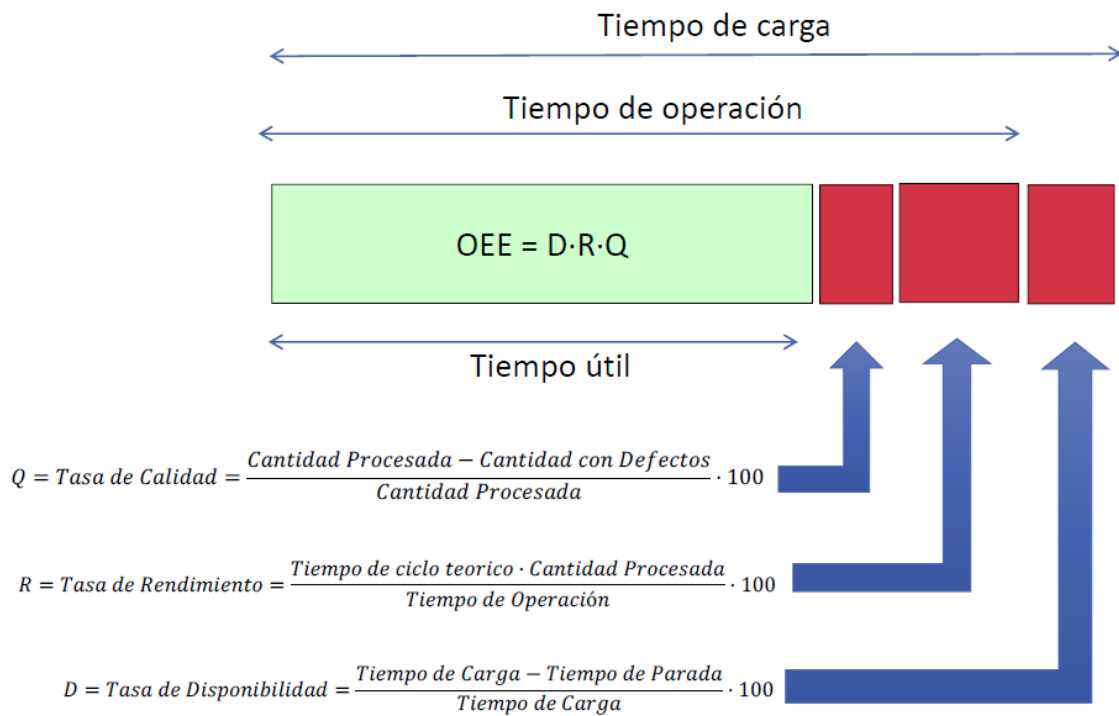
El tiempo de ciclo (CT) es el tiempo que transcurre desde que una pieza o producto entra en una estación hasta que pasa a la siguiente estación.

El contenido de trabajo (WC), es el tiempo en el cual se le imprime valor al producto, es la suma de los tiempos en verde del esquema VSM.

La Eficiencia Global de un Equipo (OEE), se calcula como el producto de la tasa de calidad, la tasa de rendimiento y la tasa de disponibilidad.

$$OEE = D \cdot R \cdot Q$$

En la Figura 11, se muestra como se calcula cada una de estas tasas y la relación entre los diferentes tiempos que se presentan en la industria.



**Figura 11. Cálculo de eficiencia global de un equipo. Fuente: Elaboración propia**

El tiempo de set-up, es el tiempo necesario para cambiar de tipo de producto ya sea por las herramientas utilizadas o por las características del producto.

Para la realización del esquema del VSM se emplea un conjunto de símbolos para representar tanto el flujo de materiales como de información principalmente, además de otros asociados al proceso de fabricación y transporte. Para representar los procesos, se utiliza la simbología de la Figura 12.



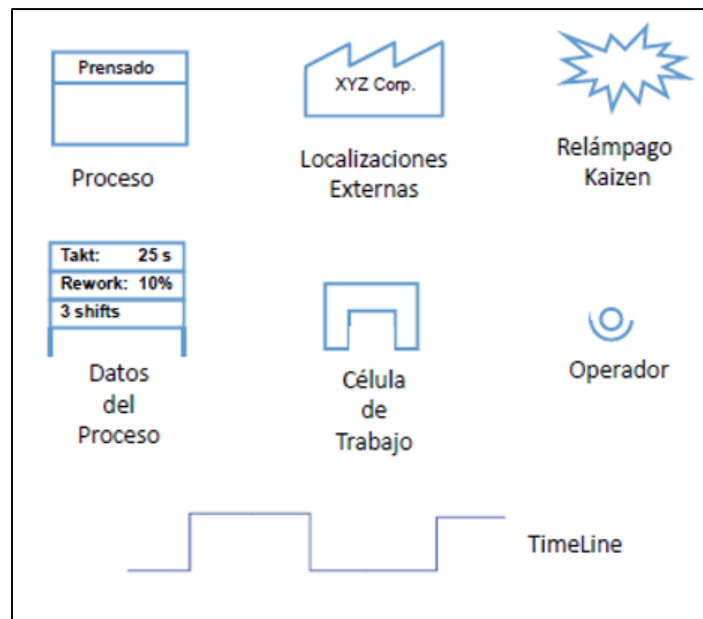


Figura 12. Símbolos de proceso. Fuente: (Lean Solutions, 2018)

Los símbolos de flujo de materiales se muestran en la Figura 13.

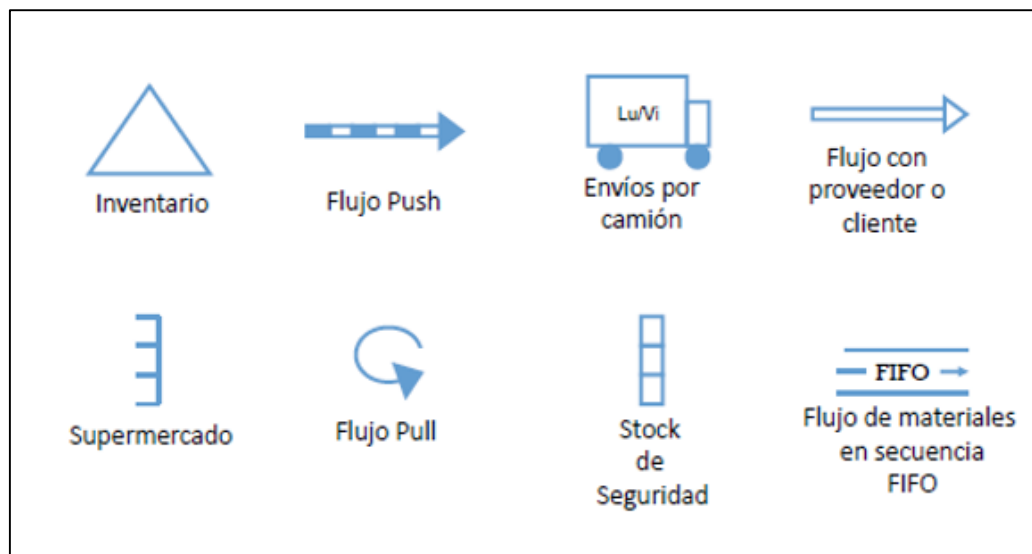


Figura 13. Símbolos flujo de materiales. Fuente: (Lean Solutions, 2018)

Para expresar el intercambio de información entre los distintos procesos, con el proveedor e incluso con el cliente, se emplea los símbolos de la Figura 14.

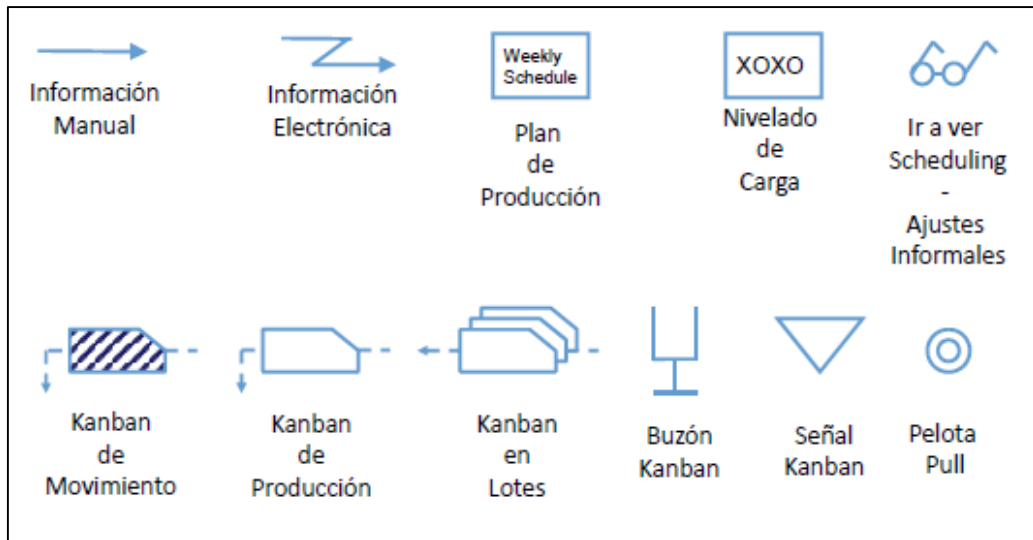


Figura 14. Símbolos flujo de información. Fuente: (Lean Solutions, 2018)

Antes de elaborar el VSM actual es preciso diferenciar el concepto de Tiempo de entrega (LT) y Tiempo de valor añadido (VA), el primero se refiere al tiempo necesario para que un producto recorra la cadena de valor desde que se recibe la orden hasta la entrega al cliente, mientras que el tiempo de valor añadido es la suma del trabajo empleado en las distintas tareas de producción que logran transformar el producto, es decir, modifica el valor por el cual el cliente está dispuesto a pagar. Un ejemplo de mapa de flujo de valor se observa en la Figura 15.

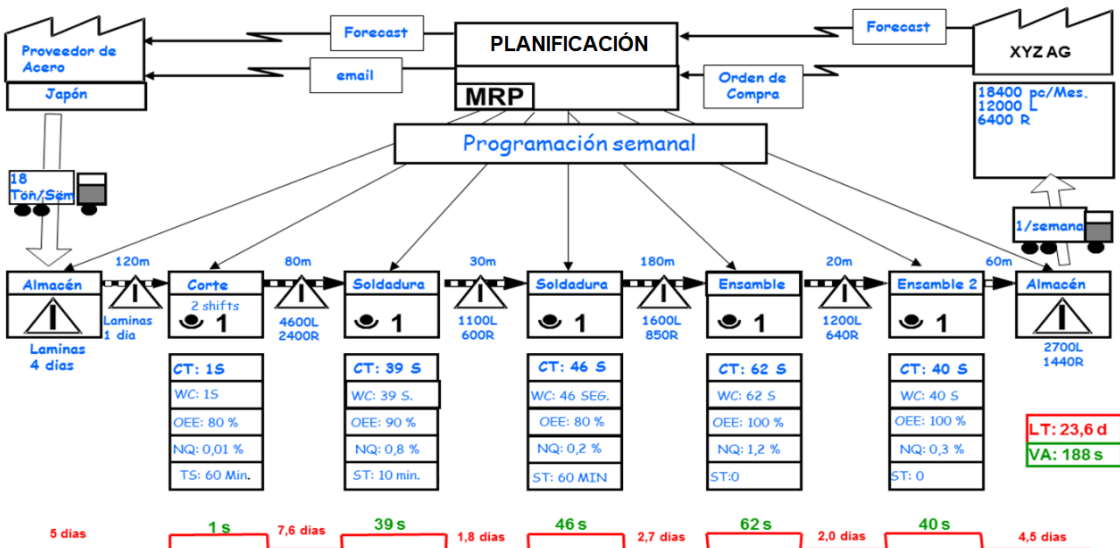


Figura 15. VSM actual. Fuente: (Lean Solutions, 2018)

Dentro de cada operación, se realiza un estudio en detalle del proceso actual, donde se cuantifica el porcentaje de valor añadido y el porcentaje que no añade valor, diferenciando éstas de las actividades que no agregan valor, pero son necesarias para el proceso.

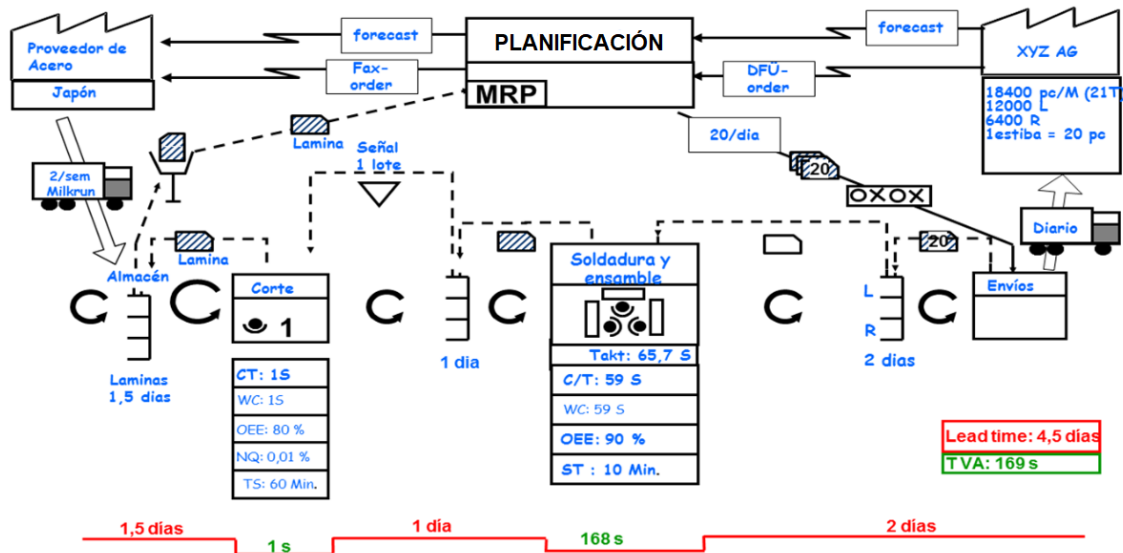


Figura 16. VSM futuro. Fuente: (Lean Solutions, 2018)

Se identifican oportunidades de mejora y se priorizan de acuerdo al impacto que tengan en la reducción de costes, aumento de la flexibilidad, mejora de la productividad y la calidad. Para ello pueden emplearse diferentes técnicas como la tormenta de ideas o el método Delphi. Finalmente se representa el VSM futuro que ayudará a visualizar el estado del proceso después de la ejecución de las oportunidades encontradas, esto se muestra en la Figura 16.

### 3.7.2. 5S

La herramienta 5S es una de las más conocidas cuando se habla de Lean, la metodología aplica de forma sistemática un conjunto de principios en el puesto de trabajo con el fin de conseguir puestos de trabajos organizados, ordenados, limpios y llevados a cabo de manera regular.

El desarrollo de esta herramienta implica la asignación de recursos y el cambio de cultura de la empresa. La dirección de la empresa ha de estar convencida y comprometida con la implantación de las 5S (Figura 17). Todo esto supone una inversión de tiempo por parte de los operarios y la aparición de nuevas actividades

que deberán mantenerse en el tiempo para poder comprobar la fiabilidad de esta herramienta.

Las 5S se corresponden a cada una de las letras iniciales, en japonés, de cada uno de los pasos a seguir. La implantación de las 5S consta de cinco pasos: Clasificar (Seiri), Ordenar (Seiton), Limpiar (Seiso), Estandarizar (Seiketsu) y Autodisciplina (Shitsuke).

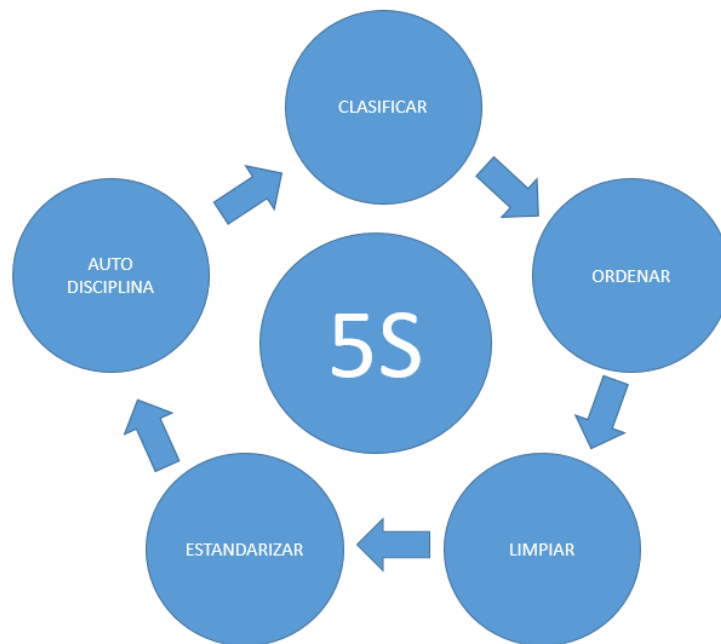


Figura 17. Esquema 5S. Fuente: Elaboración propia

### Clasificar

El objetivo de este primer paso es conseguir un área de trabajo donde solamente estén los elementos y herramientas necesarias para realizar las actividades del puesto del trabajo.

La principal pregunta en este primer paso es: ¿es esto útil o inútil? Esta sencilla pregunta ayuda a elegir aquellos elementos que son prescindibles y, por tanto, se tienden a eliminar para evitar despilfarros ya sea por incremento de manipulación y transporte o por tiempo en localizarlos. Para llevarlo a la práctica se utilizan unas tarjetas rojas para identificar estos elementos como se muestra en la Figura 18.

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESCHECHO			

Figura 18. Tarjeta roja clasificación. Fuente: (Brady, 2012)

Los pasos a seguir para su implantación son:

- Separar aquello que es útil de aquello que no lo es.
- Mantener lo que se necesita y eliminar aquello que no (transferir a otro departamento, vender, subastar, reciclar, etc.)
- Separar los elementos necesarios según su uso y frecuencia de utilización
- Marcar aquellos elementos que no se usan (tarjeta roja).
- Aplicarlo tanto a tangibles como intangibles.

Los beneficios de clasificar son muy diversos, principalmente se señalan los siguientes, se libera espacio útil en la planta y oficinas, se reduce el tiempo de acceso a los utillajes, mejora del control visual y aumento de la seguridad en el lugar de trabajo.

### Ordenar

El objetivo de este paso es destinar un lugar para cada artículo, adecuado a las rutinas de trabajo, esté listo para utilizarse y con su debida señalización.

Hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso y bajo criterios de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de

fomentar un ambiente laboral que favorezca la producción con calidad y eficiencia, evitando búsquedas innecesarias.

Los pasos a seguir para su implantación son:

- Delimitar los límites de cada área de trabajo y zonas de paso.
- Colocar los diferentes elementos de acuerdo a su frecuencia de uso.
- Marcar el lugar para cada elemento.
- Evitar duplicidades, cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

Los beneficios de ordenar son muy amplios, se destaca una reducción considerable y facilidad de acceso a los elementos que se necesitan, una mejora de la productividad global de la planta, un aumento de la seguridad del lugar de trabajo y una mejora de la información para su acceso y localización.

### Limpiar

El objetivo es establecer una metodología de limpieza que evite que el lugar de trabajo se ensucie, al es el primer tipo de inspección que se hace en los equipos, de ahí su importancia, por ejemplo, de manera visual y rápida se puede ver si un motor pierde aceite. El incumplimiento de la limpieza puede acarrear consecuencias negativas, como anomalías o mal funcionamiento del equipo.

Los pasos de implantación son:

- Fomentar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Formación de la necesidad de limpieza y cómo ponerla en práctica.
- La prioridad debe ser eliminar las causas de la suciedad más que en las consecuencias.

Los beneficios asociados a la limpieza se traducen en una reducción potencial de accidentes, un incremento de la vida útil de los equipos, una reducción del número de averías, descubrimiento de situaciones anómalas y conduce al aumento significativo de la efectividad global.

### Estandarizar

El objetivo de elaborar estándares es para desarrollar condiciones de trabajo que no permitan retroceder en las primeras 3S. Estandarizar conlleva establecer un método para ejecutar una determinada actividad de acuerdo con una forma eficaz, a la vez que se intentará reducir los recursos y el tiempo empleado. Además, es considerada como una de las mejores maneras de trabajar, ya que evita errores humanos.

Los pasos para estandarizar son los siguientes:

- Elaborar estándares de limpieza y orden
- Comprobar que se cumplen y aplican correctamente los estándares.
- Disponer de estándares de suministros.
- Revisar periódicamente si es preciso los estándares instaurados.

Los beneficios de la estandarización comienzan con la creación de hábitos de limpieza, un conocimiento más profundo de las instalaciones y una mejora manifiesta en el tiempo de intervención sobre averías.

### Autodisciplina

El objetivo de la autodisciplina es alcanzar el máximo nivel de calidad a todos los niveles de la empresa, desde los individuos a la organización. Este último paso es integrar una cultura de autodisciplina para hacer perdurable la herramienta de las 5S. Tiene una componente de dificultad añadida, y es que depende del grado de compromiso con las 5S se podrán observar los beneficios de su implantación.

Los pasos para llevarlo a cabo son:

- Respetar las normas y estándares reguladoras del funcionamiento de la organización
- Reflexionar sobre el grado de aplicación y cumplimiento de las normas, y sobre el conocimiento de los miembros del equipo sobre estas.
- Mantener la disciplina y la autodisciplina.

- Realizar auditorías que deben ser conocidas por todos los miembros del equipo para facilitar la autoevaluación.

La autodisciplina está estrechamente relacionada con el concepto de mejora continua, algunos de los beneficios son conseguir una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos y una mejora en el ambiente de trabajo, que contribuirá al incremento de la moral.

### **3.7.3. SMED**

La metodología SMED tiene el objetivo de reducir los tiempos de preparación de las máquinas. Esto no es tarea sencilla, por lo que se estudia en detalle el proceso de análisis incluyendo cambios en la maquinaria, utillaje o forma de proceder que permitan conseguir el fin de reducir tiempos. Los cambios provocan la eliminación de los estándares impuestos, además de los ajustes anteriores, dando paso a diferentes mecanismos. Se introduce la idea de realizar cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso en un tiempo no superior a 10 minutos, lo ideal es conseguir un tiempo de cambio cero, es decir, esta herramienta se ayuda de uno de los conceptos del Lean, la mejora continua (Kaizen).

Las ventajas asociadas a esta herramienta son la posibilidad de minimizar el tamaño de los lotes, aumentar la flexibilidad y conseguir la satisfacción del cliente. También, se buscan reducir sustancialmente los defectos y eliminar las inspecciones. Otra ventaja importante, es la posibilidad de incrementar la capacidad de la máquina si se consiguen cambios de set-up más rápidos.

Para llevar a cabo la metodología SMED, se divide en diferentes fases con el fin de conseguir un procedimiento de búsqueda de mejores soluciones:

Fase 1. Identificar las operaciones en las que se divide el cambio de modelo.

En la primera etapa, algunos autores la consideran fase preliminar, se realiza un análisis de la actividad que es objeto de estudio. Para el análisis se pueden utilizar sistemas de grabación para la obtención de los tiempos de cambio.

Fase 2. Diferenciar las operaciones internas y externas.



En la fase 2, en primer lugar, hay que distinguir dos conceptos, las operaciones internas y las operaciones externas. Las operaciones de preparación interna son aquellas actividades que para poder llevarlas a cabo es necesario detener la máquina. Por el contrario, las operaciones de preparación externa se pueden realizar mientras la máquina está en pleno funcionamiento.

A continuación, discernir entre estas dos operaciones se convierte en el objetivo principal de esta fase.

### Fase 3. Transformar operaciones internas en externas.

Se pretende en primer lugar transformar las operaciones de interna en externa, para ello son de interés las siguientes recomendaciones.

- Preparar previamente todos los elementos.
- Realizar el mayor número de reajustes de manera externa.
- Mantenimiento de elementos en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Implantación de tecnologías para la puesta a punto de los procesos.
- Mantener las 5S en el área de trabajo.

### Fase 4. Reducir las operaciones internas

Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo. Entre las recomendaciones de mejora planteadas para reducir estas operaciones se destaca:

- Analizar la necesidad de cada operación.
- Minimizar los reajustes no realizados de forma externa.
- Introducción de los parámetros de proceso con facilidad.
- Establecer un registro de datos de proceso de forma estandarizada.
- Reducir la continua necesidad de comprobación de la calidad del producto.

### Fase 5. Reducir las operaciones externas

En esta última fase, se intentarán reducir las operaciones realizadas de forma externa y se realizará un seguimiento para comprobar si las modificaciones de las fases anteriores son efectivas, o tomar decisiones de cambio en caso contrario.

#### 3.7.4. TPM

La herramienta Lean de Mantenimiento Productivo Total se basa en un conjunto de técnicas que realizan un mantenimiento de los equipos de carácter preventivo o correctivo, por parte de todos los empleados a diferencia del pensamiento tradicional, para disminuir los tiempos de parada por avería.

Las actuaciones TPM se centrarán, en la eliminación de tiempos muertos o de vacío, la reducción de la velocidad de funcionamiento (inferior a su capacidad) y la minimización de defectos derivados de los procesos que intervienen en los equipos.

El entorno de TPM consta de 4 etapas para la implantación del programa cuyo objetivo es eliminar o reducir al máximo las 6 grandes pérdidas. Por lo que al ciclo de vida de los equipos se refiere y su duración, es determinante una gestión de mantenimiento correcta.

La empresa tiene el objetivo de maximizar la eficacia de los equipos, además de incrementar la vida útil del mismo, por ello, busca eliminar las 6 grandes pérdidas que provocan la disminución de eficacia en los equipos (Tabla 4).

<b>Tipo</b>	<b>Pérdidas</b>
Tiempo Muerto	1. Averías debidas a fallos de equipos 2. Preparación y ajustes
Pérdidas de velocidad	3. Tiempo en vacío y paradas cortas 4. Velocidad reducida
Defectos	5. Defectos en procesos y repetición de trabajos 6. Menor rendimiento en el arranque del proceso

Tabla 4. Pérdidas de los equipos. Fuente: (Cuatrecasas L. , 2000)

El desarrollo de un programa TPM se lleva a cabo en cuatro fases claramente diferenciadas con unos objetivos propios en cada una de ellas. Estas fases se subdividen en 12 etapas que abarcan desde la decisión de aplicar una política TPM en la empresa hasta la consolidación de la implantación. Las cuatro fases con sus respectivas etapas son (Figura 19):



Figura 19. Fases desarrollo de programa TPM. Fuente: Elaboración propia

### Preparación

Esta fase es fundamental para establecer una planificación cuidadosa del programa TPM de alguna forma limite las modificaciones futuras durante su implantación.

#### 1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa

La alta dirección debe de estar comprometida con la decisión de implantar el TPM e informar a todos los trabajadores y departamentos de la empresa.

#### 2. Información sobre TPM

Esta etapa tiene como prioridad realizar una política de difusión al alcance de todos, esto se consigue media la realización de campañas informativas, de tal forma que el personal quede informado de cuál será su función.

Al igual que en la instalación de cualquier cambio que se decide instalar en la planta y afecta a un colectivo de la plantilla no será fácil llevarlo a la práctica.

#### 3. Estructura promocional del TPM

La promoción del TPM se lleva a cabo a través de una estructura de pequeños grupos que se solapan en toda la organización. Cada líder es miembro de otro grupo de nivel superior, de esta forma se establece una comunicación más fluida tanto en niveles horizontales como verticales.

#### 4. Objetivos y políticas básicas TPM

En esta etapa, la alta dirección debe incorporar una política estratégica de la compañía y fijar los objetivos concretos a alcanzar de forma cuantitativa. Es por ello,

importante obtener datos numéricos sobre averías y en general de la situación actual de la empresa con respecto a la maquinaria en uso. A partir de esto, es posible establecer objetivos y niveles deseables de mejora.

#### 5. Plan maestro de desarrollo del TPM

Se trata de establecer un plan concreto para la implantación del TPM que integra actividades a desarrollar para conseguir las metas propuestas. Entre las actividades que implica, se destacan:

Establecer un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo por los propios operarios.

Establecer un programa de mantenimiento planificado por personal de mantenimiento.

#### Introducción

#### 6. Arranque formal del TPM

La alta dirección debe procurar que su interés por el TPM alcance a toda la empresa, inyectando moral y disposición por parte de los empleados. Se considera una fase cuando en realidad es el inicio de la implantación.

#### Implantación

#### 7. Mejorar la efectividad del equipo

Se organizan grupos de trabajo multifuncionales de diferentes departamentos de la organización con el propósito de eliminar las pérdidas y mejorar la efectividad de los equipos. Se debe seleccionar un equipo que tenga pérdidas de gran relevancia, y una vez medidas y evaluadas se actuará para obtener mejoras significativas.

#### 8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo

Con el mantenimiento autónomo se pone fin a la división de especialización de producción y mantenimiento, tras la implantación del TPM, los operarios de

producción participan en las funciones de mantenimiento diarias y actividades de mejora que evitan el deterioro progresivo de la máquina.

#### 9. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado

El personal del departamento de mantenimiento se centra en las tareas que requiere la planificación asociado al mantenimiento de la máquina al mismo tiempo que coopera con el mantenimiento autónomo.

#### 10. Formación para elevar las capacidades de operación y mantenimiento

Para realizar un mantenimiento eficaz es preciso que, en las etapas iniciales de la implantación, se dediquen recursos destinados a la formación del personal. Además, se realizarán evaluaciones periódicas con el fin de fijar planes de formación.

#### 11. Gestión temprana de equipos

Un programa de gestión temprana de equipos tiene como objetivos la prevención del mantenimiento y un diseño de equipos que lo minimicen. Hay que actuar desde que se obtiene el equipo hasta que está en pleno funcionamiento con producción estable en la línea de producción.

#### Consolidación

#### 12. Consolidación del TPM y elevación de metas

El último paso es mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de cada una de las etapas anteriores. Es importante cuantificar el progreso alcanzado y darlo a conocer a los trabajadores para que comprendan y valoren las consecuencias de su trabajo diario (Cuatrecasas L. , 2000). No hay que olvidar que a partir de ahora es preciso adoptar una cultura de mejora continua, revisando periódicamente los objetivos establecidos.

La implantación del sistema TPM exige crear un ambiente propicio que abarque a todas las personas involucradas, así como la formación y entrenamiento necesarios. Se exige alcanzar un objetivo previo para la implantación, las 3 Y.

Yakuki, que significa motivación o cambio de actitud. Se pretende lograr una predisposición positiva hacia los cambios que se pretende introducir y un espíritu de colaboración hacia los miembros.

Yaruude, que significa competencia, habilidad o destreza para desarrollar las tareas asignadas. Combinar tareas productivas con otras de mantenimiento.

Yaruba, que significa entorno de trabajo propicio. La introducción del TPM se debe llevar a cabo con el mínimo de problemas y la plena implicación de la dirección.

Para una exitosa implementación se requiere el apoyo de 8 pilares fundamentales como soporte del TPM (Figura 20), son:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Control inicial (prevención del mantenimiento)
- Mantenimiento de la calidad
- Entrenamiento
- TPM en las oficinas
- Seguridad y medio ambiente

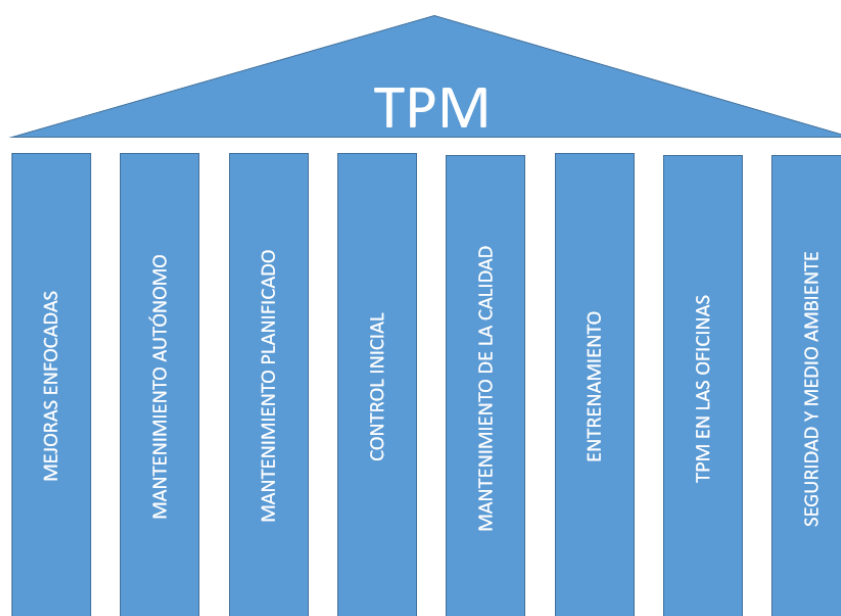


Figura 20. Pilares TPM. Fuente: Elaboración propia

La clave es establecer relaciones entre los pilares con las actividades existentes en el desarrollo de la organización. Su puesta en marcha requiere dedicación e implementarse de manera homogénea.

### **3.7.5. Técnicas de calidad**

La garantía de calidad está impuesta en el sistema Lean, se entiende como el compromiso por parte de los trabajadores de hacer las cosas bien a la primera para alcanzar la satisfacción tanto de la demanda interna como externa de la empresa. Ante esta situación, no hay distinción entre el departamento de calidad de la empresa y los trabajadores de producción, los defectos son detectados inmediatamente localizando el problema donde se produce, en lugar del final de la línea, donde las pérdidas por defectos son más elevadas.

Las técnicas de calidad TQM (Total Quality Management) adquieren adicionalmente su importancia para la detección de estos defectos, destacando entre todas ellas las más usuales: las comprobaciones de autocontrol, la matriz de autocalidad, el análisis PDCA y 6 Sigma.

#### Comprobaciones de autocontrol

Esta técnica coincide con la filosofía de Lean, cada operario es responsable de la inspección de su trabajo. Es muy útil en procesos que no han podido diseñarse mecanismo anti-error para su ejecución, aunque tiene la dificultad que el operario debe ser crítico con su actividad.

En el caso de que sea necesario realizar inspecciones de tipo sensorial (por ejemplo, rayado, calidad de la pintura, etc.) que pueda ser detectado de forma visual, se realiza estableciendo una muestra del producto que se considera aceptable y algunas no válidas para hacer evidentes los límites aceptables.

#### Matriz de autocalidad

Permite visualizar en qué lugar se producen los defectos y hasta qué punto de la línea afectan. Por tanto, para llevarlos a la práctica es preciso registrar los defectos. Esta matriz consta de filas y columnas que se representan de la siguiente forma.

En filas se introducen las fases del proceso productivo, los clientes internos y externos. En las columnas se registran los proveedores externos e internos, y a continuación las fases del sistema productivo. En la Figura 21, se muestra como se representaría.

En primer lugar, se recogen los datos en una hoja de registro de defectos. Estas hojas se trasladan a la matriz, junto con las anotaciones necesarias.

Una vez introducidos los datos en la matriz, se establece una medida para solucionar cada defecto, fijando finalmente un plan de acción. Se puede utilizar un diagrama de Pareto para seleccionar los problemas más importantes.

		FASE DONDE SE PRODUCE EL DEFECTO							
		Proveedor Externo	Proveedor Interno	Fase 1	Fase 2	Fase 3	—	Fase n	Total ppm
FASE DONDE SE DETECTA EL DEFECTO	Fase 1								
	Fase 2								
	Fase 3								
	—								
	Fase n								
	Cliente interno								
	Cliente externo								
	Total ppm								
TOTAL DE PIEZAS PRODUCIDAS EN UN PERIODO								TOTAL PPM	

Figura 21. Matriz de autocalidad. Fuente: (Hernández Matías & Vizán Idolpe, 2013)

Los objetivos de la utilización de esta herramienta pueden resumirse en detectar qué defectos se generan en cada fase, por lo que se quiere conseguir es que los defectos aparezcan registrados en la diagonal principal (marcada en verde en la Figura 20). Además, se registra en la matriz si ocurre algún incidente con el cliente o proveedor.



## Ciclo PDCA

Una de las técnicas de calidad más extendida ya que es aplicable a cualquier elemento del sistema Lean, es el círculo de Deming, conocido también como el ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act).

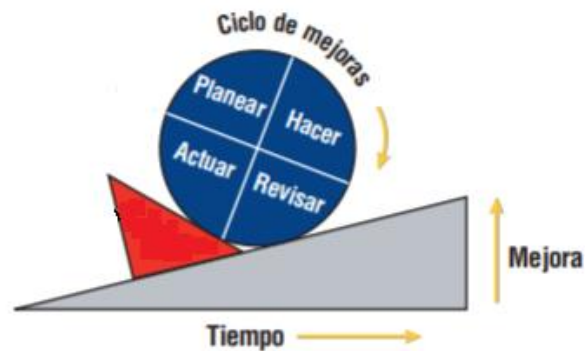


Figura 22. Ciclo PDCA. Fuente: (Brady, 2012)

Está fundamentalmente basado en conseguir mejoras a lo largo del ciclo de aplicación (Figura 22), siguiendo la secuencia de estos cuatro pasos:

**Planificar.** Una vez realizado un análisis inicial, se generan indicadores teóricos que serán evaluados a lo largo del ciclo. Éstos se cuantifican con valores iniciales del estado actual y se fijan los objetivos que la empresa busca lograr.

**Hacer.** Una vez seleccionada el área o departamento de implantación, se realizan las propuestas que hayan sido planificadas, utilizando las técnicas Lean apropiadas para cada caso.

**Comprobar.** Después de realizar la implantación, se actualizan los valores de los indicadores propuestos en el primer paso y se analizan los resultados obtenidos.

**Actuar.** Tras extraer las conclusiones de las mejoras, si los resultados obtenidos están en la línea de los objetivos definidos, se procederá a una estandarización de las mejoras y las técnicas aplicadas, en caso contrario, se vuelve al primer paso.

## 6 Sigma

Seis Sigma es un sistema que permite la mejora de procesos o productos, siendo el foco de su análisis reducir la variabilidad de los mismos. Aunque empezó siendo una herramienta de calidad, con el tiempo se convirtió en parte de la filosofía Lean.

Se basa en el uso de técnicas estadísticas para el estudio de la variabilidad de los procesos, además de determinar sus características. De forma cuantitativa, Seis Sigma guarda una relación con la desviación típica estándar de la distribución normal, por lo que equivale a una tasa de eficiencia del 99,99966%.

Los principios 6 Sigma son:

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.
- Formación y acreditación.
- Orientación al cliente y enfoque a los procesos.
- Dirigir con datos y pensamiento estadístico.
- Una metodología robusta.

### **3.7.6. Sistema de Participación del Personal**

Los sistemas de participación del personal (SPP) están formados por una serie de actividades estructuradas, realizadas de forma sistemática cuyo fin es incrementar la competitividad de la empresa con iniciativas que permitan mejoras eficientes. Es determinante para el proceso de mejora continua, debido a la dinámica de identificación de problemas y la posterior implantación de acciones que permiten resolverlos. El sistema Lean propone una serie de técnicas que se ocupan particularmente del individuo:

Seguridad en el trabajo. Con ayuda de la estandarización y mecanismos de control, se garantiza la seguridad de todos los trabajadores.

Formación. Es importante formar a los trabajadores para que puedan aportar más, estén motivados y crezcan profesionalmente.

**Implicación.** La implicación de todo el personal en toda la estructura jerárquica de la empresa, desde los directivos hasta los operarios.

**Participación en la mejora.** La experiencia conseguida por cada trabajador es uno de los mayores valores de la empresa. Por tanto, mediante mecanismos de creación de ideas de mejora, tanto a nivel individual como colectivo, se potencia la participación.

**Condiciones de trabajo.** Se debe establecer un buen ambiente de trabajo que incite a emprender los cambios propuestos y a la mejora continua.

**Comunicación personal.** Establecer un canal de comunicación frecuente, claro y directo elimina dudas y conflictos.

Los sistemas de participación del personal permiten incrementar la competitividad de la empresa, al identificar los problemas. Sin embargo, su puesta en marcha tiene gran dificultad debido a que se requiere la implicación del personal, que se consigue mediante trato directo y estableciendo técnicas que se ocupen del individuo, y, en la mayoría de los casos, se da poca importancia a los individuos en el conjunto del sistema.

En la filosofía Lean, los sistemas de participación de personal más usados son los grupos de mejora y los sistemas de sugerencias.

### **3.7.7. Control visual**

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas que ofrecen una información específica acerca de la situación actual del sistema con especial interés en los despilfarros y en las anomalías. Se centra en el valor añadido del proceso, por lo que manifiesta de forma clara si se producen pérdidas en el sistema y la necesidad de solucionarlo.



**Figura 23. Aplicación técnica de control visual. Fuente: (Tecnosoft, 2014)**

En la Figura 23, tenemos un sencillo indicador que muestra los diferentes niveles, diferenciando las tres categorías por colores y en función de en qué lugar se encuentre la aguja requerirá unas acciones u otras.

El control visual es la herramienta de Lean con la que se estandariza la gestión, dado que se hace visible y útil la información a todas las personas que toman decisiones en la empresa. Esta técnica permite mantener informado al personal de cómo afectan sus esfuerzos a los resultados. Suele estar ligada a la técnica de las 5S (Onieva, Escudero, Cortes, Muñuzuri, & Guadix, 2017).

Su implementación se puede llevar a cabo en cualquier área de la empresa, ya sea en el proceso de producción como en las oficinas. Además, de ser un complemento ligado a las 5S, es también para la metodología SMED y para la eliminación de desperdicios.

El principal beneficio del control visual radica en la mejora del flujo de información relevante, y en la estandarización de la comunicación. Además, la implementación del control visual puede contribuir a:

- Eliminar desperdicios.
- Mejorar la calidad.
- Mejorar el tiempo de respuesta.
- Mejorar la seguridad.
- Estandarizar los procedimientos.
- Mejorar la planificación del trabajo.
- Contribuir al orden y a la organización.

- Estimular la participación.
- Motivar al personal.
- Reducir costes.

### 3.7.8. Kanban

El sistema Kanban se basa en el control y la programación sincronizada de la producción mediante señales, aunque en su origen se emplearon tarjetas. Su metodología parte de un sistema de producción tipo Pull (Figura 24), en el que la demanda indica las cantidades de producción mediante un flujo continuo en pequeños lotes o piezas unitarias mediante la utilización de tarjetas.

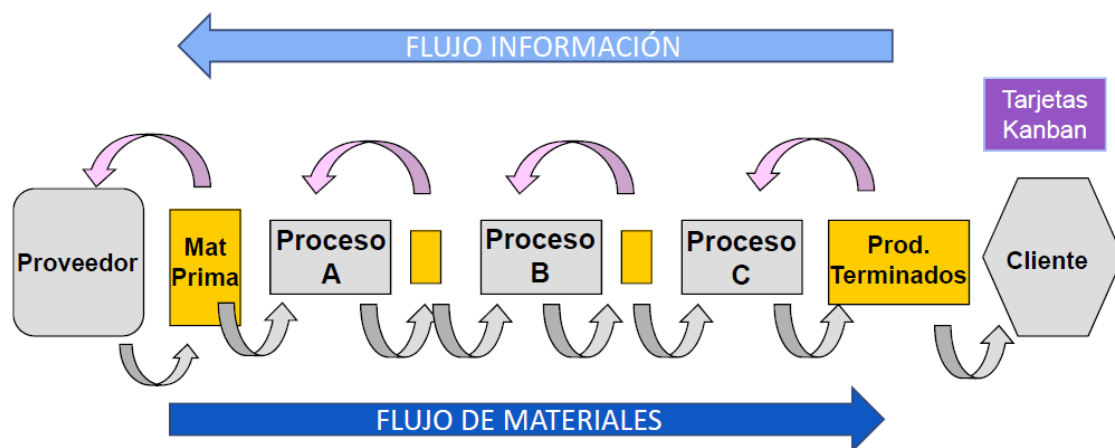


Figura 24. Sistema PULL. Fuente: (Vargas Hernández, Muratalla-Bautista, & Jiménez-Castillo, 2016)

El funcionamiento del sistema parte de la retirada de las piezas que el proceso anterior ha fabricado, y producir únicamente las piezas o parte del producto que se indica en la orden de producción, sincronizando el flujo de materiales tanto con el proveedor como con la línea de la fábrica.

Las tarjetas están adjuntas a los contenedores y cada uno tendrá su tarjeta con la información acerca de las cantidades y tipo de actividad a realizar. Las tarjetas forman un mecanismo de comunicación de las órdenes de trabajo entre las estaciones del sistema productivo.

El método diferencia entre dos tipos de tarjetas, de transporte y de fabricación. Cada estación de la línea de trabajo consta de un punto de entrada de materiales, el equipo empleado para la fabricación y de un punto de salida de los productos ya transformados. Las tarjetas Kanban de producción se desplazan dentro de la misma

estación como órdenes de fabricación para las mismas. La Figura 25 muestra la información básica de la tarjeta de transporte y es la siguiente:

- Identificación del ítem transportado
- Número de piezas del contenedor
- Número de orden de la tarjeta
- Origen
- Destino

<b>KANBAN DE TRANSPORTE</b>	
CÓDIGO ITEM: CAPACIDAD CONTENEDOR: NÚMERO DE ORDEN:	
<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>
CENTRO DE TRABAJO: PUNTO DE RECOGIDA:	CENTRO DE TRABAJO: PUNTO DE RECOGIDA:

Figura 25. Tarjeta Kanban de transporte. Fuente: Elaboración propia a partir de (Larraneta, Onieva, & Lozano, 1988)

La unidad de transporte es el contenedor que solo puede viajar en dos situaciones, lleno o vacío. El número de orden es importante ya que indica la prioridad y debe ejecutarse las operaciones según este criterio.

La tarjeta de producción debe contener los siguientes parámetros (Figura 26):

- Centro de trabajo
- Identificación del ítem a fabricar
- Número de piezas del contenedor
- Punto de almacenamiento de salida
- Identificación y punto de recogida de los componentes necesarios

**KANBAN DE PRODUCCIÓN**

CENTRO DE TRABAJO:  
CÓDIGO ITEM:  
CAPACIDAD CONTENEDOR:  
PUNTO DE ALMACENAMIENTO:

COMPONENTES	
CÓDIGO ITEM	PUNTO DE RECOGIDA

Figura 26. Tarjeta Kanban de fabricación. Fuente: Elaboración propia a partir de (Larraneta, Onieva, & Lozano, 1988)

La tarjeta de producción solo indica el número de piezas a fabricar, dónde se recogen los componentes que intervienen y dónde deben situarse las piezas transformadas en su salida.

También puede hacerse una distinción con los proveedores utilizando el tipo de tarjeta que se muestra en la Figura 27, donde se recoge la siguiente información:

- Identificación del ítem
- Número de piezas por contenedor
- Número de orden de la tarjeta
- Empresa proveedora
- Punto de recogida
- Horario de entregas
- Empresa receptora
- Muelle de descarga
- Punto de depósito

Tiene una importancia relevante la integración de los proveedores en el sistema, debido a que la relación con ellos se basa en un contrato de

aprovisionamiento con frecuentes entregas del material. Se pretende tratar a los proveedores, desde el punto de vista de la organización, como un centro más de movimiento de materiales.

El proveedor externo recogería las tarjetas del casillero cuando realiza entregas del material, cuyos contenedores vacíos vendrían acompañados de tarjetas de proveedor. Al realizar las entregas, se lleva los contenedores vacíos del centro de recepción junto con las tarjetas de proveedor del casillero.

<b>KANBAN DE PROVEEDOR</b>	
CÓDIGO ITEM: CAPACIDAD CONTENEDOR: NÚMERO DE ORDEN:	
<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>
EMPRESA PROVEEDORA: PUNTO DE RECOGIDA: HORARIO DE ENTREGAS:	EMPRESA RECEPTORA: MUELLE DE DESCARGA: PUNTO DE DEPÓSITO:

Figura 27. Tarjeta Kanban de proveedor. Fuente: Elaboración propia a partir de (Larraneta, Onieva, & Lozano, 1988)

Por último, es de interés fijar el número de tarjetas Kanban que circulan en la planta, debido a que regulan el flujo entre procesos y permiten que estén sincronizados. Considerando que la fabricación se realice pieza a pieza, se cubre la demanda durante el plazo de fabricación más una cantidad de stock de seguridad si se considera oportuno. No se recomienda emplear elevados stocks de seguridad, siendo una recomendación no superar el 10 % de la demanda media  $D \cdot PA$ . En primer lugar, se calcula el punto de pedido,  $s$ , como:

$$s = PA \cdot D + ss$$



Donde:

PA = Plazo de fabricación.

D = Demanda media durante PA.

ss = Stock de seguridad.

Se calcula el número de Kanban como el entero por exceso del cociente:

$$N^{\circ} \text{ de Kanban} = \frac{s}{\text{Capacidad del contenedor}}$$

El valor obtenido, se corresponde con el número de tarjetas de transporte referidas al componente que se introducen para regular el flujo entre el punto de almacenamiento de la línea de montaje y el punto de salida de la célula que fabrica el componente.

En la célula de fabricación, las tarjetas de producción regulan la cantidad a producir, especificando que se inicie la producción del componente cuando se acumulen  $n - 1$  tarjetas de producción en el casillero.

## **4. LA INDUSTRIA DE DESARROLLO DE PRODUCTO**

### **4.1. Concepto de producto y ciclo de vida del producto**

En primer lugar, es de interés conocer la definición básica de producto, se entiende por producto como el resultado de un proceso industrial susceptible de ser vendido a los clientes de la empresa.

En cuanto al desarrollo de productos, es todo el conjunto de actividades desde la identificación de una oportunidad de negocio hasta la fabricación del producto.

Normalmente, la estructura de un producto se presenta en forma de lista de materiales. La lista de materiales identifica un conjunto de ítems (partes o etapas de un producto) y sus relaciones. Puede presentarse en dos formatos, mediante tablas o en forma de gráficos con una estructura multinivel. En algunos casos, la lista de materiales da información acerca del origen del ítem, suele especificar si el componente es adquirido externamente (compras), o bien es el resultado de una operación que se realiza dentro de la planta.

Los niveles de producto pueden clasificarse en cuatro categorías en relación a sus características, de producto concreto a grupo de productos de la empresa son los siguientes:

**Referencia.** Versión específica del producto, se identifica con un conjunto único de la lista de materiales. Una referencia determina de forma unívoca a un producto y se identifica con un código. Dicha referencia puede ser interna o una referencia universal a través de lo que se denomina GTIN (Global Trade Item Number).

**Modelo.** Agrupación de referencias, designación separada en la lista del vendedor.

**Línea de producto.** Conjunto de referencias relacionadas entre sí, bien porque se comercializan de forma conjunta, o porque satisfacen una determinada necesidad.

Gama/mix de productos. Conjunto de productos de los que dispone una empresa.

Todas las empresas buscan que el producto lanzado al mercado disfrute de una larga y próspera existencia. Sin embargo, las ventas no permanecerán interminables ni permanentes, es por ello que el objetivo de la empresa es buscar que el beneficio sea aceptable a la inversión realizada para su creación, es decir, que le permita cubrir todos los esfuerzos y riesgos que se asumieron al lanzar el producto.

Es importante conocer cómo se desarrolla el ciclo de vida de cualquier producto, aunque todos los productos comparten las mismas etapas, la duración de cada una y forma dependerá del tipo de producto. En la Figura 28, se muestra la evolución de las ventas y beneficios del producto durante el tiempo que está en el mercado.

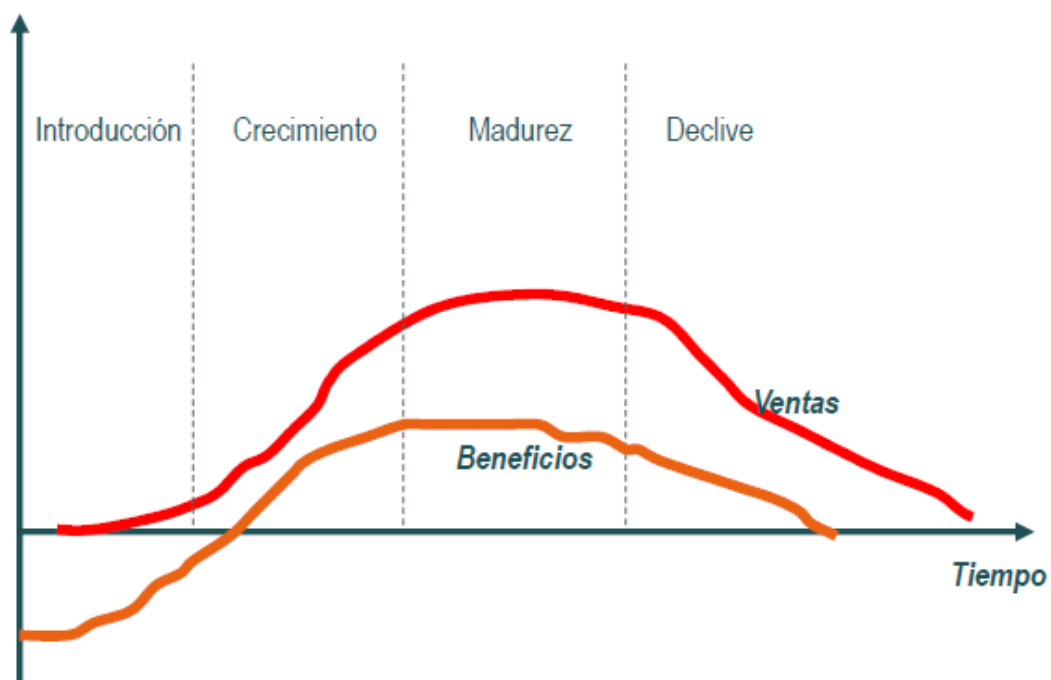


Figura 28. Ciclo de vida. Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)

La curva del ciclo de vida de un producto se ha establecido en estas fases (Kotler, 2007):

Lanzamiento o introducción, en esta fase se presenta un periodo bajo en ventas tras el lanzamiento del producto al mercado. Prácticamente los beneficios

son nulos dados los altos gastos desembolsados por la empresa para la creación del nuevo producto.

Crecimiento, el producto empieza a ser aceptado en el mercado, después de esta fase se comienza a vislumbrar un aumento en los beneficios para la empresa. Si se trata de un producto nuevo, surgen competidores, y es importante prever un diseño y desarrollo de variantes del producto o posibles evoluciones. Si no se trata de un producto nuevo, la competencia actuará sobre el precio para buscar la diferenciación.

Madurez, el producto no experimenta un incremento exponencial de ventas en el mercado, sino que las ventas se estabilizan y los beneficios empiezan a decrecer por efecto de la competencia. Esto se debe a la aceptación del producto por la mayor parte de los compradores potenciales. El área de mercadotecnia debe ser capaz de defender los productos frente a los productos de la competencia.

Declive, se produce un descenso en el número de unidades vendidas y en los beneficios de la empresa. Algunas optan por retirar el producto del mercado cuando comienza el declive, sin embargo, esto puede hacer que los competidores aumenten su cuota de mercado.

Algunos autores contemplan una fase preliminar denominada desarrollo del producto que es dónde se inicia la idea innovadora llevada a la creación y al desarrollo. Evidentemente, las ventas son nulas a diferencia de los costes para la inversión que hace la empresa y que va en aumento paulatinamente hasta su lanzamiento.

Cada producto puede pasar por el ciclo de vida completo o no, hay casos donde se pueden observar cómo después del lanzamiento, el producto presenta un declive pronunciado como se muestra en la Figura 29.

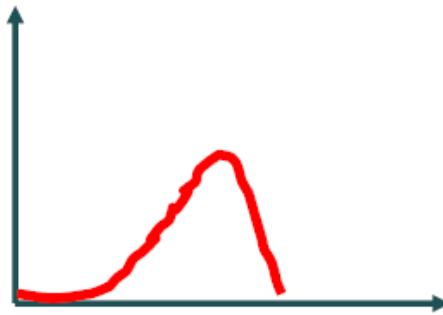


Figura 29. Ciclo de vida sin período de madurez. Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)

Por otra parte, otros permanecen varios años en la etapa de madurez gracias a la buena promoción o valoración por parte del cliente (Figura 30).

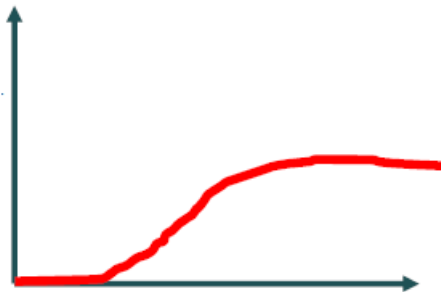


Figura 30. Ciclo de vida largo período de madurez. Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)

Por último, puede darse el caso de que se relance el producto cuando entra en la fase de declive (Figura 31).

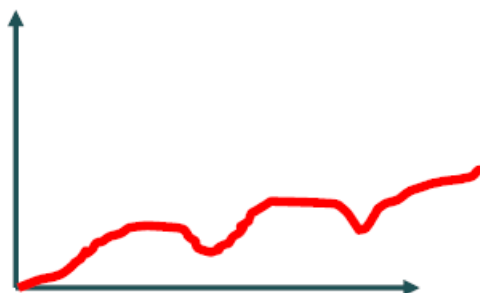


Figura 31. Ciclo de vida con constantes lanzamientos de producto. Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)

Los niveles de madurez tecnológica (TRL) son un tipo de sistema de medición utilizado para evaluar el nivel de madurez de una tecnología en particular. Cada proyecto de tecnología se evalúa con los parámetros de cada nivel de tecnología y luego se le asigna una calificación TRL basada en el progreso del mismo. Hay nueve

niveles de preparación tecnológica. Partiendo de TRL 1, el más bajo y siendo TRL 9 el más alto (Figura 32), los niveles de desarrollo tecnológico son:

- TRL1. Principios básicos.
- TRL2. Concepto tecnológico y/o solicitud formulada.
- TRL3. Análisis y experimentación de la función crítica y/o prueba característica conceptuales.
- TRL4. Prueba piloto de componentes en ambiente de laboratorio.
- TRL5. Prueba piloto de componentes en ambiente de trabajo.
- TRL6. El prototipo es probado en ambiente de trabajo extremo.
- TRL7. Prueba en ambiente de trabajo real.
- TRL8. Sistema terminado, aprobado para uso a través de pruebas de trabajo.
- TRL9. Operación exitosa.



Figura 32. Niveles de madurez de la tecnología. Fuente: (Rohkus, 2016)

TRL 1, se corresponde en la situación de que la investigación científica está comenzando y esos resultados se están traduciendo en investigación y desarrollo futuros. TRL 2 ocurre una vez que los principios básicos han sido estudiados y las aplicaciones prácticas se pueden aplicar a esos hallazgos iniciales. La tecnología TRL 2 es muy especulativa, ya que hay poca o ninguna prueba experimental de concepto para la tecnología. Cuando comienza la investigación y el diseño activo,

una tecnología se eleva a TRL 3. En general, se requieren estudios analíticos y de laboratorio a este nivel para ver si una tecnología es viable y está lista para avanzar en el proceso de desarrollo. A menudo, durante TRL 3, se construye un modelo de prueba de concepto.

Una vez que la tecnología de prueba de concepto está lista, la tecnología avanza hasta TRL 4. En esta fase se realizan pruebas de piezas con múltiples componentes entre sí. La tecnología TRL 5 debe someterse a pruebas más rigurosas, obteniendo la validación de componentes en un entorno controlado. Las simulaciones se deben ejecutar en entornos que sean lo más cercanos a las situaciones reales tanto como sea posible. Una tecnología puede avanzar a TRL 6 si tiene un prototipo completamente funcional o un modelo de representación.

La tecnología TRL 7 requiere que el modelo de trabajo o prototipo se demuestre en un entorno real. La tecnología TRL 8 ha sido probada y está lista para su implementación en un sistema tecnológico o de tecnología ya existente. Una vez que una tecnología ha sido probada en una prueba, incluye la integración de las nuevas tecnologías en un sistema existente, se llama TRL 9.

El motivo del desarrollo de producto se puede diferenciar en dos tipos, según cuál sea su orientación:

Productos dirigidos por el mercado. Se detecta una oportunidad, una necesidad no cubierta con los productos existentes y se desarrolla, por tanto, un producto que satisfaga dicha necesidad. Alrededor del 80% de los nuevos productos que se desarrollan son dirigidos por el mercado, por otra parte, se hace más sencilla la estimación de la demanda futura.

Productos dirigidos por la tecnología. Se encuentra una nueva tecnología que se intenta aplicar, aunque no exista una demanda evidente. La mayor parte de las empresas invierten parte de su beneficio (2-20%) en el desarrollo de nuevos productos. La estimación correcta de la demanda futura de ese tipo de productos es esencial. La gran ventaja de estos productos es que, si tienen éxito, constituyen una innovación tecnológica y, por tanto, proporciona cierta ventaja competitiva respecto al resto.

Adicionalmente, se producen cambios en los productos existentes debido a que surge la necesidad de cambio en algunas características. Las causas pueden ser muy diversas, principalmente se destaca a consecuencia de que los proveedores hayan cambiado los componentes por otros más actualizados, por cambios legales o normativos que hace que el producto actual los incumple o que se haya identificado una mejora del producto en una etapa posterior al desarrollo.

Se distinguen varios tipos de proyectos de desarrollo en función la magnitud del mismo, se destaca:

- Nuevas plataformas, donde se desarrolla una familia de productos con un conjunto de elementos comunes.
- Derivados de plataformas existentes, para dirigirse de manera más adecuada al mercado que haya sido identificado.
- Mejoras o rediseño, mediante la agregación o modificación de funciones existentes.
- Productos nuevos, puesto en el mercado con una tecnología o proceso de producción totalmente diferente.

#### **4.1.1. Modelo de Kano**

El modelo presentado por el japonés Noriaki Kano se basa en analizar las características que serán añadidas en el desarrollo de producto, con el fin de conseguir la máxima satisfacción del cliente, sin añadir características que el cliente no valora en ese producto o, en general, no aportan valor. En la Figura 33, se distinguen tres tipos de curvas que se corresponden con la preferencia de los consumidores según los factores sean:

**Estimulantes.** Son atributos del producto que causan, al estar presentes, la satisfacción del cliente. Generalmente, el cliente no espera encontrarlos y crea una sorpresa de agrado en el consumidor.

**Lineal o unidimensional.** El cliente encuentra satisfacción en los atributos cuando están presentes e insatisfacción cuando no lo están. Suelen ser las características principales del producto, el motivo por el que el cliente lo escoge ya que espera que las tenga.



Básico. Son los atributos que se da por hecho que están presentes, y si no lo están crean insatisfacción en el consumidor. Es decir, por añadirlos no se va a crear ningún tipo de satisfacción al cliente, pero su ausencia provoca la insatisfacción. Suelen ser las características básicas inherentes del producto.



Figura 33. Modelo de Kano. Fuente: (Pahl, Gerhard, Beitz, & Feldhusen, 2007)

En el eje de abscisa se representa el grado de implementación de las características, mientras que el eje de ordenadas se representa el grado de satisfacción del cliente. Además, se representa una flecha de color rojo, cuyo significado es mostrar el transcurso del tiempo, es decir, las características consideradas como lineales pasan a ser básicas, y las consideradas como estimulantes, serán lineales.

El propósito de la herramienta es optimizar las especificaciones de cada producto, añadiéndole las características necesarias para proporcionar la satisfacción del cliente. De esta forma, los productos de gama básica llevarán solamente las características imprescindibles o básicas, los de gama media incluirán además ciertas características lineales. Los productos de lujo, llevarán todas las características lineales y además características estimulantes.

## 4.2. Fases del desarrollo de producto

Las fases que determinan el desarrollo del producto se pueden dividir en cuatro, hasta llegar a la fase de prototipo o pruebas piloto, donde se pone en curso la fabricación del producto. Las fases del desarrollo de producto son:

Fase 1. Planificación

Fase 2. Desarrollo de especificaciones

Fase 3. Desarrollo de concepto

Fase 4. Diseño de detalle



Figura 34. Fases desarrollo de producto. Fuente: Elaboración propia

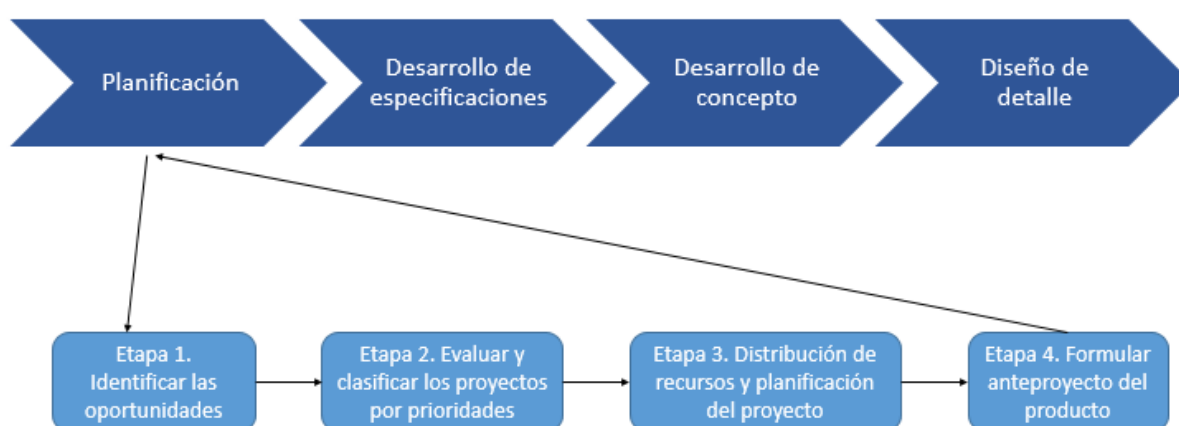
Cada una de estas fases (Figura 34) tiene una documentación de entrada, y genera una documentación de salida para la siguiente. Los documentos más importantes en orden secuencial desde la fase inicial hasta la última fase son: Documento de misión, Documento de especificaciones, Documento de concepto y Documento de producto. Cada una de las fases del desarrollo de producto tiene una serie de etapas sucesivas que deben llevarse a cabo de forma ordenada.

### 4.2.1. Fase 1. Planificación

El proceso de planificación del producto no implica un desembolso importante de recursos ni aprobación formal hasta la terminación de la última etapa de la fase. En el caso de disponer de varios proyectos de productos hay que considerar la cartera de proyectos de la organización y determinar el subconjunto de estos proyectos que se llevarán a cabo en un tiempo determinado. Cada proyecto seleccionado acorde a la estrategia de la empresa, será gestionado por un equipo de desarrollo de producto que necesitarán conocer su misión antes de iniciar al proyecto.

Las decisiones de planificación de producto involucran a la alta dirección de la organización y puede darse anualmente o con mayor frecuencia, dependiendo del tipo de producto y la filosofía de la organización, algunas cuentan con un director de planificación que es el encargado de la realización de este proceso.

Las organizaciones que no planifican de forma correcta la cartera de proyectos de desarrollo, presentarán desajustes entre la capacidad de desarrollo y el número de proyectos ejecutados, ineficiente distribución de recursos y mayor probabilidad de cancelación de proyectos entre otras circunstancias.



**Figura 35. Etapas de la fase de planificación. Fuente: Elaboración propia**

El proceso de planificación comienza con la identificación de oportunidades y finaliza con la elaboración del anteproyecto del producto (Figura 35).

Una vez seleccionados los proyectos y asignados los recursos se desarrolla la declaración de la misión para cada proyecto. Por lo tanto, son necesarias la planificación y el documento de misión para la continuación de los pasos de desarrollo. Aunque se ha descrito de manera secuencial, las actividades de seleccionar proyectos prometedores y asignar recursos son iterativas por naturaleza.

La planificación se evalúa con frecuencia si se producen cambios de calendario o modificaciones provenientes de grupos de desarrollo, laboratorios de investigación, departamento de producción o mercadotecnia.

Para llevar a cabo la fase de planificación de producto, se divide en las siguientes etapas:

### Etapa 1. Identificar las oportunidades.

Una oportunidad es la descripción de un producto en forma básica, una necesidad recién percibida, una tecnología descubierta recientemente o una correspondencia inicial entre una necesidad y una posible solución. La oportunidad para un producto nuevo suele describirse, generalmente, con un título descriptivo, una explicación de la idea y, en ocasiones, el esquema de un posible concepto del producto.

El proceso de identificación pretende aumentar la cantidad de oportunidades excelentes, se presentan de tres maneras distintas:

- Generar una gran cantidad de oportunidades
- Buscar calidad alta en las oportunidades generadas
- Crear una elevada variabilidad en la creación de ideas

Los pasos de más importantes de esta etapa son dos principalmente, el sistema de búsqueda y el filtrado de oportunidades. Estas oportunidades pueden abarcar cualquier tipo de proyectos de desarrollo citados anteriormente.

### Etapa 2. Evaluar y clasificar los proyectos por prioridades.

En esta etapa se seleccionan los proyectos más prometedores y, para ello, se parte de cuatro perspectivas para evaluar y clasificar proyectos:

**Estrategia competitiva.** Se trata del método de la empresa para abordar mercados y productos respecto a la competencia.

**Segmentación de mercados.** Al diferenciar productos de la competencia y los productos propios en segmentos, se puede evaluar qué oportunidades del producto se han abordado. Una herramienta útil es el mapa de segmentación de productos.

**Trayectorias tecnológicas.** En un entorno de constantes cambios tecnológicos, una decisión clave es cuando adaptar una nueva tecnología para la línea de productos. Para ello se puede utilizar la herramienta conceptual de la curva S de tecnología.

Plataformas de productos. Se refiere al conjunto de activos compartidos por una serie de productos. Es importante diseñar una plataforma efectiva pueda crear una variedad de productos con más rapidez y facilidad, para ello, se debe hacer un estudio de la arquitectura del producto.

### Etapa 3. Distribución de recursos y planificación del proyecto.

La estimación de recursos es un requisito imprescindible para una eficiente planificación. Para ello, la elaboración de una planificación agregada de los recursos ayuda a establecer una previsión de los proyectos que se llevarán a la práctica sin superar el límite disponible.

En desarrollo de producto, las horas de trabajo del personal es un recurso principal, por lo que se suele medir en horas/trabajador o trabajadores/mes y tener especial atención a no superar la capacidad máxima disponible.

Otros recursos para esta actividad, pueden ser el equipo de construcción rápida de prototipos, talleres de pruebas, etc. Las estimaciones de recursos necesarios pueden medirse a razón de la utilización de la capacidad total, como demanda/capacidad.

La planificación del proyecto contempla el conjunto de proyectos con los recursos asignados y programados en el tiempo. Hay que señalar la importancia de actualizaciones periódicas para el desarrollo de nuevos productos a consecuencia de varios factores como la programación del lanzamiento de producto que será alterada por la disposición tecnológica y la actuación de la competencia en la anticipación del producto.

### Etapa 4. Formular anteproyecto del producto.

En la última etapa, una vez el proyecto ha sido planificado, se procede a la elaboración del documento de misión (o anteproyecto) en el que se deben incluir los siguientes aspectos:

- Descripción general del producto.
- Valor que genera.

- Unas metas comerciales y mercados objetivos.
- Restricciones sobre las principales fases del ciclo de vida del producto.
- Grupos interesados en el desarrollo del producto.

Los productos nuevos contarán con un presupuesto y la asignación del personal adicional en la fase de desarrollo de concepto. Esto es a consecuencia, de la obtención del conocimiento básico del concepto de producto que está en proceso de desarrollo. Se realizará una planificación más detallada si el concepto de producto avanza en su desarrollo.

#### 4.2.2. Fase 2. Desarrollo de especificaciones

Para el inicio de esta fase, es necesario que el documento de misión haya sido aprobado. Se definen dos conceptos fundamentales que determinan las dos etapas de la fase de desarrollo de especificaciones.

Se entiende por necesidad o requisito, todas aquellas características del producto que son deseadas por parte de los clientes. Las necesidades son independientes al producto y a la tecnología concreta que se vaya a desarrollar.

Otro término importante de esta fase, se conoce como especificaciones. Comprende las condiciones técnicas del producto a desarrollar donde se describe de forma concreta lo que el producto debe hacer y son dependientes del producto concreto.

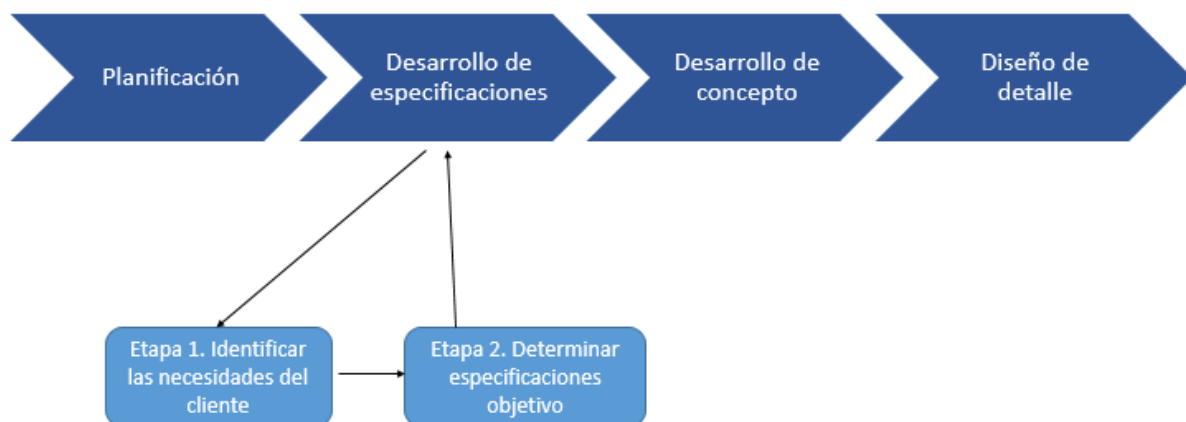


Figura 36. Etapas fase de especificaciones. Fuente: Elaboración propia

Partiendo de estos conceptos, la fase desarrollo de especificaciones, se divide en dos etapas (Figura 36):

### Etapa 1. Identificar las necesidades del cliente.

Esta etapa proporciona una conexión entre los usuarios del producto (clientes) y los encargados del proceso de desarrollo. Los objetivos de esta etapa son tanto asegurar que el producto se centra en las necesidades del cliente como utilizar las necesidades como base para definir las especificaciones del producto. Con el fin de conseguirlo se documenta el proceso de búsqueda de necesidades y se estructuran en estos pasos:

#### Paso 1. Recoger datos del cliente

La recogida de datos de los clientes se desglosa en tres actividades principales. La primera es la selección del perfil del cliente, la segunda la selección de las herramientas para la recogida de datos y la última se centra en algunas recomendaciones para la recogida de datos.

En cuanto a la selección de clientes es preciso recoger a todos los tipos principales de clientes, incluso potenciales del producto. Se analizarán las fases en la vida del producto y ver quién tiene relación con el producto en cada una de las fases, de esta manera se utiliza un método sistemático.

El comprador no es un perfil importante a la hora de diseñar el producto, fundamentalmente intervendrá en dos aspectos, la satisfacción del usuario y el precio.

Por otra parte, es interesante no centrarse en el usuario medio del producto y tener en consideración tanto al usuario líder, aquél que tiene necesidades más exigentes que la media y al usuario extremo, que utiliza el producto en condiciones no habituales.

Las herramientas para establecer el canal de información directamente con el cliente y poder recopilar los datos son principalmente tres. Las entrevistas

individuales, las entrevistas en grupo (grupo de siete a diez clientes) y la observación del uso del producto.

Las recomendaciones generales para la recogida de datos y una satisfactoria interacción con el cliente es documentar y registrar de forma correcta el resultado obtenido. Emplear elementos como la visualización de productos de la competencia y pedir ejemplos de funcionamiento o situaciones al cliente. Además, se debe evitar tecnologías ya que se pretende identificar necesidades, no conceptos de producto y estar atento a las necesidades latentes que puedan surgir.

## Paso 2. Extraer necesidades

De los datos de los clientes no se extraen necesidades de forma automática. Hay que procesarlos, ya que un mismo dato expresado por el cliente puede ser traducido a necesidades de forma muy distinta, por ello, la extracción de necesidades es un proceso que realizará el equipo en su conjunto.

Para la extracción de necesidades hay que tener en cuenta un conjunto de directrices para ser eficiente en la traducción y asegurar consistencia en los resultados.

Expresar las necesidades en función de qué debe hacer el producto, no cómo debe hacerlo. A veces el cliente expresa una posible manera de satisfacer una necesidad, pero no se debe tener en cuenta en esta fase debido a que se está generando un concepto.

Mantener el nivel de detalle de los datos expresado por el cliente para no perder información, se debe mantener el nivel de detalle porque una necesidad se puede expresar a distintos niveles de detalle.

Evitar enunciados negativos en la medida de lo posible debido a que dicen lo que no debe hacer el producto, pero no expresa lo que debe hacer, es decir, las características del producto.

Expresar la necesidad como una característica del producto da indicaciones más claras para su desarrollo.



Evitar cuantificar las necesidades (podría, debería) que se hayan obtenido, la priorización de necesidades es el último paso de esta etapa.

### Paso 3. Organizar necesidades

La lista de necesidades identificada en el paso anterior puede ser extremadamente larga, típicamente se obtienen entre 50-300 necesidades, por lo que, para poder seguir adelante, es mejor organizarlos en una jerarquía de necesidades. Las necesidades primarias son las más generales, de ésta puede desprenderse las necesidades secundarias que caracterizan el producto con algo más de detalle, y si el producto es bastante complejo también podrían descomponerse en necesidades terciarias.

Aunque el procedimiento de organizar las necesidades pueda resultar intuitivo, es conveniente seguir pasos como agrupar las necesidades similares, eliminar repeticiones y fijar un número de necesidades por cada nivel de jerarquía, suele estar entre 10 y 20 necesidades en media.

El proceso de organizar es iterativo y no hay una única forma de establecerlo, de ahí su carácter subjetivo. En algunos casos, el uso de herramientas como lista de comprobación de especificaciones puede ayudar a la ejecución de este paso.

### Paso 4. Priorizar necesidades

Algunas necesidades pueden resultar extremadamente costosas para el equipo de desarrollo, tecnológicamente imposibles o incluso incompatibles con las necesidades generales. De ahí, se desprende la importancia de priorizar todas las necesidades de la etapa anterior. Mediante dos formas se puede hacer este paso, con entrevistas estructuradas a los clientes o basarse en la experiencia del equipo de desarrollo.

La calificación de priorizar las necesidades se puede hacer por cualquiera de los siguientes métodos en cualquier caso de las formas anteriores:

- Escala numérica de 1 a 10. Se puntúa cada necesidad con valor de esta escala.

- Suma fija. Se debe repartir un número fijo de puntos (normalmente 100) entre todas las necesidades.
- Modelo de Kano. Cuantificar las categorías con una puntuación más alta para las básicas y más baja para las estimulantes.

Si se ha decidido volver a preguntar a los clientes, hay que centrarse en las necesidades más complejas, aunque tengan poca importancia seguramente saldrán adelante y valorar el número de perfiles de clientes, analizar la discrepancia entre las respuestas de clientes del mismo tipo, en realidad, puede darse el caso de dos tipos de clientes.

### Etapa 2. Determinar especificaciones objetivo

Las especificaciones deben determinar de forma precisa lo que debe hacer el producto, se traslada el lenguaje del cliente (necesidades) a las especificaciones, una magnitud cuantificable. Las especificaciones son enunciados del problema de desarrollo de producto en términos de indicadores (métricas) que pueden ser medidos y a los que se le puede poner valores objetivo.

Satisfacer las especificaciones establecidas en este punto está determinado por los detalles del concepto del producto que finalmente selecciona el equipo. Por esta razón, las especificaciones preliminares se marcan como especificaciones objetivo, éstas son las metas que persigue el grupo de desarrollo. Posteriormente, estas especificaciones serán revisadas de acuerdo con las limitaciones del concepto de producto que haya sido seleccionado. El proceso de establecer las especificaciones objetivo consiste en estos pasos:

#### Paso 1. Establecer indicadores

Este primer paso se basa en dos actividades, la identificación de indicadores y encontrar la relación de los indicadores con las necesidades de la etapa anterior. Se trata de elegir el indicador o conjunto de ellos que se adapten mejor para cada necesidad, ya que una necesidad se puede reflejar con más de un indicador. Como se explicará posteriormente, se utilizará una flecha para especificar la dirección de mejora de la necesidad.

Los tipos de valores que pueden tomar los indicadores permite dividirlos en dos grupos, los de carácter numérico con sus unidades correspondientes y los indicadores tipo lista. En el caso de que el producto tenga una interacción con el hombre, existen tablas antropométricas para los indicadores.

Para establecer las relaciones entre los indicadores y las necesidades, se emplea un matriz, donde las filas se corresponden a las necesidades del cliente y las columnas a los indicadores propuestos. Una marca en una celda de la matriz significa que la necesidad y el indicador asociado con la celda están relacionados. En lugar de la marca, se puede asignar un valor para expresar la relación del nivel de influencia, siendo habitualmente 9, 6 y 3, según sean fuerte, media y débil respectivamente. Esta matriz es una parte correspondiente a la casa de la calidad o QFD (Quality Function Deployment).

Cada necesidad del cliente debe de poder ser medida, por al menos, un indicador, es importante que ningún indicador se quede sin asignar. A veces, se tiene que descomponer la necesidad, si no es así, es que no se ha entendido bien la necesidad del cliente y es preciso retroceder a la etapa anterior. Para la consistencia del método, cada especificación debe relacionarse, al menos, con un requisito a nivel fuerte y evitar que la matriz necesidades-indicadores sea una diagonal.

Según la metodología QFD, partiendo del paso de priorización de necesidades se puede establecer la prioridad de los diferentes indicadores. Consiste en la realización de una suma ponderada. Por cada especificación, se obtiene el producto de la prioridad y el nivel de influencia de la especificación. A continuación, se realiza una normalización con los resultados obtenidos, indicando según su valor la prioridad del indicador.

Finalmente, es importante tener en cuenta los indicadores de tipo estético, debido a que es una necesidad habitual del cliente. Para ello, se puede incorporar en el equipo de desarrollo un perfil adecuado capaz de trasladar esta necesidad en especificaciones. De forma relativa, se puede llevar a cabo un análisis de la competencia, o incluso estableciendo un test específico para los conceptos diseñado por el equipo de desarrollo.

## Paso 2. Realizar benchmark

Si el producto que está en desarrollo tiene competidores en el mercado con productos similares o sustituye al existente, se realizará un benchmarking con el objetivo de identificar los productos competidores del que se va a desarrollar y proporcionar valores objetivos de los indicadores. Se puede abordar mediante estas alternativas.

Benchmarking técnico, se basa en el estudio de los productos de la competencia para establecer los valores de los indicadores de los productos competidores.

Análisis competitivo, requiere volver a entrevistarse con los clientes para establecer la importancia de las necesidades de los productos competidores.

Estas dos formas no son excluyentes y pueden realizarse de forma conjunta en este paso. Cada alternativa presenta aspectos positivos y negativos, en el caso del benchmarking técnico se debe comprobar de forma independiente, mediante pruebas de diferente índole, la información proporcionada por los productos de la competencia sobre todo si proviene de catálogos, debido a que puede ser incompleta o no ser totalmente veraz. Respecto al análisis competitivo hay que señalar que se emplea una escala de 1 a 5 para la valoración, utilizando como referencia la priorización de necesidades de la etapa anterior.

Los productos nuevos tienen el inconveniente que no se pueden comparar con los productos de la competencia realizando un benchmarking técnico, siendo más factible la realización de un análisis competitivo con ayuda de productos de la competencia que cubren parcialmente las necesidades del producto a desarrollar.

## Paso 3. Establecer valores ideales/objetivo

En este paso, se sintetiza la información con dos valores importantes, un valor ideal que representa el mejor resultado que se puede esperar y un valor objetivo mínimamente aceptable, es decir, el menor (o mayor) valor que el indicador debe tomar para que sea viable el producto.

Se pretende que el producto satisfaga algunos valores ideales, siendo la principal preocupación del equipo la viabilidad del producto desde el punto de vista comercial. Algunos valores objetivos pueden no cumplirse, pero son especificaciones preliminares y es preciso continuar las fases posteriores para un mayor nivel de detalle.

#### Paso 4. Determinar lista de especificaciones

En este paso las especificaciones objetivo/ideales obtenidas en el paso anterior se revisan y se determina una lista final de especificaciones. Finalizar este paso no es tarea sencilla, se producen relaciones inversas entre especificaciones que son inherentes en el concepto seleccionado, es por ello, que se analizará la influencia de unas especificaciones con otras.

Se pueden realizar una serie de actividades que permiten la obtención del documento de especificaciones y de los subsistemas si el producto es muy complejo.

Tanto expresar aproximaciones analíticas y físicas de carácter técnico del producto como estimar el coste del producto y verificar si es aceptable con las especificaciones son las dos principales actividades que deben hacerse.

Deben analizarse y fijar los valores de las especificaciones para llegar a un valor de compromiso entre especificaciones de carácter inverso. Además, un aspecto difícil en productos más complejos donde el proceso de descender a niveles más bajos busca asegurar que las especificaciones del subsistema reflejen las especificaciones generales del producto, es decir, si se cumplen las especificaciones para los subsistemas, se cumplirán las especificaciones generales del producto.

#### **4.2.3. Fase 3. Desarrollo de concepto**

El concepto de producto es una descripción aproximada de la tecnología, el funcionamiento y la forma del producto, esta descripción puede representarse gráficamente mediante bocetos. Se distinguen dos etapas, generación de conceptos y selección de conceptos. Fundamentalmente, se consideran fases creativas que requieren el conocimiento en profundidad del sector del producto.

En los procesos de selección y refinamiento de los conceptos es conveniente emplear unas normas y métodos estructurados para orientar el proceso. Existen principalmente dos etapas, generación de conceptos y selección de los mismos (Figura 37).

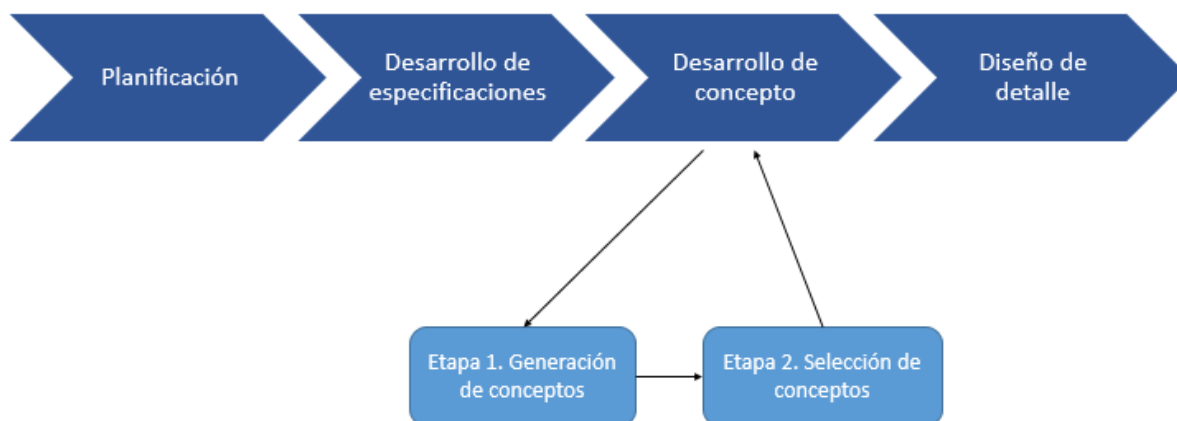


Figura 37. Etapas desarrollo de concepto. Fuente: Elaboración propia

### Etapa 1. Generación de conceptos

El proceso de generación de conceptos parte de una serie de necesidades priorizadas del cliente y las especificaciones objetivo provenientes de la etapa 2, de la fase de desarrollo de especificaciones. El resultado de esta etapa es un conjunto de conceptos del producto descritos por el equipo de desarrollo.

Un método estructurado para la generación de conceptos reduce la incidencia de aumento de costes y permite descomponer un problema complejo en otros más sencillos. Se usan tablas para la combinación de conceptos, ya que explora de manera sistemática el espacio de conceptos de solución e integra las soluciones obtenidas en una solución total.

#### Paso 1. Simplificar el problema

Cuando el producto permite descomponerlo en sub-productos, se hace con el fin de resolver problemas más fáciles, centrar los esfuerzos en los aspectos críticos y subcontratar o comprar soluciones para las características no críticas. En esta simplificación se distinguen los criterios de funcionalidad, secuencia de acciones del usuario y necesidades del cliente.

Para descomponer el producto que tienen tecnología relativamente compleja es conveniente representarlo como una caja negra. Esta caja representa la función general del producto. Lo siguiente es establecer una descomposición funcional, descomponer la caja negra en pequeñas funciones de tal forma que se puedan trabajar con cada una de ellas.

El método de descomposición por secuencia es interesante sobre todo si se trata de productos simples técnicamente en las que hay gran interacción con el usuario. La descomposición por necesidades es útil sobre todo si se trata de productos en los que el problema principal es la forma de uso, más que el principio de funcionamiento.

### Paso 2. Buscar externamente

La búsqueda externa puede presentarse en cualquier paso del desarrollo, ya que el uso libre de soluciones existentes se implementa de forma más acelerada que desarrollar una forma nueva. Es interesante, recurrir a la tecnología empleada por productos de la competencia para abordar sub-productos relacionados al desarrollo puesto en marcha.

Mediante la búsqueda, se pretende captar información general que podría resultar de interés, y posteriormente se enfoca en una dirección para obtener mayor nivel de detalle. Existen varias fuentes externas que dan información como los usuarios líderes. Éstos buscan nuevas necesidades del producto y beneficiarse de ellas. De la misma forma se puede consultar a los expertos de un área determinada de conocimiento y puedan dar ciertas soluciones uno o más de los problemas que se presentan.

Además, se pueden utilizar las patentes, ya que proporcionan una fuente de información técnica que contiene explicaciones y planos del funcionamiento del producto. Si los conceptos se encuentran en patentes, será preciso pagar por su uso. No obstante, también sirve de utilidad para ver qué conceptos están protegidos y deben evitarse.

### Paso 3. Buscar internamente

La búsqueda interna consiste en generar ideas dentro del equipo de desarrollo del proyecto, de carácter creativo, aunque puede seguirse una metodología conocida como TRIZ (acrónimo ruso para teoría de solución de problemas de inventiva). TRIZ se ha empleado como innovación tecnológica y se basa en una matriz de correlación que permite identificar las posibles soluciones a un problema. La matriz contiene características que empeoran o mejoran la situación según el cruce de estos ejes con sus características específicas.

En la medida de lo posible deben evitarse ideas preconcebidas, la tendencia a pensar que un determinado objeto debe ser así. Respondiendo a las preguntas de porqué debe ser de una determinada manera se pueden generar nuevos conceptos. Una forma de realizar esto, es mediante la generación de ideas por inversión, es decir, invertir la perspectiva ya sea usando el producto en sentido contrario a la forma original, o cambiando el funcionamiento del producto en sentido contrario.

Por otra parte, se pueden establecer analogías, paralelismos entre el problema a resolver y otro problema, normalmente, fuera del ámbito del problema original. Algunas analogías exitosas pueden encontrarse en la naturaleza.

Se pretende generar muchos conceptos, cuantas más ideas, más se explora el espacio de soluciones posibles, en la etapa de selección ya se eliminarán las soluciones que se consideren inadmisibles.

Muchos productos incorporan avances tecnológicos en algunas de sus funcionalidades, particularmente en productos con alta tecnología permite la formación continua en los equipos de desarrollo. El proceso de iteración es fundamental para depurar las ideas iniciales, empleando pequeñas mejoras se puede transformar el producto incluso en aspectos secundarios del producto.

#### Paso 4. Explorar sistemáticamente

En este paso se trata de analizar y combinar los conceptos o parte de ellos, generados en las etapas anteriores para producir una solución. Existen metodologías para formalizar el proceso. El árbol de clasificación que permite al equipo separar las soluciones posibles en categorías independientes, y la tabla de



combinación que realiza combinaciones de manera selectiva de diferentes aspectos del producto.

Ambas son formas de guiar la creatividad del equipo de desarrollo y permiten gran flexibilidad en su utilización. El equipo puede emplear estas herramientas de manera iterativa descomponiendo el problema original y simultáneamente, llevar a la práctica una búsqueda interna o externa.

### Etapa 2. Selección de conceptos

Una vez terminada la etapa 1, comienza el proceso para evaluar los conceptos frente a las necesidades del cliente, comparando los puntos relativamente fuertes y débiles de los conceptos.

A diferencia de las etapas anteriores, el proceso de selección de conceptos es de carácter convergente e iterativo. Se parte de un conjunto de conceptos que mediante procesos iterativos se va reduciendo de tamaño hasta conseguir finalmente el concepto dominante que pasará a la fase 4 (Figura 38). Esta etapa puede descomponerse en dos pasos principalmente, en el primero se presenta un método de selección mientras que el segundo se fundamenta en la mejora continua.

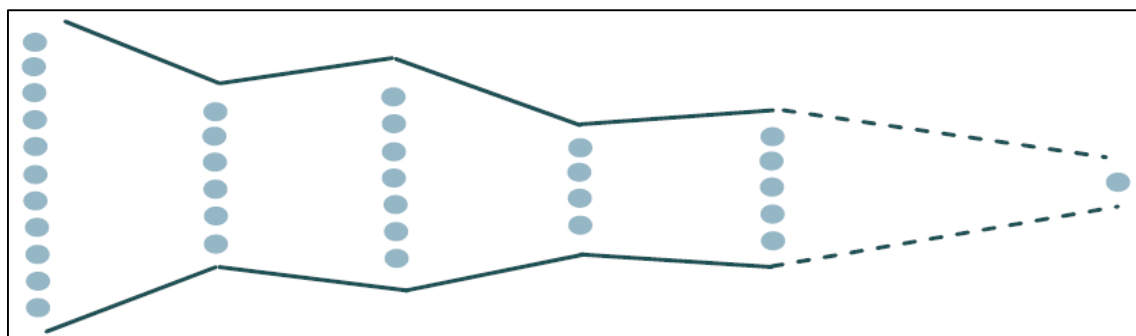


Figura 38. Selección de conceptos. Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)

#### Paso 1. Seleccionar

El objetivo de este paso es disminuir el número de conceptos que se contemplan sin dejar ninguna característica de interés. El equipo califica cada concepto según unos criterios concretos, los cuales tendrán una puntuación. Este filtro de conceptos se basa en la matriz de decisión de Pugh.

La matriz de decisión de Pugh se elabora estableciendo por filas los criterios de selección y en distintas columnas los conceptos que serán comparados entre sí. En esta evaluación relativa el criterio es el siguiente, para una referencia generalmente un estándar o un determinado concepto, se compara éste con todos los conceptos propuestos según cada criterio de selección. Si es mejor que la referencia, se simboliza con un “+”, en el caso de que se peor que la referencia con un “-”. Si para un criterio se consideran igual, el símbolo es “0”. Se aconseja evaluar cada concepto por filas, es decir, bajo un criterio antes de continuar con el siguiente.

Una vez finalizado esta parte, se suma cada uno de los códigos por separado y se calcula la evaluación neta, que consiste en la diferencia del número de signos “+” y de signos “-”. Se ordenan según el resultado obtenido y se busca identificar criterios que marquen la diferencia entre conceptos. Por último, se decide si se continúa con ese concepto, se revisa o se combinan varios criterios para formar otro concepto.

#### Paso 2. Refinar y combinar

Este paso consiste en combinar para mejorar, para ello elimina aquella características no deseables y combina aquellas que son de interés para el usuario. En la selección de concepto no se elige uno en primer lugar, sino que se requiere de la combinación de los distintos conceptos e iterar de nuevo hasta conseguir un único concepto que describa las especificaciones que se buscan.

#### **4.2.4. Fase 4. Diseño de detalle**

En esta fase, se parte de los planos del conjunto del concepto obtenido en la fase anterior, junto con la lista de elementos desglosados. Por otro lado, la arquitectura del sistema debe estar definida y las variantes de los componentes que pueda derivar.

El diseño de detalle se divide en tres etapas principales, la generación del producto, prototipo y las pruebas o testeo. Cada una de estas etapas puede abordarse según diferentes metodologías o incluso según sea la política de la empresa. Además, pueden emplearse diferentes tipos de herramientas para su desarrollo.

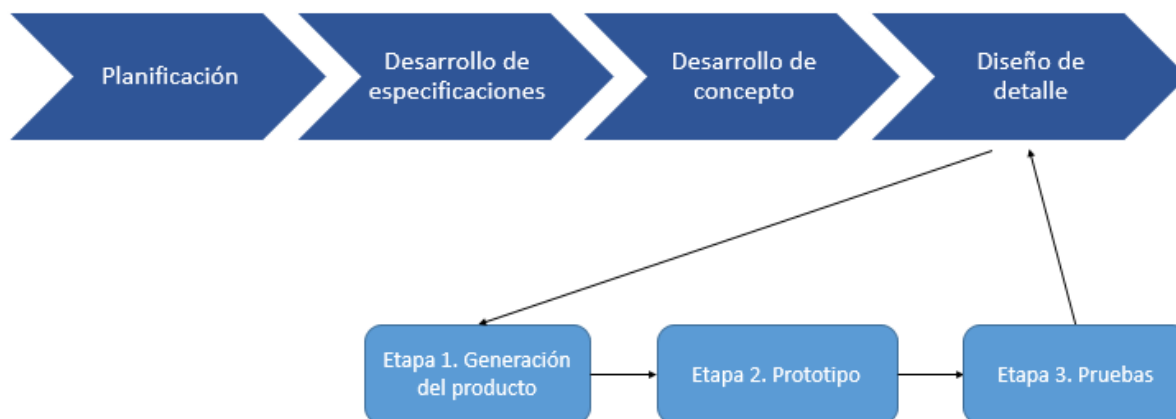


Figura 39. Etapas de diseño de detalle. Fuente: Elaboración propia

### Etapa 1. Generación del producto

Esta etapa puede considerarse como un paso intermedio entre la selección del concepto de producto y la creación del prototipo. Partiendo de los planos del concepto, se definen todos los aspectos necesarios para la fabricación del producto.

Como resultado, se obtiene los planos de piezas y de conjuntos específicos. Estos procesos son documentados para incorporar los componentes que serán subcontratados o comprados al proveedor directamente, y necesitan las especificaciones.

Además, se detallará la relación de piezas, denominación y referencias que contienen cada uno de los elementos del producto. Por último, es de interés conocer normas aplicables que definirán la política de gestión del producto.

La generación de producto es de gran complejidad, existen algunas herramientas para guiar este proceso, aunque están orientadas a determinados aspectos del producto.

Una de las más empleadas es DFA, el diseño para el ensamblaje, cuyo objetivo es disminuir el coste de ensamblaje. Para ello se calcula el índice DFA con la siguiente expresión:

$$\text{Índice DFA} = \frac{N^{\circ} \text{ teórico de piezas} \cdot 3}{\text{Tiempo estimado ensamblaje}}$$

El número 3 del numerador se corresponde con los segundos en valores promedio para insertar una pieza en su lugar. Este valor puede estimarse para piezas de pequeño tamaño, que no requieren utillaje para insertarla. Por tanto, puede estimarse como una estimación de la eficiencia del ensamblaje.

## Etapa 2. Prototipo

A grandes rasgos, un prototipo puede considerarse como una aproximación del producto final en uno o varias dimensiones. Según sus características, se puede clasificar los prototipos en función de varios criterios. Una primera clasificación sería separar entre prototipos físicos frente a los prototipos analíticos. La diferencia se basa en que los prototipos físicos reproducen objetos tangibles que son semejantes al producto mientras que los prototipos analíticos reflejan alguno de los aspectos de funcionamiento del producto, pueden incluir modelos de simulación e incluso fórmulas de comportamiento.

Otra clasificación sería discernir en prototipos de carácter integral frente a los prototipos enfocados. Los prototipos integrales realizan todas las funciones del producto siendo una versión a plena escala y en perfecto estado de funcionamiento, en oposición los prototipos enfocados se centran en mostrar una serie de características del producto, lejos del funcionamiento global.

Por otra parte, en función del grado de madurez del prototipo se distingue entre prototipos alfa que se emplean para comprobar la integración de los componentes y realizar pruebas preliminares y los prototipos beta que están preparados para la prueba de campo. En la Figura 40, se representa mediante dos ejes según las dos primeras clasificaciones los tipos de prototipos que podemos encontrar con algunos ejemplos.

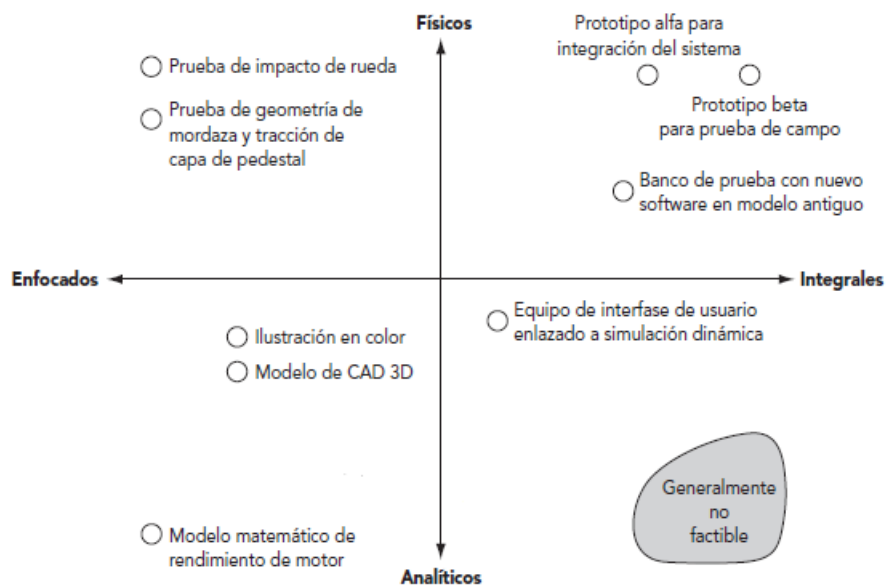


Figura 40. Grado de madurez del prototipo. Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)

La dificultad consiste ahora en tomar la decisión de qué prototipo elegir para el desarrollo, cada uno aporta unas ventajas distintas. En cuanto a la flexibilidad, los tipos analítico son más recomendables, en general, con la variación de parámetros del modelo que hayamos construido se presentan distintos resultados. Como primera aproximación el prototipo analítico permite cambios más sustanciales, a diferencia del prototipo físico que solo permite modificar en detalles.

El prototipo físico es el más idóneo para detectar elementos que pasan inadvertidos en el producto final, fenómenos que pueden presentarse en el momento que están contruidos. Por ello, siempre es preciso fabricar un prototipo físico en el desarrollo de producto.

Esta etapa es de vital importancia en términos de costes de desarrollo, ya que tras la construcción del prototipo y prueba se detectan parámetros que necesitan mejorar, las probabilidades de éxito al ejecutar el producto final aumentan considerablemente. Sin embargo, para productos donde los costes sean bajos o la tecnología sea bastante conocida, no presenta grandes ventajas.

Por último, la adición de esta etapa de prototipo puede completar una actividad con mayor rapidez, produciéndose una disminución en el tiempo de la actividad siguiente, como puede ocurrir en el diseño de moldes.

### Etapa 3. Pruebas

Esta última etapa, precedente a las fases de fabricación del producto, tiene como objetivo la obtención de resultados experimentales y su análisis, de forma que permitan establecer los factores que influyen en el rendimiento de una configuración mediante el diseño de experimentos (DOE) y elegir entre varias alternativas o configuraciones del producto con ayuda de comparaciones experimentales simples o con ANOVA.

El objetivo del diseño de experimentos es optimizar los valores de determinadas características asociadas a la calidad de los productos, a estas características de calidad se las denomina respuestas del sistema.

Una respuesta puede expresarse de varias maneras, en función del parámetro, en valores exactos, en rango de valores, y otras en términos cualitativos. Las respuestas de un sistema vienen condicionadas por una serie de factores de diseño, las relaciones entre los factores de diseño y las respuestas del sistema no se conocen a priori. Los resultados experimentales deben estar coordinados con el conocimiento técnico del sistema para hacer las mejores selecciones de puntos de referencia de parámetros, es decir, parámetros de diseño para los cuales el desempeño del producto es el esperado.

La estrategia de experimentación se basa en determinar las respuestas del sistema y qué factores inciden de forma significativa en cada una de las respuestas. Además, se debe establecer el número de experimentos y las combinaciones de cada factor con cada una de las respuestas, esto se denomina matriz de diseño.

A raíz de los resultados obtenidos tras la realización de la experimentación, se obtienen conclusiones y una serie de condiciones que determinan el diseño. Los diseños experimentales puestos en práctica pueden clasificarse en estos tipos:

Diseño factorial completo. Consiste en la exploración de todo el conjunto de niveles de cada factor. Resulta de interés cuando el número de factores y niveles son bajos. Siendo  $k$  el número de factores que influyen en la respuesta y  $n$  el número de niveles que se consideran en cada factor, todos los experimentos

posibles serán  $n \cdot k$ . Resulta desaconsejable esta experimentación cuando los factores son mayor que cuatro.

El número de niveles se corresponde el número de estados del diseño para los cuales el desempeño del producto es el esperado. Normalmente el número de niveles considerado para cada factor es 2. Por tanto, el número de experimentos sería  $2k$ .

Diseño factorial fraccional. Los diseños factoriales completos requieren un elevado número de experimentos, en la industria puede aparecer un gran número de factores, la idea es reducir el número de experimentos sin perder información en exceso, mediante los diseños fraccionados.

Al no explorar todas las combinaciones, se disminuye el tiempo que ocupa esta etapa, aunque las interacciones pueden confundirse con algunos de los efectos principales del factor.

Finalmente, se encuentran numerosas técnicas cuyo fin es interpretar los datos experimentales. El análisis de la varianza (ANOVA) es un tipo de contraste de hipótesis muy usado en experimentación, permite evaluar el resultado de los efectos del factor visto en el error experimental de los datos. Se trata de establecer si es aceptable estadísticamente, mediante un contraste de hipótesis, que un factor afecte a los resultados. Estos test están basados en la distribución F de Snedecor.

### **4.3. Arquitectura del producto**

La arquitectura del producto consiste en la organización de los elementos funcionales del producto en partes que constituyen los bloques de los que se compone el producto o familia de productos. Según el esquema de los elementos que forman el producto se distingue entre dos tipos de arquitectura.

La arquitectura modular tiene componentes que presentan poca interacción entre ellos, esto permite que el producto pueda seguir funcionando con cambios de diseño en los componentes individuales. El diseño es más flexible y rápido haciendo posible la creación de nuevos componentes de forma independiente.

Por el contrario, en la arquitectura integral los elementos funcionales se activan utilizando más de un componente, y un solo componente activa varios elementos funcionales. El objetivo principal es optimizar el rendimiento, aunque para conseguirlo se pierda en flexibilidad.

La arquitectura del producto se produce en la fase de desarrollo de concepto en productos nuevos, donde se produce una mejora incremental del concepto de producto. Aunque también puede producirse en la fase de detalle. Esta decisión afecta de forma directa en la capacidad de la empresa para la entrega según una gran variedad de producto.

La arquitectura modular permite aumentar la gama sin incrementar excesivamente los costes de fabricación, sin embargo, el aumento de la gama de modelos implicar mayor personalización del producto. Para aumentar la gama de modelos se deben realizar dos tareas importantes, la estandarización de componentes, esto permite fabricar más volumen con menor coste unitario ya que se usa el mismo componente en múltiples productos, y una diferenciación tardía que los componentes diferenciados se puedan añadir al final para evitar inventarios intermedios a lo largo de la cadena de suministro.

Sabiendo que la arquitectura del producto conlleva una implicación notoria en las siguientes actividades del desarrollo de producto, debe estudiarse por el equipo obteniendo el resultado de la disposición geométrica del producto, las descripciones de las partes principales y las interacciones entre las partes.

En primer lugar, se establece un esquema general donde se presenta la idea de los elementos que conforman el producto. El avance y especificación depende del tipo de componente, siendo de carácter físico o funcional, donde los de carácter físico tienen una importancia esencial y los de tipo funcional son funciones auxiliares del producto. Se establecen varios esquemas con el fin de barajar distintas alternativas y seleccionar las opciones factibles de arquitectura.

A continuación, se puede agrupar cada una de las partes específicas del esquema considerando las diferentes opciones posibles empezando con la



suposición de que cada parte es un elemento aislado, y realizar agrupaciones según presenten ventajas.

Empleando los esquemas anteriores, se crea una composición geométrica de los elementos donde influye notablemente la agrupación anterior, si no fuese viable dicha agrupación las partes deberán ser reubicadas en otras agrupaciones.

Por último, mediante un diagrama se establecen las relaciones e interacciones que conectan unas agrupaciones con otras según su especificación física y geométrica que presentan. Si el equipo tiene cierta experiencia se puede desarrollar en forma independiente la interacción entre agrupaciones.

## **5. GESTIÓN DE PROYECTOS EN EMPRESAS DE DESARROLLO DE PRODUCTOS**

En el desarrollo de producto, es necesario una gran cantidad de personal encargados de realizar varias tareas. Para hacer un uso eficiente de tiempo y recursos se llevan a cabo varias prácticas para la administración de proyectos. Éstas son las encargadas de la planificación, ejecución y control del proyecto.

Las tareas que comprenden el proyecto de desarrollo se representan mediante cuadros, y la relación entre ellas, mediante flechas. Por tanto, para representar la dependencia de una tarea B, respecto de A; del cuadro A sale una flecha hacia el cuadro B. Este tipo de tarea se denomina secuenciales. Otra disposición son las tareas paralelas, donde pueden iniciarse varias tareas a la vez, y el tiempo de finalización lo determina la de mayor duración para continuar con las siguientes. La última disposición, son las tareas acopladas que representan que esas tareas son dependientes entre sí, y deben realizarse de manera simultánea con cambios continuos de forma iterativa, se representa con una doble flecha.

Una herramienta importante para representar y analizar la dependencia de tareas es la matriz de estructura de diseño. Esta matriz compuesta por filas y columnas se corresponden a las tareas puestas en el mismo orden, donde en las filas se puede describir la tarea. La dependencia de una tarea respecto de otra se simboliza con una marca en las columnas.

Vista la matriz desde cada fila, se muestran todas las tareas cuya salida se requiere para efectuar la tarea correspondiente a la fila; por columnas se ve qué tareas reciben información de la tarea correspondiente a la columna, las tareas dependientes sucesoras. La diagonal se rellena con la leyenda de cada tarea para facilitar la vista de la matriz (Figura 41).

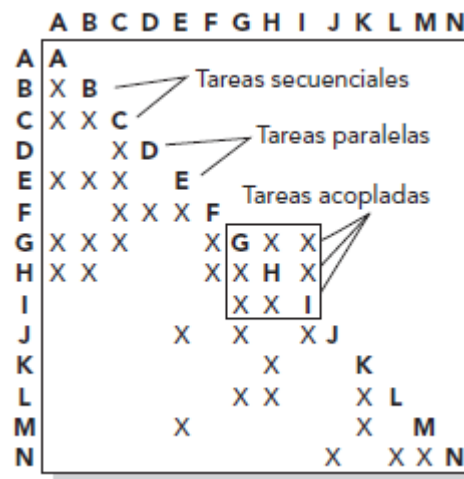


Figura 41. Ejemplo matriz estructura de diseño. Fuente: (Ulrich & Eppinger, 2013)

En general, las tareas secuenciadas según precedencia tendrán la marca en la zona inferior de la matriz. Una marca en la zona superior, indica que hay dependencia y están ordenados de forma inversa, al cambiar el orden se elimina la marca de la zona superior de la diagonal. Sin embargo, cuando siga apareciendo la marca en la matriz superior, significa que hay tareas acopladas.

Para identificar si la tarea pertenece al grupo secuencial, la fila de la tarea contiene una marca justo debajo de la diagonal. En el caso de tareas paralelas, no hay marca que las enlace, y las tareas acopladas son identificadas por marcas arriba de la diagonal.

Adicionalmente, se usarán herramientas tradicionales como el diagrama de Gantt para representar en el tiempo la configuración de las tareas. Con barras horizontales se traza la duración de cada tarea en la línea temporal. El diagrama de Gantt representa que tareas deben estar finalizadas antes de comenzar la siguiente, y cuales deben empezar, pero no explícitamente el tipo de dependencia que mantienen.

El gráfico PERT es una técnica muy empleada en la planificación donde se representan mediante flechas la relación de las tareas. Los nodos se corresponden con las actividades del proyecto. La importancia de esta técnica es identificar el camino crítico, es decir, el conjunto de tareas que forman el proyecto que no pueden retrasar su ejecución, debido que implica directamente un aumento de la duración del proyecto. Las tareas que no forman parte del camino crítico pueden tener

modificaciones sin repercusiones en la duración, mientras que sean tiempos menores que la holgura.

## 5.1. Planificación

La planificación es el primer paso para coordinar las tareas y estimar los recursos del desarrollo. Se pueden establecer algunas pautas en las primeras fases, pero es de mayor interés al final de la fase de desarrollo de concepto, antes de asignar importantes recursos al desarrollo. El plan del proyecto debe ser documentado y recoger los resultados de la fase de desarrollo de concepto.

Los elementos del plan del proyecto son la lista de tareas del proyecto, asignación de personal, programa del proyecto, presupuesto y zonas de riesgo del proyecto.

Normalmente, equipo de desarrollo no podrá elaborar una lista con todas las tareas en gran detalle, debido a la incertidumbre implícita en las siguientes actividades de desarrollo. Sin embargo, es de bastante utilidad la estimación de una lista de tareas a un nivel general de detalle. Una vez terminada, se estima en unidades de hombre-hora necesarios para completar cada tarea. Las estimaciones simbolizan el tiempo real de trabajo de los miembros del equipo de desarrollo, para ello se fundamenta en las experiencias pasadas o con la ayuda de juicio experto.

El número mínimo de personas que son necesarias para la ejecución del proyecto se puede calcular mediante el cociente entre el tiempo total estimado para completar las tareas y la duración planificada del proyecto. En general, los equipos de menor tamaño son más eficientes que los de mayor tamaño de modo que puedan tener plena dedicación al proyecto. Sin embargo, este ideal es difícil ponerlo en práctica debido a estos factores. Con frecuencia para completar el proyecto se requiere de conocimiento especializado por parte de ciertos expertos, y no se pueden destinar exclusivamente a un proyecto durante un largo periodo de tiempo. Una serie de miembros clave del equipo pueden tener otras responsabilidades ineludibles y el trabajo requerido para completar tareas en el proyecto no es constante.

La necesidad de trabajo va aumentando conforme se avanza en las fases de desarrollo hasta llegar al inicio de la producción, por tanto, el equipo debe de aumentar el personal asignando porcentajes de tiempo de dedicación acorde con los tiempos estimados.

La unificación entre las tareas y la fecha límite del proyecto se denomina programa del proyecto. El programa fija los objetivos y marca el inicio y fin de las tareas. Es por ello una forma de seguir el avance del proyecto. Los objetivos comunes a todos los proyectos incluyen revisiones de fase, prototipos integrales e incluso en ocasiones exposiciones comerciales. Una vez que los objetivos se han establecido en el programa, las tareas deben configurarse de tal forma que permita cumplir estos objetivos.

Se encuentran multitud de programas que permiten establecer un presupuesto del proyecto donde las principales entradas son personal, materiales y servicios. Para proyectos de desarrollo el coste principal viene del personal empleado. El coste del personal se imputa directamente acorde al plan de asignación.

En las primeras fases de desarrollo, las estimaciones pueden desviarse entre un 30 y 50 por ciento. En las últimas etapas, por el contrario, la incertidumbre del programa se reduce entre un 5 y 10 por ciento, aproximadamente. Independientemente de las características del proyecto, se debe agregar una cantidad extra al presupuesto en el desarrollo de planes de contingencia.

El desarrollo de producto suele presentar desviaciones con respecto al plan, en función de la magnitud se puede afectar al rendimiento del proyecto. El equipo debe elaborar previamente una lista de los posibles riesgos tanto internos como externos que puedan provocar desviaciones.

Una vez que los riesgos han sido registrados, deben evaluarse y ser priorizados para una acción posterior. Este proceso incluye estimar la probabilidad de la ocurrencia de cada riesgo identificado y la correspondiente consecuencia en los objetivos del proyecto, si el riesgo ocurre.

A continuación, se desarrollan opciones y determinan las acciones a realizar para dar respuesta a los riesgos, mejorando las oportunidades y reduciendo las

amenazas hacia los objetivos del proyecto. El tratamiento del riesgo incluye medidas para evitar, reducir, transferir el riesgo, o aceptarlo desarrollando los planes de contingencia a utilizar si el riesgo ocurre.

Por último, se controlan los riesgos para minimizar los trastornos al proyecto, determinando si las respuestas a los riesgos han sido ejecutadas y si éstas han logrado el efecto deseado.

## **5.2. Ejecución**

Para la correcta ejecución del proyecto serán importantes tres aspectos, la coordinación de actividades, el seguimiento del estado del proyecto y las acciones correctivas si se producen desviaciones.

La coordinación de actividades es una consecuencia de la dependencia de tareas y de las posibles modificaciones que pueden surgir, se pueden tomar varias medidas para solventar estas dificultades como fijar reuniones periódicas con el fin de actualizar e intercambiar la información entre los distintos departamentos. Sin embargo, esto conlleva un tiempo en el que no se avanza con el desarrollo de producto, por tanto, se intenta reducir al mínimo.

La forma más útil de comunicación, es la de carácter informal, ya que no requieren tanto tiempo en la comunicación de los miembros volviendo rápidamente a las tareas que estaban realizando.

El sistema de información es el programa, que generalmente suele representarse con un diagrama de Gantt. Se requiere la implicación de una persona que es el responsable de actualizar el programa y vigilarlo regularmente.

En referencia a la evaluación del estado del proyecto, se comprueba el avance real frente al avance estimado al final de cada etapa del desarrollo. Esto también puede verse mediante el uso de indicadores que expresan cuantitativamente las desviaciones que se producen.

Tras identificar que hay desviaciones, el equipo debe de tomar la decisión de solventar la diferencia entre el valor real y estimado. Principalmente, los problemas pueden ser por falta de recursos ya sea material o falta de personal, o incluso personal que no tiene los conocimientos adecuados para afrontar su tarea, o por falta de tiempo, que en ese caso se debe de enfocar más esfuerzo en las tareas críticas, y si no es posible reducir los tiempos, cambiar el alcance del proyecto. Ambas deficiencias pueden afrontarse con recursos internos, reubicando personal o financiación a través de capital propio de la empresa o con recursos externos que efectúe algunas tareas de desarrollo.

### **5.3. Cierre**

Obtener las conclusiones del rendimiento del proyecto una vez que haya finalizado es útil para mejorar frente a proyectos futuros. Se realiza con una exposición de características fuertes y débiles del plan del proyecto, de los procesos de desarrollo empleados, y de los resultados técnicos y comerciales.

El equipo debe de haber conseguido las metas fijadas en las fases de inicio, haber identificado los aspectos negativos y detallar como lo solucionaron, las herramientas empleadas en cada una de las fases y las acciones específicas que se tomaron para mejorar el proyecto, todo esto documentado de tal forma que se generen las lecciones aprendidas.

El proceso de cierre se corresponde con la finalización del proyecto, y en la etapa de planificación de proyectos futuros ayuda a identificar dificultades y poder resolverlas de forma más eficiente.

### **5.4. Aplicación de la gestión de proyectos en una empresa de desarrollo de producto (Valeo)**

La aplicación de la gestión de proyectos se ha enfocado en una de las actividades de gran importancia que se realiza en la multinacional Valeo, el desarrollo de producto. Esta empresa presenta una gran experiencia en la

fabricación de componentes destinados a la automoción. En la filial que se encuentra en Martos, la producción está dedicada a la iluminación de vehículos.

Para mantener el control sobre las actividades, que les permite obtener una ventaja competitiva frente a los competidores de otros países, se centran en el diseño y en la organización. Además, de la estandarización de una metodología que permita conseguir el éxito en los proyectos.

A continuación, se exponen los parámetros clave para conocer los proyectos en entornos empresariales y las herramientas que permiten su perfecta planificación y control.

El enfoque de la gestión de proyectos en esta industria, cambia ligeramente con respecto a los proyectos externos, puesto que el proyecto no finaliza cuando se entrega al cliente, sino que termina cuando se inicia la producción.

Para llegar a la última fase, previamente, se deben fijar siete elementos, que en líneas generales tratan los aspectos más destacados del proceso de desarrollo de producto. Atendiendo a los grupos de procesos de PMI, todos estos elementos se clasifican según el proceso correspondiente (Tabla 5).

<b>Grupo de procesos PMI</b>	<b>Elementos desarrollo de productos</b>
	Toma de decisiones
Inicio	Organización del equipo de proyecto
	Estructura de la actividad de desarrollo
Planificación	Herramientas y técnicas de desarrollo
	Proceso de estrategia del producto
Ejecución	Tecnología empleada
Cierre	Gestión del flujo del proyecto

**Tabla 5. Elementos desarrollo de productos. Fuente: Elaboración propia a partir de (Ballesta, 2015)**



Como primer paso, se deben de tener en consideración las necesidades y deseos de los clientes, para ello se emplearán una serie de técnicas que permiten identificar las necesidades. Esto se combina junto con la tecnología empleada y la destreza del equipo de proyecto para conseguir el cierre del proyecto.

El desarrollo de productos, se inicia con la toma de decisiones que selecciona que proyectos se van a desarrollar y qué recursos se asignan. Sin embargo, si se realiza de forma individual, según niveles jerárquicos de la organización, se producirán retrasos. En la práctica, este proceso que determina la toma de decisiones resulta inefectivo debido a que disminuye la dinámica del proceso en lugar de liderar el desarrollo de productos (Ballesta, 2015).

El comité de aprobación de productos (CAP) formados por ingenieros senior de la empresa tienen la autoridad y la capacidad de aprobar o rechazar nuevos productos. Además, este comité es el encargado de destinar la financiación y recursos para la ejecución del proyecto. El equipo de proyecto presenta un plan de desarrollo con las recomendaciones del producto y solicitud de ejecución. El comité es el encargado de autorizar la aprobación de cada fase mediante un proceso de revisión.

La organización por equipo, presenta un papel importante puesto que los roles deben de quedar definidos para no llegar a un proceso confuso. El equipo de proyecto está formado entre cinco y ocho personas cada una correspondiente a su área de trabajo, es decir, se establece un equipo multidisciplinar, y un líder de equipo que junto con el comité de aprobación definen los objetivos del proyecto y fijan las desviaciones permitidas.

Toda la responsabilidad no se centra en el jefe de proyecto, sino que está repartida entre los miembros del equipo, además de las responsabilidades individuales asociada a su tareas o actividades asignadas (Ballesta, 2015). La estructura para la organización es matricial, es decir, los integrantes del equipo de proyecto pertenecen a un departamento de la organización y adicionalmente, participan en diferentes proyectos.

Las actividades de desarrollo siguen un proceso estructurado que sitúa un marco en el que se define un proceso de actuación por parte del equipo y evite la creación del suyo propio. Además de otorgar la consistencia en la organización mediante el uso de guías que establecen las bases de un proceso de mejora continua.

La innovación y la creatividad no pueden planificarse de forma específica, sin embargo, una estructuración de actividades adecuada facilita el proceso de creación del desarrollo de producto.

De tal forma que se establece una estructura más simple a niveles superiores y más detallada a niveles inferiores. De menor a mayor nivel de detalle son:

Fase. Para el desarrollo de producto, consta de 4 fases hasta finalizar con el lanzamiento del producto. Cada fase tiene el requisito de entregar un hito que permite evaluar el estado del proyecto.

Secuencia. Cada fase consta de quince a veinte secuencias que permiten programar y gestionar el proceso de las actividades de desarrollo.

Tarea. Cada secuencia se descompone en veinte o treinta tareas, que son asignadas al personal del equipo de proyecto. Cada miembro del equipo, es responsable de completar su tarea.

Actividad. En función de la tarea, varía considerablemente el número de actividades que la forman. Son realizadas por el equipo de proyecto en el día a día y suele variar entre proyectos.

Cada actividad tiene asociada una descripción y está perfectamente identificada. Por otro lado, todos los integrantes realizan sus tareas según la estandarización fijada. En la Figura 42, se muestra un ejemplo de esta identificación para una validación de muestra inicial.

En la actualidad, se emplean diferentes tipos de herramientas y técnicas que permiten el desarrollo de producto. Se destaca el diseño de montaje, DFA; la función de calidad, QFD y el diseño para la fabricación, DFM. Aunque cada una de estas

técnicas no resuelve un problema de desarrollo completo, sino que se centran en una parte concreta.

Validate Initial Samples			
<b>Why</b>		<b>Performance Criteria</b>	
Validate the conformity to functional and technical specifications of parts manufactured and assembled under real production conditions.  Identify potential functional gaps between prototype (phase 2) and IS in order to take necessary countermeasures.		Criterion : Validation in time to meet customer delivery date with zero exceptions to specifications  Metric : Number of samples 100% validated on schedule / Number of samples tested	
<b>How this activity must be performed</b>			
Secure validation resources (equipment, personnel) as early as possible.  Sample components from the Full Day Production Run (FDPR) without filtering or touch-up.  Control the samples according the tests specified in the product validation plan in order to guarantee their compliance with customer specifications.  Compare functional aspects of Initial Sample (IS) with prototype from phase 2. Check critical characteristics from drawings and DFMEA.  Gather test reports and evaluate overall IS compliance.			
<b>Key Inputs</b>		<b>Deliverables</b>	
Full Day Production Run (FDPR) Report Process Audit Report Real parts produced DVP&R Process Capability Report		Initial Samples (IS) Acceptance Report (including serial packaging validation)	
<b>Activity Leader</b>	Quality PTM	<b>Key Support</b>	Process PTM RD PTM

Figura 42. Validación de muestra inicial. Fuente: (Ballesta, 2015)

El punto de inicio para el desarrollo de producto comienza con el proceso de estrategia, que deben ser coherentes con la misión y visión de la empresa. Surgen de un proceso riguroso, que parten de planes de productos definidos, basados en entender las oportunidades creadas en las interrelaciones con los mercados, los avances tecnológicos y el posicionamiento competitivo (Ballesta, 2015).

Respecto a la gestión de la tecnología, es importante disponer a tiempo, en el proceso de ejecución, de la tecnología necesaria para su realización. Por otro lado, se deben construir tecnologías clave, mediante procedimientos adicionales, fuera del proyecto en sí.

En el caso de que se presente escasez de recursos, se deben gestionar de forma prioritaria atendiendo en primer lugar a las actividades o tareas de nivel crítico.

La empresa tiene instaurado, mediante la revisión del comité de aprobación, un proceso de revisión de fases, éste marca el ritmo del resto de procesos de desarrollo de producto. Las fases son:

Fase 0. Evaluación de concepto. Desarrollado por ingenieros y personal de marketing o comercial.

Fase 1. Planificación y especificación. Presenta el mayor número de componentes.

Fase 2. Desarrollo. Compuesto por las actividades de ejecución de diseño y desarrollo.

Fase 3. Prueba y evaluación. Se obtiene un producto que responde de manera exitosa a los ensayos.

Fase 4. Lanzamiento de producción. El producto presenta un buen comportamiento y el cliente acepta las especificaciones del producto.

Aunque el comité de aprobación realiza revisiones periódicas, el transcurso de la fase 1 a la fase 2 pasa por un informe de revisión en detalle que presenta las siguientes características del proceso de desarrollo:

- Estado actual
- Estado previsto
- Situación de las tareas críticas
- Valoración del riesgo
- Información de interés procedente de otros proyectos
- Analizar las limitaciones del proceso de revisión

En el desarrollo de proyectos, se clasifican los diferentes procesos en la Tabla 6, donde se destacan tres procesos principales correspondiente al proyecto, son inicio, entrega y cierre.

<b>Pre-proyecto</b>	<b>Proyecto</b>			<b>Post-proyecto</b>
Identificación de oportunidad	Iniciación	Entrega	Cierre	Consecución de objetivos
Esquema del proyecto	Estudio de costes y objetivos	Seguimiento de costes y objetivos del proyecto		Informe de resultados vs objetivos
	Informe de gestión del proyecto	Seguimiento del plan de proyecto	Informe de cierre	Informe de lecciones aprendidas
	Documentos de requerimientos del usuario	Registro de problemas y riesgos gestionados		Resultados del proyecto
	Documento diseño de solución	Registro de cambios gestionados		
		Informe de seguimiento del proyecto		

Tabla 6. Ciclo de vida del proyecto. Fuente: Elaboración propia a partir de (Ballesta, 2015)

El transcurso del proyecto varía desde la fase de inicio hasta la de cierre. Dentro del proyecto, se encuentran tres procesos destacados. Para finalizar la iniciación, el cliente debe de haber aprobado los requisitos iniciales del proyecto y el liderazgo del mismo lo toma el equipo de proyecto. Se considera que los procesos de entrega han terminado, cuando la organización considera que debe hacerse desde el punto de vista comercial y cuenta con la aprobación, desde la perspectiva operacional, del equipo de proyecto.

Nos centraremos en los procesos que forman el proyecto, es decir, la fase de inicio, las entregas planificadas y el cierre.

La fase de inicio, como cualquier proyecto, otorga la decisión de iniciar los trámites para la puesta en marcha del proyecto. En la práctica el proyecto pasa del equipo de gestión de cartera de proyecto al equipo de proyectos. Es necesario

elaborar una serie de documentación, para que el comité de aprobación pueda dar el visto bueno.

Se realiza un análisis de los beneficios y costes del proyecto, para ello interviene el responsable del proyecto que supervisa y planifica la creación del documento. En el informe de gestión del proyecto, se detalle cómo se van a conseguir los objetivos descritos en el informe anterior. Debe de comenzar su elaboración tan pronto como sea posible.

Por otro lado, de carácter técnico, se establecen dos documentos donde independientemente de la naturaleza del proyecto se fijan los requerimientos del usuario y el diseño de la solución. El primero, refleja las expectativas del cliente acerca del producto, para ello se identifican las necesidades del mismo, como se ha comentado en el capítulo 4. El segundo, muestra el modo en el que se atenderá las necesidades identificadas del cliente. Esta solución no significa que sea inmutable, sino que servirá de seguimiento en el alcance del proyecto.

Mediante las entregas del proyecto, el equipo tiene la responsabilidad de cumplir los objetivos planificados, para ello se emplean sistemas de control cuyo fin es asegurar el éxito del proyecto.

Las entregas del proyecto comienzan con la planificación o gestión del alcance del proyecto donde el jefe de proyecto elabora un presupuesto que deberá ser monitorizado en las fases posteriores. Además, se fijará un plan de calidad que exprese los objetivos, las medidas que se pondrán en práctica y el control del proceso.

La planificación responde a las cuestiones de las actividades que se deben realizar, el tiempo y el coste que conlleva para la empresa. Para conseguir los objetivos propuestos en el proyecto, se realizan las siguientes pautas:

- Continuar la planificación, añadir cambios cuando sea imprescindible.
- Ser consciente de las estimaciones de tiempo previstas y establecer una reserva para el caso de imprevistos o malas estimaciones.

- Destinar los recursos que permitan tener bajo control las actividades críticas.
- Evitar los cambios continuos para perfeccionar pequeños detalles.
- Tener en cuenta los recursos disponibles para las estimaciones de las tareas.
- La duración prevista de más de cinco semanas de una actividad no debería programarse, puesto que tiene asociada mucha incertidumbre.

Algunos proyectos requieren de métodos estructurados si se trabaja en ciertas tareas con proveedores externos. Es necesario definir las condiciones a cumplir por cada parte y cubrir todas las actividades identificadas.

El jefe de proyectos es el responsable de establecer los paquetes de trabajo y asignar el tiempo destinado a cada tarea. En la práctica, el tiempo del personal empleado en realizar actividades no supera al 80%, puesto que se requiere tiempo de descansos y se establecen pausas con el fin de ser más productivos. A modo de ejemplo, si una persona trabaja ocho horas diaria. Para establecer las actividades que debe ejecutar en un día, no excederá más de seis horas.

Para establecer un buen flujo de comunicación, según establece PMI, cada nivel de jerarquía necesita conocer cierta información cada cierto tiempo con el fin de controlar el desarrollo del proyecto sin interferir en las responsabilidades correspondientes a otros niveles. Por tanto, se elaborarán informes periódicos que detallen el estado del proyecto y las posibilidades de conseguir los objetivos últimos del proyecto, realizando nuevas previsiones en caso de producirse desviaciones.

Los cambios producidos en el proyecto se harán mediante una decisión justificada, para ello se establece un control efectivo que permita conseguir el éxito del proyecto. En la figura 43, se muestra el procedimiento por el cual se realiza un cambio.

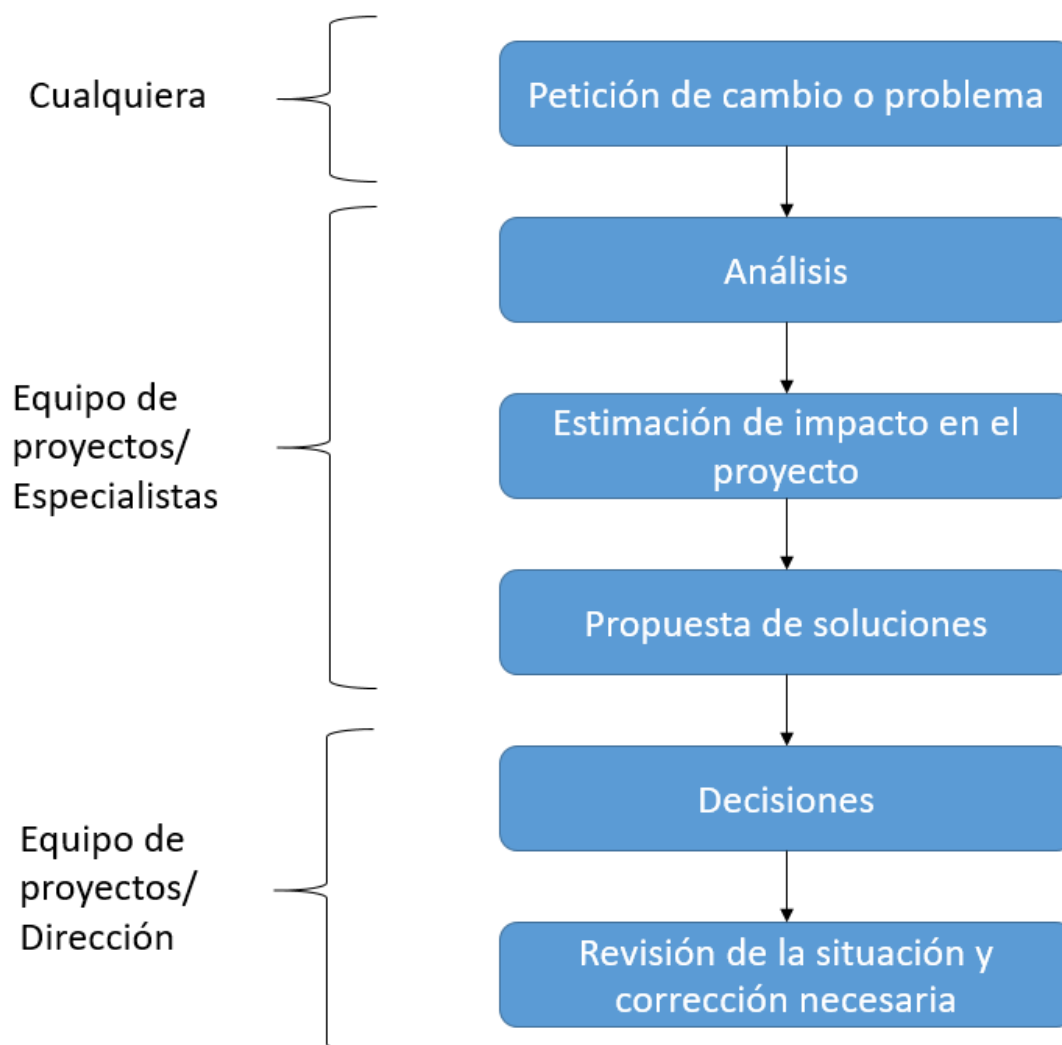


Figura 43. Proceso de propuesta de cambio. Fuente: Elaboración propia a partir de (Ballesta, 2015)

En referencia al cierre del proyecto, debe prestarse especial atención de no cerrar de forma precipitada el proyecto al creer que no se consiguen avances o por la presteza de iniciar el proceso productivo del producto. Se realiza en esta etapa, dos procesos diferenciados:

- Cierre del proyecto, donde se finaliza con rigor la gestión del proyecto incluyendo, por tanto, las lecciones aprendidas, la razón de una acción correctiva, las causas del cambio de rendimiento entre otras variantes.
- Realización de beneficios, donde se analiza en detalle el cumplimiento de los objetivos en el informe de costes y beneficios, y se miden los beneficios que se esperaban obtener.



El cierre del proyecto debe contener la documentación de validación de las pruebas de rendimiento y robustez del sistema. Se puede comenzar con la elaboración de planes de mantenimiento y revisiones del producto.

Finalmente, se procede a la liberación del equipo de proyecto. Los miembros del equipo vuelven a su departamento o son asignados a otros proyectos. El jefe de proyectos debe notificar de la disponibilidad fijando la fecha de finalización, para que otros jefes de proyectos puedan incorporar al personal inactivo.

Desde el punto de vista práctico, las organizaciones adaptan en mayor o menor grado las herramientas y técnicas que pueden emplear para la gestión de proyectos. En base a su propia experiencia, crean herramientas específicas y modificaciones en las metodologías generales. Es por ello, que esta información presenta un carácter de confidencialidad puesto que la organización ha sido la que ha desarrollado su propio sistema de gestión. Las herramientas empleadas según (Ballesta, 2015) para la gestión de la calidad son las siguientes:

- El ciclo PDCA.
- El Control de Calidad de Respuesta Rápida (QRQC Quick Response Quality Control) es un método empleado por las empresas que requieren resolver sus incidencias de forma ágil.
- Seis Sigma, empleado para medir de manera estadística una serie de parámetros como la capacidad real de los procesos, los defectos por unidad, y la probabilidad de éxito o fallo.
- Análisis Modal de Fallos y Efectos, AMFE, permite evaluar diseños o procesos de una forma estructurada y sistemática. El objetivo principal es identificar y prevenir los posibles fallos. Se evalúan los parámetros de probabilidad de aparición, posibilidad de detección, los efectos y gravedad de los mismo, además de las causas (Ballesta, 2015).

La gestión del riesgo presenta una vital importancia para la empresa, de acuerdo con el PMBOK, es una de las áreas de conocimiento de la gestión de proyectos que requiere su gestión eficaz. De esta área, se destaca principalmente la propuesta de soluciones frente a los posibles riesgos que puedan aparecer. Para tomar la decisión sobre las medidas para cambiar la probabilidad de ocurrencia o el

impacto del riesgo se aplica la gestión propuesta por PMI para conseguir el éxito del proyecto.

Otra área de conocimiento que las organizaciones tienen muy presente en la planificación y en la posterior ejecución del proyecto, es la evolución económica del mismo. El equipo de proyecto es el responsable de realizar un seguimiento de dicha tendencia. Para ello, se emplea el método de la Gestión del Valor Ganado, que analiza de forma cuantitativa las desviaciones producidas en tiempo y en coste en la ejecución del proyecto para un instante determinado. Para su uso, son necesarios los datos del cronograma reales y presupuestados, además de las relaciones entre las actividades para no romper la precedencia.

La empresa presenta varias similitudes con el estándar de dirección y gestión de proyectos de PMI. En primer lugar, diferencia los cinco procesos de gestión de proyectos en el que se parte del documento de acta de constitución para validar el desarrollo del proyecto. A lo largo de las fases de desarrollo, se establecen hitos donde se presentan las tareas ejecutadas hasta la fecha. Las actividades se estructuran de manera jerárquica, donde se establecen los encabezados y se establecen tareas de mayor detalle a continuación (EDT).

Además, emplea algunas herramientas propuestas para la gestión y dirección de proyectos como la Gestión del Valor Ganado y otras relacionadas con la gestión de la calidad como el ciclo PDCA y 6 Sigma.

La empresa otorga gran importancia a la estandarización, y al igual que PMI, establece una gestión de riesgos donde se planifica y proponen medidas que eviten la posibilidad de dañar el sistema instaurado en la empresa. Para ello, presta especial atención en la monitorización de las actividades que se encuentran en el camino crítico.

Respecto al último proceso de gestión de proyectos, la organización fija las pautas clave cuando se produce el cierre de un proyecto. Además de proporcionar las lecciones aprendidas, como defiende el PMBOK, establece un análisis adicional de costes y beneficios.

En cuanto a la estructura global de la empresa, en la práctica, se observa que está compuesta de cuatro fases para cada uno de los departamentos en los que son divididos, ya sean ventas, proyectos, investigación y desarrollo, procesos, calidad y compras como puede verse en la Figura 44.

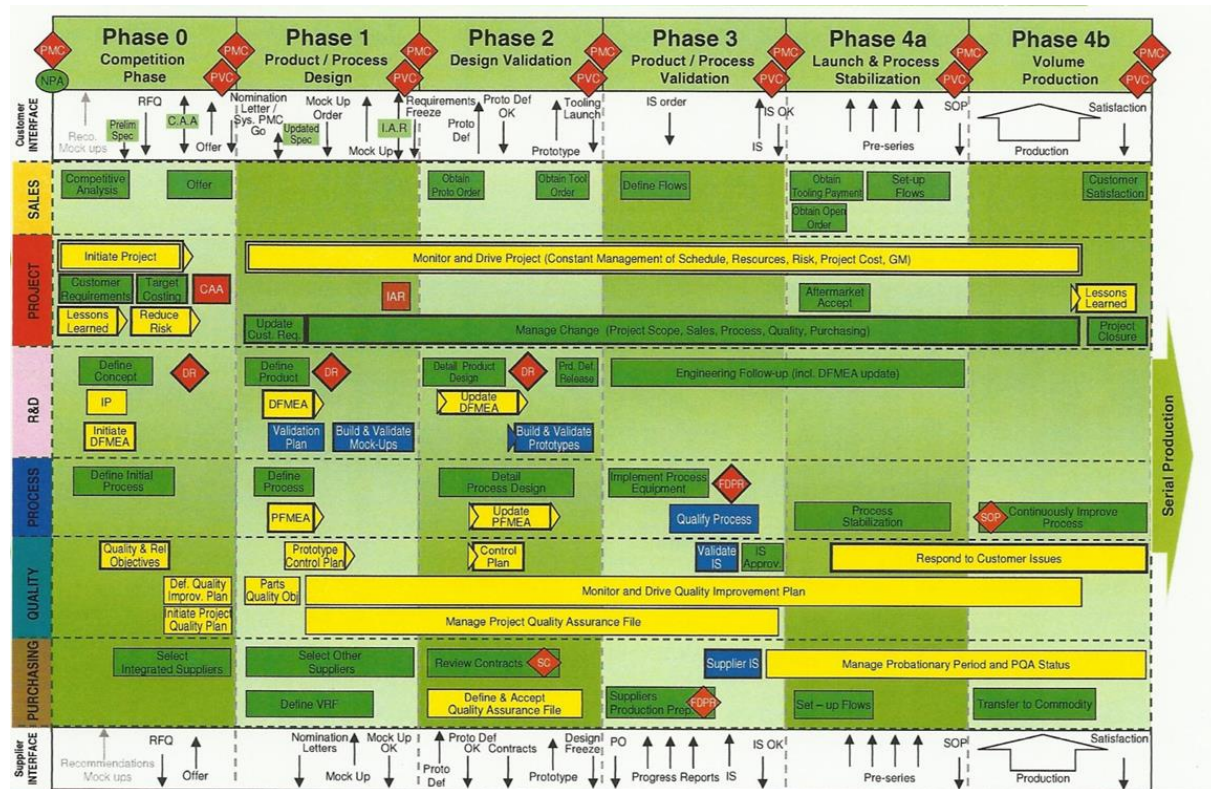


Figura 44. Fases y departamentos. Fuente: (Ballesta, 2015)

Las fases que la empresa emplea están estandarizadas de acuerdo con las actividades que deben llevarse a cabo en cada área. Las fases son:

- Fase 0. Fase de competencia.
- Fase 1. Diseño de Producto/Proceso.
- Fase 2. Validación de diseño.
- Fase 3. Validación de Producto/Proceso.
- Fase 4a. Estabilización de lanzamiento y proceso.
- Fase 4b. Producción en masa.

Las áreas de la empresa que comparten el objeto de estudio de este documento, son la de proyectos y, particularmente, la de desarrollo de producto que emplea la metodología de Análisis de los Modos y Efectos de Fallos de Diseño (DFMEA).

En la fase 0, correspondiente al departamento de proyectos, se fijan una serie de parámetros que permiten el desarrollo del proyecto. En primer lugar, se deben de establecer y comprender los requisitos del cliente para establecer un objetivo de coste. Mediante las lecciones aprendidas de proyectos anteriores, se elabora un análisis de riesgo con la intención de reducirlos en primera instancia.

En la fase 1, se actualizan los requisitos del cliente si es necesario además de gestionar los cambios, ya sean en los objetivos, calidad, ventas o compras. Toda esta gestión se realiza a lo largo de todas las fases hasta la fase 4b. En la fase 4a, se evalúan los accesorios de materiales si son aceptables y finalmente se cierra el proyecto en la última fase, con la documentación que conlleva.

Adicionalmente, se inicia en la fase 1 un proceso de monitorización del proyecto hasta terminar con las lecciones aprendidas en la fase 4b.

Se obtiene como resultado, que toda organización debe implantar una metodología de gestión, y particularmente adaptarla a la propia organización para conseguir el éxito en los proyectos.

## 6. LEAN PROJECT MANAGEMENT

Los proyectos son sistemas de producción temporales que están estructurados para entregar el producto mientras maximizan el valor y minimizan el desperdicio, se dice que son proyectos Lean. Pero no solo se basa en esto, el pensamiento Lean es una actitud frente a los proyectos. Dicha actitud puede verse según dos puntos de vista, el primero como búsqueda permanente de la perfección en cada actividad mediante la mejora continua y el segundo como la constante indagación en identificar los desperdicios del proyecto.

### 6.1. Los 5 principios de Lean Thinking

Esta visión sobre los desperdicios ha constituido una filosofía para la administración eficiente de los proyectos (Womack & Jones, 1991). Se presentan en 5 principios básicos:

- Definir el valor desde la perspectiva del cliente.
- Identificar el flujo de valor.
- Optimizar el flujo de valor.
- Permitir que el cliente extraiga el valor.
- Búsqueda permanente de la perfección.

Se entiende por desperdicio todo aquello que no agrega valor y disminuye la rentabilidad de la actividad que se comete, es importante ser consciente de los factores que afectan a ello y proceder a su eliminación siempre que sea posible.

Primer principio. Ponerse en situación del cliente para evaluar si una actividad crea valor mediante una actitud crítica. Se considera valor cualquier característica por la que el cliente está dispuesto a pagar, toda actividad que no incremente el precio que pagaría el cliente solo implica costes del proyecto. A pesar de ello, hay ciertas actividades que deben realizarse en un proyecto a pesar de que no generan valor. Se clasifican las actividades que no generan valor en las siguientes:

Desperdicio tipo 1. Este tipo se corresponde con las actividades que no añaden valor, pero son necesarias para completar las tareas.

Desperdicio tipo 2. Se refiere a las actividades que carecen de valor agregado. Este tipo de desperdicio debe eliminarse al no proporcionar valor agregado al producto, sin embargo, no resulta sencillo su identificación.

Segundo principio. La cadena de valor se compone de todas las tareas necesarias para entregar el producto o servicio final al cliente. Muchas de estas tareas no agregan ningún valor adicional para el cliente.

Creando un mapa del valor añadido, podemos identificar fácilmente las tareas que agregan valor de aquellas que no. Hay tres corrientes clásicas:

- Del concepto de diseño a la producción.
- De la iniciación a la realización de una orden.
- Del envío al pago de la factura.

Una idea importante, que subyace de la identificación del flujo de valor, es la creación de entregables de cada tarea que forma parte del proyecto.

En conclusión, lo que este principio significa en la práctica se traduce a identificar el flujo de valor. La utilidad de elaborar un diagrama de actividades que solamente añade valor sirve para establecer las diferencias entre una situación futura (eliminando a las actividades que no añaden valor) y la real. La misión, en este caso, será trasladar la situación real a una situación real optimizada. Para ello, se eliminan los desperdicios tipo 2 y se busca optimizar los de tipo 1 (Lledó, Rivarola, Mercau, Cucchi, & Esquembre, 2006).

Tercer principio. Además de identificar el flujo de valor es necesario indagar para suprimir todos los obstáculos que distorsionan este valor hasta finalizar en el destinatario. Se destaca, por tanto, la necesidad de lograr un movimiento continuo del producto reduciendo en la medida de lo posible los tiempos de demora.

Las ventajas asociadas a este principio son liberar espacios, identificar exceso de stock y modificar los procesos ineficientes entre otras. Para conseguirlo, es preciso modificar algunos obstáculos como la rigidez de los departamentos funcionales, los constantes ciclos de aprobación por los superiores y evitar los cambios recurrentes en los requerimientos del proyecto.

Por último, es una restricción determinante la interferencia innecesaria de la dirección, las posibilidades de implementar las técnicas Lean son escasas si no se encuentran soluciones a estos obstáculos.

Cuarto principio. Este principio se basa en que el cliente pueda reconocer el valor del producto y hacerlo suyo. Una forma de lograrlo es a través de entregables. Es imprescindible que los equipos de proyectos permitan a los consumidores involucrarse en el proceso desde el principio.

Se centra en eliminar el desperdicio tipo 2, ya que se genera lo que el cliente necesita y cuando lo necesita.

Quinto principio. Este principio resume la filosofía general del enfoque Lean, la búsqueda permanente de la perfección. Un proyecto Lean requiere vigilancia constante para mantener y mejorar su desempeño, y es por ello que exige disciplina de equipo e intolerancia total hacia el desperdicio de recursos.

Hay que vencer muchos otros obstáculos para eliminar permanentemente todos los desperdicios de la cadena de valor. Esto será imposible de conseguir con un solo proyecto, ya que el ciclo de mejora continua, y el esquema Lean reflejan que cada vez se puede ser más eficiente.

En un mundo globalizado, de alta exigencia y competencia, la rentabilidad es el elixir clave para conseguir que una organización vaya en la buena dirección. Por ello, los fundamentos de estos principios deben buscarse en una visión de largo plazo y no solo en la obtención de beneficios de manera inmediata o medio plazo.

## **6.2. Modelo Lean Project Delivery System (LPDS)**

La gestión de proyecto Lean avanza con una perspectiva alternativa a la gestión de proyectos tradicional, la producción se define como el diseño y la fabricación de productos. Diseñar y hacer algo por primera vez se realiza a través de un proyecto, que es, de igual forma, a la creación del sistema de producción.

El desarrollo de producto es uno entre muchos tipos de sistemas de producción basado en proyectos. Otros incluidos son la construcción naval, ingeniería de software, ingeniería aeronáutica y todas las formas de sistemas de orden de trabajo, tales como mantenimiento de instalaciones y plantas.

Deben desarrollarse las reglas y las herramientas para sistemas de producción basados en proyectos y su gestión. Lean Project Delivery System (LPDS) es una contribución a ese objetivo (Ballard & Howell, 2003). El LPDS surgió de una fusión de ideas teóricas, los métodos utilizados por otras industrias y de la investigación (Ballard & Howell, 2001).

Se entiende que los proyectos son sistemas de producción temporales vinculado a sistemas de producción múltiples y duraderos de los cuales el proyecto suministra materiales, información y recursos. Cada sistema de producción integra el diseño y la fabricación de producto. La gestión de la producción, y por lo tanto, del proyecto, es entendido en términos de diseño, operación y mejora de sistemas de producción (Koskela, 2001).

Los sistemas de producción están diseñados para lograr tres objetivos fundamentales:

- Entregar el producto
- Maximizar el valor
- Minimizar el desperdicio

Los proyectos se han compuesto de fases que en su conjunto forman la totalidad del objetivo a conseguir, estas fases son muy diversas en recurso y duración, tales como diseño, adquisición e instalación (Ballard & Howell, 2003). Algunas de las diferencias clave entre la entrega de proyectos tradicionales y Lean se refiere a la definición de fases, la relación entre fases y los participantes en cada fase.

El modelo de la Figura 45 representa una serie de fases con la superposición de triángulos, el primero de los cuales es la definición del proyecto, que incluye propósitos y valores del cliente y las partes interesadas, los conceptos de diseño y



los criterios de diseño. Cada uno de estos elementos puede influir en el otro, por lo que es necesario la normalización entre los interesados.

Los representantes de cada etapa en el ciclo de vida de la instalación están involucrados en esta fase inicial, incluidos los miembros del equipo de producción ya que son los encargados de diseñar y construir el producto.

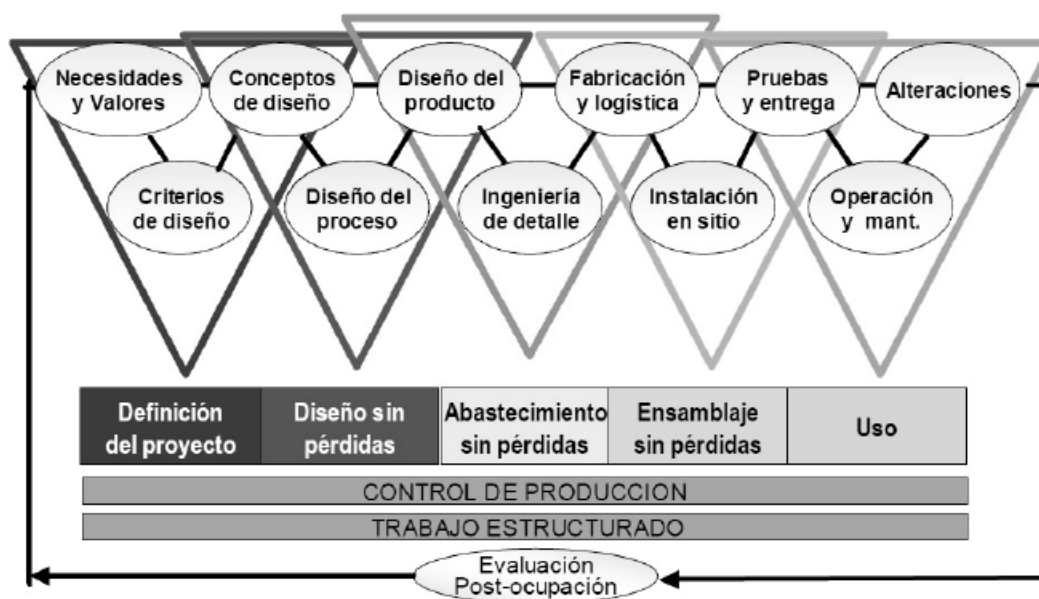


Figura 45. Triángulos del sistema de entrega de proyectos Lean. Fuente: (Ballard & Howell, 2003)

La diferencia entre la definición del proyecto y el diseño Lean es la alineación de valores, conceptos y criterios. El diseño Lean está dedicado a desarrollar y alinear el diseño de productos y procesos en el nivel de sistemas funcionales. El proyecto puede volver a la etapa de definición si la búsqueda continua del valor revela oportunidades que son de interés e importancia para el cliente y las partes interesadas.

El diseño Lean se diferencia de la práctica tradicional en diferir sistemáticamente las decisiones hasta el último momento de responsabilidad para permitir más tiempo en desarrollar y explorar alternativas mejores que las soluciones propuestas inicialmente.

La práctica tradicional de seleccionar opciones y ejecución de tareas de diseño tan pronto como sea posible, causa reprocesamiento e interrupción cuando una decisión de diseño tomada por los responsables de una fase anterior entra en

conflicto con las decisiones de actividades posteriores. La estrategia basada en conjuntos, empleada en el diseño Lean, permite a los diferentes especialistas avanzar en un aspecto concreto del producto dentro de los límites del conjunto de alternativas actualmente bajo consideración.

Las decisiones deben tomarse dentro del plazo para realizar alternativas, de ahí la importancia en rediseñar las redes de suministro para reducir el tiempo de entrega.

El suministro Lean consiste en ingeniería detallada, fabricación y entrega, que requieren como prerrequisito diseño de productos y procesos para que el sistema sepa qué detallar y fabricar, y cuándo entregar los componentes. También incluye iniciativas tales como la reducción del tiempo de entrega de información y materiales, especialmente aquellos involucrados en el suministro de productos bajo pedido, que típicamente determinan el ritmo y tiempo de entrega del proyecto.

El ensamblaje Lean comienza con la entrega de materiales y la información relevante para su instalación. El ensamblaje se completa cuando el cliente puede hacer uso de la instalación, que generalmente ocurre después de la puesta en marcha y/o servicio.

La gestión de la producción a lo largo del proyecto está indicada por las barras horizontales etiquetadas con control de la producción y trabajo estructurado. El uso sistemático de la realimentación entre los procesos del proveedor y del cliente están documentados, esto permite la obtención de evaluaciones e indicadores que dan lugar a la obtención de conclusiones en los proyectos realizados.

### **6.3. Comparación de sistemas de entrega de proyectos Lean y no Lean**

En la Tabla 7, se enumeran algunas de las diferencias entre la entrega de proyectos aplicando técnicas Lean o empleando técnicas tradicionales. En la comparativa de estos sistemas, se consideran los buffers.

<b>Lean</b>	<b>No Lean</b>
El foco está en el sistema de producción	El foco está en las transacciones y los contratos
Objetivos de transformación, ahorro y valor	Objetivo de transformación
Los trabajadores están involucrados en las decisiones previas	Las decisiones se toman secuencialmente por especialistas y se ponen en marcha
El producto y el proceso se diseñan juntos	El diseño del producto es completado, luego comienza el diseño del proceso
Todas las etapas del ciclo de vida del producto se consideran en el diseño	No todas las etapas del ciclo de vida del producto se consideran en el diseño
Las actividades se realizan en el último momento que deben estar finalizadas	Las actividades se realizan lo antes posible
Se realizan esfuerzos sistemáticos para reducir los plazos de entrega de la cadena de suministro	Las organizaciones son independientes se vinculan entre sí a través del mercado y toman lo que el mercado oferta
El aprendizaje se incorpora al proyecto, a la empresa y a la administración de la cadena de suministro	El aprendizaje ocurre esporádicamente
Los intereses están alineados	Los intereses no están alineados
Los buffers están dimensionados y ubicados para realizar su función de absorción de la variabilidad del sistema	Los buffers están dimensionados y ubicados para una optimización local

**Tabla 7. Comparación proyectos Lean y no Lean. Elaboración propia a partir de (Ballard & Howell, 2003)**

Tradicionalmente, cada organización tiende a construir grades inventarios para protegerse frente a la variabilidad. Estos inventarios pueden tomar la forma de información, materiales, trabajo en progreso, espacio o tiempo. Sin la capacidad de actuar en el nivel de todo el sistema de producción, no queda otra alternativa que construir estos inventarios unilateralmente con el fin de absorber la variabilidad y el riesgo. Dentro del enfoque Lean, los inventarios son estructurados y dimensionados para realizar sus funciones dentro del sistema, principalmente los aspectos asociados contra la variabilidad.

La gestión del proyecto Lean difiere de la gestión de proyectos tradicional no solo en los objetivos que persigue, sino también en la estructura de sus fases, la relación entre fases y los participantes en cada fase. El enfoque de la filosofía Lean Project Management tiene su origen en el sistema Lean destinado a la fabricación, por tanto, contempla un conjunto de principios para lograr la calidad, la velocidad y la alineación con las expectativas del cliente. Sus premisas son:

- Eliminar residuos
- Asegurar la calidad
- Crear conocimiento
- Aplazar el compromiso
- Entregar rápido
- Apostar por la autonomía individual
- Optimizar el sistema

La idea básica al aplicar las técnicas Lean es eliminar todo lo que no agrega valor con el fin de centrarse en lo que es estrictamente necesario en el proceso justo en el momento presente.

#### 6.4. Modelo Lean Product and Process Development (PPD). Abordar las necesidades de la industria

En esta sección, se presenta el modelo Lean PPD, enfocado al desarrollo de procesos y productos, sus herramientas y el papel que ocupan cada uno de sus elementos. En la siguiente figura se describe en detalle cuáles son los diferentes bloques del modelo Lean PPD y cómo están conectados, formando un modelo y metodología única (Sorli & Sopelana, 2014).



Figura 46. Herramientas Lean PPD. Fuente: (Sorli & Sopelana, 2014)

Los investigadores del proyecto proponen alcanzar el objetivo del proyecto a través del desarrollo y la integración de las herramientas mostradas con el nombre de habilitadores (Ward, 2007). Cada uno de los bloques (Figura 46) representa cómo el proyecto Lean PPD aborda varios desafíos. Los cuatro bloques son:

- Herramienta de autoevaluación y transformación Lean.
- Herramienta de mapeo de valor de desarrollo de producto.
- Entorno de ingeniería basado en el conocimiento.
- Herramientas de diseño Lean basada en series.

Herramienta de autoevaluación y transformación Lean. El primer bloque del modelo representa un método que proporciona una imagen de las prácticas de la industria actual relativas a la aplicación Lean en el proceso de desarrollo de productos y la capacidad de guiarlo hacia el nivel deseado de madurez. Esta herramienta ayudará al director de proyecto a rastrear y medir el progreso de la implementación Lean en los procesos de desarrollo de producto.

Teniendo como base los requisitos obtenidos del modelo Lean PPD y los resultados del estado del arte de las herramientas de evaluación y medición, y software, se identificaron los dos desafíos siguientes:

- Proporcionar Indicadores Clave de Rendimiento, en inglés, Key Performance Indicators (KPI), para medir el progreso realizado a posteriori de la implementación del modelo Lean PPD.
- No proporcionar funcionalidades para informar fácilmente de los resultados de la evaluación de forma automática, hasta haber finalizado por completo todas las fases.

La nueva herramienta propuesta permite a las empresas responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es mi punto de partida y dónde planea mi compañía evolucionar para convertirse en líder de desarrollo de procesos y productos?
- ¿Qué KPI puede seleccionar mi empresa para medir el desarrollo de productos?, ¿mejora el proceso después de implementar los principios Lean en dicha transformación?

Como resultado, la herramienta de evaluación y transformación de la preparación está compuesta de los siguientes dos módulos:

La evaluación de la madurez de preparación, un modelo de la evaluación de la madurez compuesto por indicadores cualitativos que facilita el seguimiento del progreso de la compañía a lo largo de cinco niveles de madurez.

Las tarjetas de resultados de las mediciones Lean, se concentra en medir con indicadores cuantitativos la mejora del desarrollo de basado en los principios de implementación Lean.

Tanto los indicadores cualitativos como los cuantitativos, los módulos han de definirse de tal forma que se centren en la evaluación y medición según cuatro perspectivas clave: coste y tiempo, nuevo proceso de desarrollo de producto, herramientas y personas multidisciplinares (Liker, 2003).

Herramienta de mapeo de valor Lean de desarrollo de producto. El desafío de esta herramienta es representar procesos de varias maneras y varios niveles de detalle, proporcionando una variedad de análisis, particularmente con una visión de mejora del valor y eliminar desperdicios. Además de proporcionar herramientas y técnicas para la gestión de proyectos y evaluación.

Todo esto se llevará a cabo con una herramienta central que permite el uso independiente del conjunto de herramientas pero que puede superponerse en cierta medida con herramientas comerciales ya en uso. Las áreas de innovación en el proyecto Lean PPD incluyen enfoques de mejora del valor, eliminación de desechos y evaluación del estado de los proyectos.

La arquitectura de procesos proporciona una oportunidad para evaluar y gestionar las relaciones entre los procesos individuales y las directrices de implementación que proporcionan algunos detalles acerca de cómo se colocarán junto con el conjunto de herramientas.

En primer lugar, la herramienta es capaz de almacenar y dirigir tanto datos estructurados como no estructurados sobre el proceso, presentar los datos en una variedad de gráficos para facilitar el análisis y la mejora del proceso.

Por otra parte, Lean PPD opera en un entorno heterogéneo junto con herramientas de modelado de procesos existentes para que los socios y futuros

clientes no se desprendan de las herramientas y enfoques existentes. De manera similar, la herramienta es lo más flexible posible, puesto que puede operar en una gran variedad de configuraciones de la mejora de procesos.

Finalmente, y tomando en consideración que el modelo Lean PPD se basa en mejorar el valor y eliminar el desperdicio. Igualmente ha sido necesario poder identificar los tipos de desechos para que puedan ser eliminados. Esto se ha intentado mediante la utilización de herramientas de desarrollo de mediciones en tiempo real para los desperdicios, heurísticas para evaluar si un producto entregable tiene o no un valor agregado desde la perspectiva del cliente o desde la perspectiva de la empresa.

Entorno de ingeniería basado en el conocimiento. El desarrollo de productos tiene lugar en un entorno basado en conocimiento, por lo tanto, el nivel de conocimiento es una de las principales características del modelo Lean PPD y constituye la base para el tercer bloque. Las actividades de desarrollo de producto deben ser formalizadas y estructuradas de tal manera que cualquier decisión debe estar basada en el conocimiento y la experiencia. El objetivo es desarrollar una arquitectura de ingeniería basada en el conocimiento para apoyar el desarrollo.

Un modelo de referencia de arquitectura del sistema, que guiará a las empresas dedicadas al entorno de fabricación mediante ingeniería basada en conocimiento (KBE) permite la creación de procesos de desarrollo Lean y diseño de productos que englobará a los proyectos anteriores. Esto se convierten en una de las principales fuentes de conocimiento para definir un conjunto de diseño conceptual de un nuevo producto.

La ingeniería basada en conocimiento tomará parte de varios dominios para ayudar a una gama de aplicaciones de ciclo de vida del producto tales como DFMA, y el entorno basado en el conocimiento apoyará la adquisición y la reutilización de proyectos previos para la aplicación de desarrollo de productos Lean (Sorli & Sopelana, 2014).

El enfoque de modelado tiene en cuenta la identificación y formalización en un marco de referencia estándar. Esto apoyará la creación, validación y reutilización del

conocimiento del dominio requerido para el desarrollo de producto. Se vinculará los conceptos de Lean PPD para la aplicación de sistemas de ingeniería basados en conocimiento que permitirá un proceso de desarrollo eficiente y diseños de productos Lean. Para lograr esto, es un factor determinante elaborar un análisis detallado de actividades de diseño tales como el modelado de geometría, la creación de modelos de elementos finitos, ejecutar simulaciones para evaluar diversos aspectos del comportamiento del producto, transferencia de datos entre diferentes sistemas de diseño, etc. Se llevarán a cabo mediante sistemas CAD / CAM, CAE y PDM. El objetivo será identificar los desechos dentro de las actividades mencionadas anteriormente y mejorar el valor agregado de los elementos, que ayudarán a la creación de valor en el diseño de los productos.

Herramienta de diseño Lean basada en series. Pertenece al cuarto bloque, el proyecto persigue integrar la ingeniería concurrente basada en conjuntos (SBCE) para negociar entre los diferentes diseños de conceptos basados en el valor de las características Lean. Una reciente herramienta está siendo desarrollada para generar un conjunto de diseños Lean basados en la definición de diseño y características de fabricación. Se conoce con el nombre de herramienta de diseño Lean basada en conjuntos (SBLDT).

Esto será útil para el diseñador definir un diseño final. Uno de los objetivos clave de los proyectos Lean PPD es garantizar que el diseño se fabrique en un entorno Lean. Este enfoque comienza considerando conjuntos de soluciones posibles y luego va eliminando las soluciones más débiles.



## **7. PROPUESTA DE INTEGRACIÓN DE LEAN MANAGEMENT Y METODOLOGÍA PMI PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTO**

### **7.1. Integración de herramientas Lean en los procesos PMI**

Como se ha comentado en capítulos anteriores, se encuentran diferentes organismos encargados del estudio de la gestión de proyectos. La metodología más estandarizada es la que se muestra en la guía PMBOK, realizada por el Instituto de Dirección y Gestión de Proyectos. Es por ello, que la aplicación de la filosofía Lean se analizará en los procesos de gestión de proyectos según considera la guía PMBOK.

Tal y como se comentaba en el capítulo 2, los procesos para la gestión de proyectos son: Inicio, Planificación, Ejecución, Monitorización y Control, y Cierre.

En el proceso de Inicio, se destacan dos áreas de conocimiento:

- Gestión de integración de actividades
- Gestión de las partes interesadas

Las actividades pertenecientes a cada área de conocimiento se corresponden a desarrollar el acta de constitución del proyecto, para autorizar de manera formal la continuación del proyecto en los procesos posteriores e identificar a las partes interesadas del proyecto, además de documentar la información relativa a ellos, respectivamente.

Acorde con la metodología de PMI, cada actividad parte de unas entradas, se emplean una serie de herramientas y técnicas que producen salidas.

Para desarrollar el acta de constitución del proyecto, en relación a la temática de este estudio se consideran proyectos de carácter interno a la empresa, se parte de la reunión de la alta dirección que determina su puesta en marcha. En armonía con Lean, se deben de integrar en estas primeras reuniones a algún responsable del equipo técnico cuya función consiste en ser lo más crítico posible con el fin de poner en marcha un proyecto sólido desde el primer momento. Además, gracias a su

experiencia en otros proyectos, puede facilitar la planificación perteneciente al siguiente proceso, la planificación.

Teniendo en cuenta que la alta dirección es la encargada de elaborar el plan estratégico de la empresa, los integrantes del equipo técnico tienen mayor facilidad de identificar necesidades de negocio en la misma línea que la alta dirección.

En cuanto a la determinación del alcance del proyecto, depende de la tipología se podrá detallar en mayor medida. En relación al desarrollo de productos, si se refieren a productos totalmente nuevos tendrá la posibilidad de ser modificado a lo largo del ciclo de vida del proyecto con el objetivo de cumplir el plan establecido gracias a la mejora continua (Kaizen), que se establece para cada una de los procesos del proyecto.

El aspecto que se destaca tras estudiar la filosofía Lean y que se tendrá en cuenta para cada una de las fases del proyecto, es el factor humano considerando la experiencia del trabajo de cada una de las partes involucradas en cada proceso, estableciendo como complemento un sistema de participación del personal (SPP).

Por otra parte, la identificación de los interesados, siendo un proyecto de carácter interno, se reduce considerablemente. Se tienen en cuenta, mediante un análisis previo, a cada uno de los integrantes que adicionalmente se debe de estar informando de forma constante. Para ello, se puede emplear un método estandarizado, según el cargo en la empresa, se proporcionará la información que sea necesario, además de generar la documentación a lo largo del proyecto. Es decir, el director de proyectos, por ejemplo, será necesario que disponga de toda la información posible de cada uno de los departamentos que trabajen en el proyecto, al igual que las opiniones de la dirección, aunque no deben influir de forma notoria en el proyecto una vez terminado el proceso de inicio.

Finalmente, en este primer proceso, con ayuda de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores, se deben identificar los distintos tipos de despilfarro que puedan producirse en cada una de las actividades de una forma aproximada. Una vez, establecidos los paquetes de trabajo correspondiente al proceso de planificación, se analizarán de manera más detallada estos desperdicios.

El siguiente proceso, de planificación, se emplearán en su mayoría las técnicas Lean al igual que en el proceso de ejecución y control, ya que tratan propiamente los aspectos relevantes del proyecto.

En el proceso de planificación se distinguen cada una de las áreas de conocimiento establecidas por el PMBOK:

- Gestión de la Integración del proyecto
- Gestión de los Interesados del proyecto
- Gestión del Alcance del proyecto
- Gestión de los Recursos Humanos del proyecto
- Gestión del Tiempo del proyecto
- Gestión de Costes del proyecto
- Gestión de Riesgos del proyecto
- Gestión de la Calidad del proyecto
- Gestión de las Adquisiciones del proyecto
- Gestión de las Comunicaciones del proyecto

En este proceso la función principal es elaborar un plan que permita abordar cada una de estas áreas que serán ejecutadas en el proceso siguiente. Por ello, se determinará qué conceptos y herramientas son útiles de acuerdo con Lean para su realización, conocidas ya las técnicas tradicionales de planificación.

La integración del proyecto se lleva a cabo mediante el plan para la dirección del proyecto, de manera que identifica la forma que se llevará el proyecto por cada uno de los procesos hasta el cierre. Se puede emplear una técnica Lean que se utiliza para establecer qué procesos o actividades generan valor a lo largo de la cadena de suministro, VSM. De esta forma también puede establecerse en primera instancia la duración del proyecto. Como se analizó en el capítulo de Metodología Lean, la técnica de VSM tiene una serie de pasos, comenzando con el VSM actual que se correspondería con el elaborado en primera instancia, y posteriormente el VSM futuro que podrá presentar cambios si se modifican aspectos en los procesos siguientes.

En proyectos de desarrollo de producto serán constantes los cambios producidos en el VSM futuro a consecuencia de cambios en la tecnología de desarrollo o cambios en la dirección que toma el desarrollo del producto.

La planificación de los interesados determinará la forma eficaz en la que las partes del proyecto deben reunirse y analizar, además de presentar cambios si son necesarios, el estado del proyecto. Para esta tarea, puede establecerse la estandarización de reuniones por cada hito del proyecto que tenga que ser presentado. Adicionalmente, se establecen medidas de control visual correspondiente al proceso de ejecución, que determinarán si es preciso establecer una reunión antes de lo previsto.

La planificación del alcance propuesta en la fase de inicio, debe detallarse en mayor medida y ser documentada en cada uno de los aspectos. Una vez recopilados los requisitos y definido el alcance, se crean las estructuras de descomposición de trabajo (EDT). El esquema desglosado de paquetes de trabajo, las actividades que son necesarias para realizar otra de mayor grado. La identificación de despilfarros en el proceso de inicio, es de gran utilidad para su elaboración.

Mediante la experiencia de proyectos anteriores se conoce la duración de las actividades y la fecha de entrega del proyecto, teniendo en cuenta el concepto de Just In Time (JIT), se marca un ritmo de trabajo denominado Takt Time. Puede descomponerse al igual que los paquetes de trabajo, según el tipo de actividad, con el objetivo de continuar la ejecución del proyecto acorde a lo planificado.

En referencia a la planificación de los recursos humanos, se debe de hacer de acuerdo con las estructuras de trabajo establecidas, ya que estas dos planificaciones deben de coincidir en la asignación de tareas que realiza cada integrante del proyecto. De igual forma, la planificación del cronograma debe realizarse según la fecha de entrega y destinar más personal si es necesario para cumplirlo. Para no caer en despilfarros, para ello se establece una serie de trabajos que han sido asignados a equipos de desarrollo o parte de ellos, cuya duración se estimará según la filosofía del JIT, estableciendo un sistema Pull, es decir, el cliente demanda la finalización de trabajos en la entrega acordada.

En cuanto a la duración de las actividades, en equipos de desarrollo, se busca una nivelación de la carga de trabajo (Heijunka) para poder avanzar por igual en cada una de las partes en las que se divide el proyecto, sobre todo si existen varias tareas que pueden realizarse en paralelo.

En desarrollo de producto, el establecimiento de recursos no es un factor de gran importancia. Aunque sí va adquiriendo una mayor relevancia en las fases de prototipo y pruebas. Esta planificación debe realizarse acorde a la política de aprovisionamiento empleando tarjetas Kanban para el flujo de materiales e información con el proveedor.

La planificación de los costes del proyecto se realiza de acuerdo a las estimaciones oportunas con ayuda de proyectos anteriores, incluyendo aspectos como el control de calidad y pago de proveedores. En el caso de contar con máquinas para la ejecución del proyecto deben tenerse en cuenta el mantenimiento de éstas (TPM), es decir, si una máquina no estará disponible para su uso en el momento que se necesita, habrá que alquilar una o subcontratar la actividad; por lo que conlleva un gasto que debe tenerse en cuenta en la determinación del presupuesto.

La planificación de riesgos, es una parte determinante del proyecto sobre todo si requieren gran cantidad de recursos y tiempo para su ejecución. En primera instancia, se puede pensar que para el desarrollo de producto no es un aspecto importante, sin embargo, en cualquier industria, en mayor medida el sector tecnológico, existe una gran competitividad. Por tanto, si se identifican una serie de riesgos para un proyecto y son ignorados puede llegar el cierre anticipado del proyecto. Además, se incurre en un coste de oportunidad por no acometer otros proyectos, y despilfarrar tanto el tiempo de los trabajadores como los recursos que son ocupados para ese proyecto.

La gestión de riesgos del proyecto, puede completarse con la técnica de las 5S de Lean debido a que estandariza una forma de trabajo que evita que aparezcan riesgos que sean imprevistos. Además, puede reducir el presupuesto destinado a la respuesta de riesgos, ya que se emplean otro tipo de medidas. Las 5S son un tipo

de medida preventiva frente al riesgo a diferencia de la planificación de la respuesta a los riesgos que es de carácter correctivo.

La gestión de la calidad presenta similitudes de acuerdo con la filosofía Lean, a diferencia que está adaptada a la gestión de proyectos mediante el empleo de diferentes tipos de herramientas para el análisis de la calidad, algunas de ellas son: diagrama de causa y efecto, hojas de verificación, diagramas de Pareto, diagramas de control, diagramas de dispersión, etc. Además, el ciclo PDCA se utiliza para abordar problemas que tienen relación con la calidad.

La planificación de adquisiciones por parte del departamento de compras, permite la obtención de los recursos que son necesarios para la ejecución del proyecto. Es importante que se haga una evaluación de proveedores para comprobar la fiabilidad en cuanto a la entrega a tiempo se refiere. Una vez establecida la relación, es de utilidad el uso de Kanban, comentado anteriormente, para la gestión de materiales e información.

La planificación de las comunicaciones, se establecen mediante Kanban, que establecen las órdenes de trabajo y transporte, tradicionalmente. La técnica de Kanban no implica necesariamente el uso de tarjetas físicas, mediante un software informatizado se establece la comunicación y órdenes de trabajo internos de la empresa, y con los proveedores.

En el proceso de ejecución del proyecto, intervienen las siguientes áreas:

- Gestión de la Integración del proyecto
- Gestión de los Interesados del proyecto
- Gestión de los Recursos Humanos del proyecto
- Gestión de la Calidad del proyecto
- Gestión de las Adquisiciones del proyecto
- Gestión de las Comunicaciones del proyecto

El proceso de ejecución se pone en marcha una vez terminada la planificación de cada una de las áreas anteriores. Se comienza con la dirección y gestión del trabajo del proyecto que busca cumplir el plan establecido. Resulta de interés aplicar

un concepto, considerado como uno de los pilares de Lean, se trata de Jidoka, de la implantación de un sistema en el que cada trabajador es el responsable de calidad del trabajo que realiza. Esto permite reducir en cierta medida la gestión de la calidad comentada anteriormente. Si es posible, se debe de automatizar tareas de carácter mecánico, con el fin de tener un mayor control y disponibilidad de personal. Es muy útil, sobre todo en desarrollo de productos, en la fase de especificaciones, utilizar el concepto de Poka-Yoke, que permite el uso de un producto sin cometer errores, es decir, mediante configuraciones geométricas, mecánicas o de otro tipo, se realizan conexiones de partes de piezas ya sea para el usuario o persona encargada de trabajar con ese producto. Tradicionalmente, se ha empleado para la realización de tareas en un sistema de fabricación, aunque con ayuda de este concepto se utilizará el producto de la forma que el equipo de desarrollo ha planificado.

La gestión de la participación de los interesados se realizará acorde a lo establecido en el plan y en el proceso de inicio, donde se ha establecido un sistema de participación del personal. Esto permite conseguir una mayor fuente de información para la toma de decisiones y comunicar a las partes interesadas la información estandarizada que le corresponden conocer.

Es por ello, que la adquisición del equipo del proyecto debe realizarse en la fase de planificación, no en esta, e integrar a algunos responsables de cada departamento con el objetivo de realizar un plan factible. Esta sería una de las diferencias relevantes distinguidas de la establecida por la guía PMBOK.

La tarea de aseguramiento de la calidad, no es necesaria como tal, ya que se encuentra integrada en el pilar Jidoka y en las 5S, en el que cada trabajador o grupo de ellos es responsable de la calidad de su trabajo y del área del mismo.

Como se ha comentado, no debe de haber discrepancia entre la planificación con respecto a la ejecución. Por tanto, las comunicaciones y el proceso de compra se ponen en práctica según el plan, que asegura el correcto desarrollo del proyecto.

En el grupo de procesos de Control, las áreas que intervienen son:

- Gestión de la Integración del proyecto
- Gestión de los Interesados del proyecto

- Gestión del Alcance del proyecto
- Gestión del Tiempo del proyecto
- Gestión de Costes del proyecto
- Gestión de Riesgos del proyecto
- Gestión de la Calidad del proyecto
- Gestión de las Adquisiciones del proyecto
- Gestión de las Comunicaciones del proyecto

Una de las características más importantes durante la ejecución del proyecto, es controlar el trabajo que se está realizando. Con ayuda del VSM futuro establecido en la fase de planificación, se puede seguir el proceso del proyecto, e informar si se cumplen los objetivos e indicadores propuestos.

Mediante la técnica de control visual, es relativamente sencillo comprobar cuando se producen desviaciones, y tratar el problema de acuerdo con la planificación de riesgo realizada. No debería producirse cambios sustanciales en el proyecto, ya que provocan situaciones no planificadas, por tanto, se incurriría en despilfarros, o incluso en la suspensión del proyecto.

El control de la gestión de las partes interesadas está integrado en el sistema de participación del personal, por tanto, contando con el compromiso de cada uno de los departamentos, y organización en su conjunto, no es preciso centrarse en este aspecto.

En relación al control sobre el alcance, se debe prestar especial atención, debido a las variaciones externas que pueden producirse y afectan directa o indirectamente al proyecto. Con la implantación de un sistema de mejora continua, permite identificar innovaciones con anterioridad, e incluirlas en la fase de planificación.

Con un sistema de indicadores de rendimiento se controlan tanto el cronograma, los costes y las adquisiciones. Estos indicadores pueden presentar desviaciones respecto a los valores teóricos, de ahí la importancia del empleo de un sistema, como el ciclo PDCA, que permite tomar medidas correctivas mediante la revisión periódica. El control de riesgos y comunicaciones, presentan igual



importancia que los anteriores; por tanto, cuando se detecten anomalías deben de notificarse lo antes posible.

Por último, en el proceso de cierre del proyecto será necesario tener en cuenta:

- Gestión de la Integración del proyecto
- Gestión de las Adquisiciones del proyecto

Esta última fase, consiste en proporcionar las lecciones aprendidas de cada uno de los departamentos del proyecto según su actividad, con el objetivo de documentar y servir de ayuda para la planificación de proyectos futuros. Esto estaría integrado en un sistema estandarizado en el que se diferencia por capítulos dentro del proyecto las dificultades encontradas, además de los tipos de despilfarros que no han sido identificados en la fase de planificación y cómo se han solucionado.

En particular, se debe elaborar una evaluación de los proveedores empleados, para obtener datos que permitan valorar la actividad que han realizado, y ayudar en la toma de decisiones de proyectos futuros. Gracias al sistema de trabajo justo a tiempo (JIT), los materiales utilizados serán entregados por parte del proveedor en el momento preciso de uso. Además, con la implantación de una continua mejora (Kaizen) en la organización, la empresa siempre tiene como misión perfeccionar cada una de las actividades que desarrolla.

En la Tabla 8, se muestran las herramientas Lean que producen mejoras en el desarrollo del proceso de inicio. Algunos de ellos, como la mejora continua o el sistema de participación del personal, están presentes en casi todos los procesos puesto que requiere de su constante empleo para conseguir resultados eficaces.

<b>Proceso del proyecto</b>	<b>Herramientas Lean</b>	<b>Descripción</b>
Inicio	SPP	Integración de las partes interesadas y departamentos involucrados
	Kaizen	Para conseguir el alcance del proyecto
	Estandarización	Formalización de procedimientos de constitución del proyectos

**Tabla 8. Herramientas Lean en el proceso de Inicio. Fuente: Elaboración propia**

En el siguiente proceso, la planificación, se emplea el mayor número de herramientas Lean posibles, puesto que es la parte donde se establecen las pautas y directrices del proyecto. En la Tabla 9, se muestran aquellas que son de interés para el proceso de planificación.

<b>Proceso del proyecto</b>	<b>Herramientas Lean</b>	<b>Descripción</b>
Planificación	Kaizen	Determinar el objetivo del proyecto
	VSM	Evaluar los procesos que añaden valor
	Estandarización	Fija como realizar las actividades de la fase de ejecución
	SPP	Integrado por responsables de diferentes departamentos para realizar estimaciones
	Heijunka	Carga de las distintas actividades niveladas para evitar duraciones de actividades no planificadas
	Kanban	Establecimiento de órdenes de trabajo entre las tareas

**Tabla 9. Herramientas Lean en el proceso de Planificación. Fuente: Elaboración propia**

Las más destacadas son tanto las herramientas de nivelación de la carga como Kanban, ambas permiten la realización de las tareas de manera más eficaz en su conjunto. Todas las herramientas deben ser implantadas en la empresa previamente, puesto que habrá que adaptarlas a las necesidades del proyecto.

Durante la ejecución del proyecto, se debe destinar tiempo necesario para que los trabajadores participen en la mejora de la empresa y adicionalmente, se lleven a cabo las 5S.

En la Tabla 10, se describe las posibles técnicas que producirían mejoras en la realización de las tareas.

<b>Proceso del proyecto</b>	<b>Herramientas Lean</b>	<b>Descripción</b>
Ejecución	5S	Desarrollo de actividades de forma correcta
	Poka-Yoke	Facilita realizar la actividad
	SPP	Identificación de problemas cuando aparezcan

**Tabla 10. Herramientas Lean en el proceso de Ejecución. Fuente: Elaboración propia**

En el proceso de control, se debe tener en cuenta la necesidad de mantenimiento preventivo de las máquinas de la empresa si procede. Puesto que es una característica específica, no se ha incluido como herramienta posible. Debe planificarse y realizar un control mediante el sistema TPM.

En la Tabla 11, se muestran las herramientas que ayudan a realizar el control de los procesos basados en las técnicas Lean.

<b>Proceso del proyecto</b>	<b>Herramientas Lean</b>	<b>Descripción</b>
Control	TQM	Mediante PDCA o cualquier otra herramienta que facilite la gestión de la calidad
	VSM	Evaluar el VSM planificado y realizar cambios si es necesario
	Kaizen	Ayuda para continua mejora de la empresa
	SPP	El control del proyecto es realizado de manera colaborativa
	Control visual	Herramienta para la detección de anomalías

**Tabla 11. Herramientas Lean en el proceso de Control. Fuente: Elaboración propia**

El proceso de Cierre, destaca principalmente por obtener las lecciones aprendidas del proyecto, sin embargo, es interesante realizarla con las conclusiones obtenidas del sistema de participación del personal y la mejora continua. Esto permite elaborar un VSM futuro para ser más eficientes en el desarrollo de la actividad (Tabla 12).

<b>Proceso del proyecto</b>	<b>Herramientas Lean</b>	<b>Descripción</b>
Cierre	Kaizen	Para establecer las lecciones aprendidas del proyecto
	SPP	Conclusiones obtenidas a lo largo del proyecto
	VSM	Actualización de los cambios realizados en los mapas de procesos

**Tabla 12. Herramientas Lean en el proceso de Cierre. Fuente: Elaboración propia**

El entorno para la implantación de la metodología Lean es idóneo para adquirir mayor competitividad frente a empresas del sector. La experiencia acumulada en la dirección y gestión de proyectos sirve de ayuda para la gestión Lean.

En el ámbito de la dirección de proyectos, algunas empresas no exigen cualificación específica para realizar la actividad debido a la cultura organizacional que presentan. Sin embargo, la obtención de las habilidades y conocimientos más la práctica de la filosofía Lean permite conseguir la excelencia para la dirección y gestión de proyectos.

## **7.2. Propuesta de aplicación para la industria de desarrollo de producto mediante el análisis de desperdicios**

El desarrollo de productos está sujeto a un cambio constante. Los productos se vuelven cada vez más complejos, la competencia global y la presión sobre los precios aumentan, además el cliente persigue requisitos cada vez más individuales y difíciles de cumplir. Esta complejidad a menudo conduce a un aumento del esfuerzo y tiempo de entrega en el desarrollo de productos. En las últimas décadas, la introducción de principios y métodos de gestión Lean han tratado de contrarrestar estos conflictos utilizando instrumentos para la mejora de la eficiencia. Después de la revolución de los conceptos y principios Lean en todo el campo de los sistemas de producción, los métodos Lean se usaron con éxito en varios campos. Por ejemplo, en el campo de la salud (Lean Healthcare), la construcción (Lean Construction) o en la administración (Lean Administration). También en el área de Ingeniería, métodos prometedores utilizados en producción se aplicaron en desarrollo de producto, seguido por la creación de métodos nuevos y específicos para esta aplicación.

El área de desarrollo de productos presenta grandes oportunidades de mejora: el tiempo para desarrollar un nuevo producto, la satisfacción de los requisitos del cliente y la manera cómo se pueden producir nuevos productos. Estas son todas las áreas en que la mayoría de las compañías pueden hacer mejoras drásticas cuando se comparan con las empresas más exitosas.

La diferencia de la gestión Lean frente a otros tipos de gestiones, es el foco principal de entregar valor a las partes interesadas. Es por ello, que se centra en definir y crear mapas de valor que permitan conseguir los objetivos previstos.

Las actividades de desarrollo de productos pueden denominarse como creación de valor (interacción con un cliente para obtener sus requisitos), creación necesaria pero no valiosa (realización de un traspaso necesario) o desperdicio (sobrepceso de un componente). Además, las actividades centrales del proyecto a menudo están inactivas, ya que los ingenieros están esperando los aportes necesarios.

Las tareas de ingeniería que crean valores centrales están inactivas la mayor parte del tiempo (62%). Si las tareas están activas, los ingenieros gastan el 40% de

su tiempo en residuos puros, el 29% de las actividades necesarias que no agregan valor y solo el 31% en actividades de valor agregado (Oehmen & Rebentisch, 2010). Combinando estos datos, (Figura 47), en promedio solo el 12% del tiempo durante la ejecución de un proyecto se gasta en actividades de valor agregado, el 11% en actividades necesarias, pero finalmente no agrega valor, y el 77% del tiempo es desperdiciado (el proyecto está inactivo o los ingenieros están trabajando en las tareas consideradas como residuos).

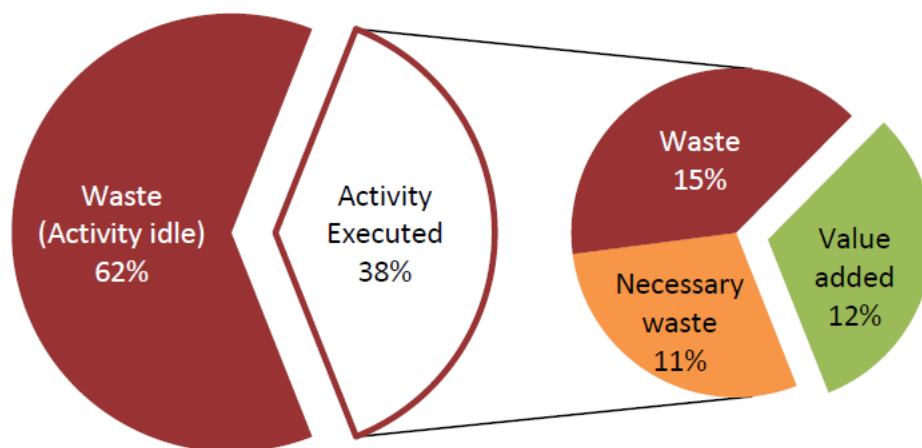


Figura 47. Desperdicio en actividades de desarrollo de producto. Fuente: (Oehmen & Rebentisch, 2010)

Si el tiempo en que las actividades del proyecto están inactivas puede reducirse a la mitad, incluso sin eliminar ningún otro desperdicio en el proyecto, el tiempo necesario para ejecutar el proyecto se reduciría considerablemente. Eliminar la mitad del desperdicio ahora agregaría nuevamente el equivalente del tiempo original gastado en actividades de valor agregado.

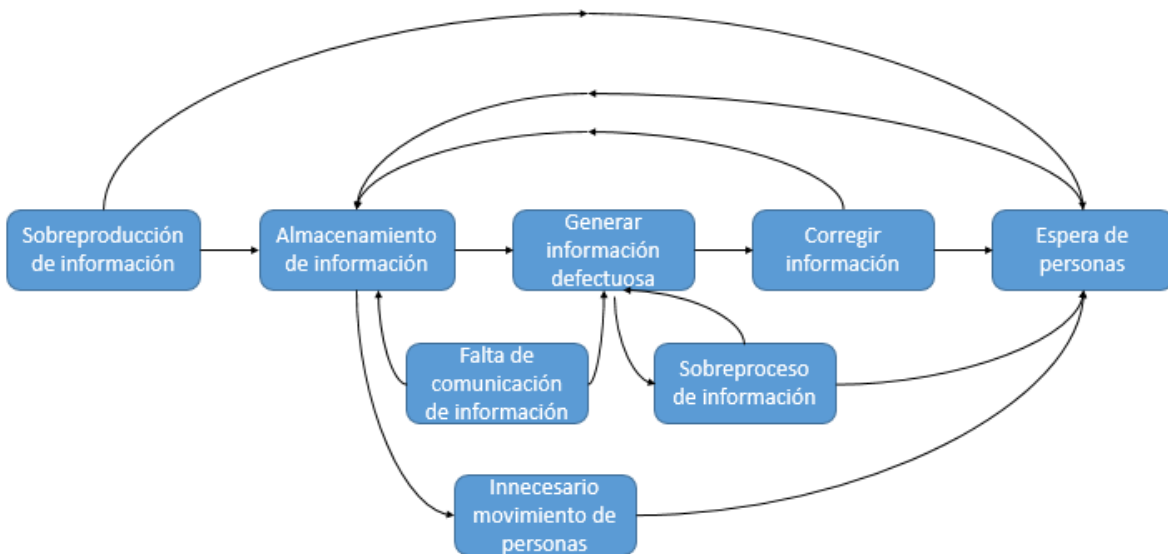
Pero discernir las actividades de valor agregado y desperdicio en desarrollo de producto no es trivial. Por lo tanto, las cifras proporcionadas aquí solo pueden transmitir una estimación aproximada. Sin embargo, según otros autores (Evers & Tucker, 1998), el tiempo empleado por el equipo de desarrollo durante la fase de diseño se distribuye con un 33% en actividades de valor agregado, un 38% en desechos necesarios y un 29% de desperdicio.

Las categorías de desperdicio en desarrollo de producto presentan ligeras modificaciones a las presentadas en el capítulo de Metodología Lean. Estos

desperdicios se modifican puesto que los procesos del sistema productivo distan de los relacionados con el desarrollo de producto. Los tipos de desperdicio son:

- Sobreproducción de información
- Sobreproceso de información
- Falta de comunicación de la información
- Almacenamiento de información
- Generar información defectuosa
- Corregir información
- Espera de personas
- Innecesario movimiento de personas

Se reducen principalmente a los dos factores determinantes en las actividades de desarrollo, la información conseguida y el trabajo del equipo de proyecto. Una posible interpretación de este sistema y su dinámica resultante se muestra a continuación (Figura 48).



**Figura 48. Posible relación entre los diferentes tipos de desperdicio. Fuente: Elaboración propia a partir de (Oehmen & Rebentisch, 2010)**

Los diferentes tipos de desperdicios forman una red causal compleja. Esta red causal está altamente vinculada y solo contiene circuitos de realimentación positiva. Eso significa que independientemente de dónde y qué tipo de desperdicio se produzca primero, rápidamente desencadenará una cascada de otros tipos de desechos.

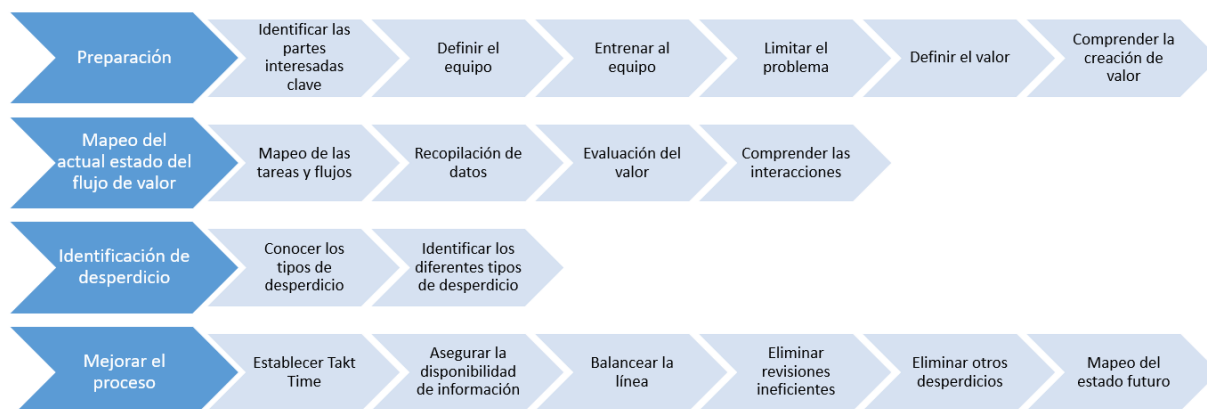
Los lazos de realimentación positiva conducirán al sistema hacia una inestabilidad cada vez mayor; cuanto mayor es la inestabilidad, más rápido es el deterioro.

El sistema es por lo tanto inherentemente inestable. Debe ser activamente equilibrado por lazos de realimentación negativa. Estos consisten en prácticas proactivas para minimizar la ocurrencia de estos desperdicios, así como para reaccionar rápidamente ante la ocurrencia de desperdicios.

Dos causas fundamentales son la sobreproducción y la falta de comunicación de la información. La espera de personas puede interpretarse como el punto final correspondiente de la dinámica. Esto refuerza la importancia de los procesos de desarrollo de producto con alta calidad que evitan la sobreproducción y la mala comunicación de la información.

Un proceso para identificar el valor y el desperdicio en los procesos de desarrollo de producto es el empleo de VSM, mapeo de flujo de valor de desarrollo de producto, o PDVSM. Esta técnica está desarrollada en un manual donde se concentra los procesos en la escala de nivel de componente de desarrollo de hardware (Mcmanus, 2005).

El mapeo de flujo de valor consta de cuatro procesos principales (Figura 49) una fase preparatoria, el mapeo del flujo de valor actual, la identificación de los diferentes tipos de desechos en el flujo de valor actual y, por último, la mejora del proceso actual.



**Figura 49. Procesos de VSM para desarrollo de producto. Fuente: Elaboración propia a partir de (Oehmen & Rebertisch, 2010)**



Durante la fase preparatoria, primero, se identifican las partes interesadas relevantes. Luego, el equipo que realiza el análisis del flujo de valor se define y se capacita para realizar las actividades del proceso de desarrollo. El problema entonces está limitado, es decir, el alcance del análisis está delimitado. Según el alcance y las partes interesadas, el valor está definido. Por último, se analizan los procesos que crean valor.

Durante el análisis del estado del flujo del valor actual, primero se mapean las tareas y los flujos entre las tareas. Luego, se recopilan los datos necesarios para describir el flujo de valor y se evalúa el valor generado. Como las iteraciones juegan un papel importante, se analizan en detalle en el último paso.

La tercera etapa se centra en la identificación de los diferentes tipos de residuos. En primer lugar, los diferentes tipos de desperdicios deben ser discutidos, comprendidos y acordados por todos los miembros del equipo, antes de que se identifiquen a lo largo del flujo de valor en el segundo paso.

La cuarta etapa, mejorar el proceso, incluye el establecimiento del Takt Time para sincronizar los procesos. Otras acciones específicas incluyen garantizar la disponibilidad de la información, el equilibrio de la carga de trabajo y la capacidad de las actividades, y eliminar las revisiones innecesarias o ineficientes. Otras medidas que abordan más tipos de residuos también se discuten en detalle. Finalmente, se mapea el estado futuro del flujo de valor para servir como guía para la implementación de las acciones de mejora.

El desperdicio en el desarrollo del producto es un síntoma de un sistema que no funciona con la máxima eficiencia y eficacia. Para optimizar el sistema, un análisis de flujo de valor ayuda como primer paso, a identificar diferentes tipos de residuos y su impacto relativo en la creación de valor. Para reducir la cantidad de desperdicios, las acciones sistémicas, mejoras que son efectivas en diferentes partes del proceso, pueden conseguir buenos resultados.

Como se ha comentado al principio de este apartado, el desarrollo de productos se encuentra en cambio constante, y por ello, después de la filosofía Lean, se encuentran oportunidades completamente nuevas que surgen de los

avances tecnológicos. La Industria 4.0 se creó hace pocos años y describe el potencial basado en la introducción de tecnologías web, mayor digitalización y la creación de redes de la cadena de valor virtual y físicas. El objetivo de la Industria 4.0 no es solo llevar a cabo sistemas de fabricación inteligentes, sino también para generar productos y servicios inteligentes. Por lo tanto, también el desarrollo de producto evolucionará en unos años para acercarse al desarrollo de la Industria 4.0.

## 8. CONCLUSIONES

En este último apartado, se realizará una valoración de los contenidos teóricos anteriores además de la propuesta de posibles líneas futuras de investigación. Según el orden estructurado de capítulos:

Se han analizado las diferentes áreas de conocimiento que el Instituto de Gestión de Proyectos realiza, con el fin de comprender todas las actividades que se ponen en práctica en la realización de un proyecto. Esto permite conocer en profundidad los procesos que forman la gestión de proyectos, y la comparativa con otros modelos.

Por otro lado, se ha realizado un estudio de la filosofía Lean en su origen, es decir, destinada al sistema de fabricación. Comenzando con la Casa de Toyota, se han analizado todos los conceptos, además de las técnicas más generales para su implantación.

Puesto que el desarrollo de producto es uno de los aspectos clave de este documento, se han analizado las fases, etapas y pasos que permiten entender el procedimiento de desarrollo de producto, junto con los pasos y algunas herramientas de aplicación.

Desde el punto de vista práctico, se ha revisado cómo una empresa del sector industrial realiza la gestión de proyectos, y en mayor detalle, el desarrollo de producto. Adicionalmente se han comentado algunas herramientas de empleo. Esto permite comparar su procedimiento al propuesto por PMI, donde se aprecia que siguen las líneas generales, aunque adaptando los procesos de la guía a sus necesidades.

La tendencia de gestionar proyectos con técnicas Lean, correspondiente al capítulo 6, muestra las últimas novedades sobre esta aplicación. Adicionalmente, se han estudiado los sistemas de entrega Lean, con notable auge en la actualidad, y el desarrollo de producto según propone el proyecto europeo Horizon 2020.

Las propuestas de implantación técnicas Lean de carácter personal han permitido poner en práctica los conceptos teóricos revisados con anterioridad. Según

la revisión teórica realizada en el campo de la gestión de proyectos, además, se ha analizado con especial atención los desperdicios producidos en el desarrollo de producto y cómo poder evitarlos.

Como se ha demostrado en otras áreas que no pertenecen al sistema productivo, la filosofía Lean pueden implantarse en cualquier ámbito y permite conseguir resultados excelentes. Es necesario realizar un esfuerzo por parte de la organización para conseguirlo, puesto que no se trata exclusivamente de una aplicación mecánica de una serie de técnicas.

Este documento permite una mayor comprensión de dos campos, la gestión de proyectos de PMBOK y la filosofía Lean, que a priori puede parecer que no guardan mucha relación, sin embargo, se complementan, otorgando mayor fiabilidad al éxito del proyecto.

Las líneas de trabajo que se derivan de este proyecto, parten inicialmente de la implementación a nivel práctico en una empresa del sector industrial, en las fases de desarrollo de producto, la filosofía Lean con el objetivo de comparar resultados.

Previamente, se realiza un estudio de la metodología instaurada en la empresa, y una vez finalizada, se llevará a cabo una comparativa con las propuestas teóricas. Seguramente se incluya un mayor número de técnicas propuestas surgidas del enfoque práctico, otorgando un carácter completo al proyecto.

Por otra parte, si los resultados obtenidos son los esperados, se puede implantar la metodología Lean a otros proyectos de la organización, no necesariamente de desarrollo de producto, sino a otras actividades de la empresa como la logística.

Por último, se encuentra la posibilidad de realizar una comparativa entre el desarrollo de producto Lean y el desarrollo de producto inteligente, analizando la implantación de este último en empresas del sector industrial.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2013). Directrices para la dirección y gestión de proyectos. *UNE-ISO 21500*.
- Arias, E. (2012). *Pensamiento Lean: Ejemplos y Aplicaciones en la Industria*. Virginia Tech.
- Ballard, & Howell. (2001). *Production system design in construction, in Proceedings of the 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Singapore.
- Ballard, & Howell. (2003). Lean project management. *Building Research & Information*.
- Ballesta, J. (2015). *PFC Gestión de proyectos en entornos multidisciplinares*.
- Brady. (2012). *Manual de 5S. Fábrica visual*.
- Brioso, X. (2015). *Integrating ISO 21500 Guidance on Project Management, Lean Construction and PMBOK*. ELSEVIER.
- Cho, S.-H., & Eppinger, S. D. (2001). *Product Development Process Modeling Using Advanced Simulation*.
- Climent, F. (2018). *Área logística*. Obtenido de <http://www.arealogistica.es/poka-yoke-a-prueba-de-errores>
- Cuatrecasas, L. (2000). *Total Productive Maintenance. Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*.
- Cuatrecasas, L. (2006). *Claves de Lean Manufacturing. Un enfoque para la alta competitividad*.
- Curry, G. L., & Feldman, R. M. (2011). *Manufacturing Systems Modeling and Analysis*.
- Díaz de Mena Sánchez, P., & González Gaya, C. (2013). *Standardized Models for Project Management Processes to Product*.
- Dreyfuss, H. (2001). *The measure of man and woman*.
- Evers, J. H., & Tucker, M. G. (1998). *Improving Engineering Productivity: A Time Study of an Engineer's Typical Workday*.
- Foster, R. N. (1986). *Innovation: The Attacker's Advantage*.
- Griffin, A., & Hauser, J. (1993). *The Voice of the Customer*.
- Hernández Matías, J., & Vizán Idolpe, A. (2013). *Lean Manufacturing*.
- Hong-Mo, D. (2005). *Just In Time Manufacturing*. University of Toronto.
- Instituto Lean. (2018). Obtenido de Instituto Lean Management: <http://www.institutolean.org/>
- IPMA. (2013). *OCB: International Project Management Association*.
- Jones, D., & Womack, J. (2012). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*.

- Kerzner, H. (2005). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*.
- Koskela, L. (2001). *New footnotes to Shingo, in Proceedings of The International Group for Lean Construction*. Singapore.
- Kotler, P. (2007). *Marketing*.
- Larraneta, Onieva, & Lozano. (1988). *Métodos modernos de gestión de la producción*.
- Lean Solutions. (2018). *Soluciones para la implantación Lean*. Obtenido de <http://www.leansolutions.co/conceptos/vsm>
- Liker. (2003). *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*.
- LLedó, P., Rivarola, G., Mercáu, R., Cucchi, D., & Esquembre, J. F. (2006). *Administración Lean de proyectos*. Pearson.
- Maier, M. W., & Eberhardt, R. (2000). *The Art of Systems Architecting*.
- Mcmanus, H. (2005). *Product Development Value Stream Mapping*.
- Monden, Y. (1983). Toyota production system: practical approach to production management. *Industrial Engineering and Management Press*.
- Montgomery, D. C. (2007). *Design and Analysis of Experiments*.
- Nokes. (2007). *The Definitive Guide to Project Management*.
- Oehmen, J., & Rebutisch, E. (2010). *Waste in Lean Product Development*.
- Olivella, J. (2005). *Metodología para la implantación del lean management en una empresa industrial independiente y tamaño medio*.
- Onieva, L., Escudero, A., Cortes, P., Muñuzuri, J., & Guadix, J. (2017). *Diseño y gestión de sistemas productivos*. Universidad de Sevilla.
- Pahl, Gerhard, Beitz, & Feldhusen. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*.
- PMI. (2013). *Guía de los Fundamentos de Dirección de Proyectos*.
- Rohkus. (2016). *Gestión de fondos*. Obtenido de <https://www.gestionfondosmexico.mx/single-post/2016/07/22/Niveles-de-madurez-de-la-Tecnolog%C3%ADa-TRLs>
- Sorli, M., & Sopelana, A. (2014). *Applying Lean thinking concepts to New Product*.
- Sorli, M., Al-Ashaab, a., & Taisch, M. (2011). *LeanPPD: Lean Product and Process Development*.
- Tecnosoft. (2014). *Tecnosoft*. Obtenido de <http://www.webtecnosoft.es/seiton-segunda-s-del-lean-manufacturing-un-lugar-para-cada-cosa-y-cada-cosa-en-su-lugar/?i=1>

- Thomke, S. H. (2003). *Experimentation Matters: Unlocking the Potential of New Technologies for Innovation*.
- Toledano de Diego, A., Mañes Sierra, N., & Julián García, S. (2009). *Las claves del éxito de Toyota. LEAN, más que un conjunto de herramientas y técnicas*.
- Ulrich, & Eppinger. (2013). *Diseño y desarrollo de producto*.
- Urban, G. L., & Hauser, J. R. (1993). *Design and Marketing of New Products*.
- Vargas Hernández, J., Muratalla-Bautista, G., & Jiménez-Castillo, M. (2016). *Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?*
- Vilana, & Ramón, J. (2010). *Fundamentos del Lean Manufacturing. Dirección de Operaciones*.
- Wallace, W., & Roberts, A. (2014). *Project Management*. Heriot-Watt University.
- Ward. (2007). *Lean Product and Process Development*. Lean Enterprise.
- Wheelwright, S., & Clark, K. (1992). *Creating Plans to Focus Product Development*.
- Womack, J., & Jones, D. (1991). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*.