



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería de Organización Industrial**

**MTa KanDo Lean:  
Actividad didáctica para el aprendizaje de  
herramientas Lean**

**Autor:**

**Alonso Sanz, María**

**Tutor:**

**Pascual Ruano, Jose Antonio  
Departamento de Organización de Empresas y CIM**

**Valladolid, Julio 2018**



### Agradecimientos

A mis padres y hermana, por su paciencia y generosidad, por darme todo lo que tienen y lo que son.

A mi abuela y padrino, por ser mi orgullo e inspiración.

A la familia que he elegido, porque juntos podemos con todo; por ser mi “para qué”, mis ganas e ilusión.

A las amigas que son familia, por siempre estar ahí, por recorrer juntas este camino sin condiciones.

Gracias a todos por ayudarme a llegar hasta aquí.



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>Resumen y palabras clave.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Motivación .....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.4. Alcance .....	6
1.5. Estructura .....	6
<b>2. Aprendizaje basado en juegos.....</b>	<b>9</b>
2.1. Juegos didácticos.....	9
2.1.1. Concepto de juego didáctico .....	9
2.1.2. Importancia de los juegos didácticos .....	10
2.1.3. Aplicación de los juegos didácticos .....	13
2.1.4. Características de los juegos didácticos .....	17
2.1.5. Clasificación de los juegos didácticos .....	18
2.2. Gamificación .....	19
2.2.1. Gamificación educativa .....	21
2.3. Learning by doing .....	24
2.3.1. La curva del olvido .....	26
2.3.2. El cono del aprendizaje.....	28
<b>3. Lean Manufacturing.....</b>	<b>31</b>
3.1. Definición Lean Manufacturing y Sistemas de Producción.....	31
3.2. Historia .....	33
3.3. Estructura del Sistema Lean .....	37
3.4. Principios Fundamentales del Sistema Lean.....	39
3.4.1. Identificar el valor.....	39
3.4.2. Valor vs Despilfarro .....	40
3.4.3. One piece flow.....	44
3.4.4. Cero defectos.....	44
3.4.5. Mejora continua. Lean Toyota KATA .....	45
3.5. Técnicas Lean .....	48
3.5.1. Grupo 1.....	49
3.5.1.1. Las 5S.....	49
3.5.1.2. SMED.....	53
3.5.1.3. Estandarización .....	55

---

3.5.1.4.	Mantenimiento Productivo Total. TPM. ....	57
3.5.1.5.	Control Visual. Andon. ....	59
3.5.2.	Grupo 2.....	61
3.5.2.1.	Jidoka .....	61
3.5.2.2.	Total Quality Management (TQM).....	63
3.5.3.	Grupo 3.....	65
3.5.3.1.	Heijunka .....	65
3.5.3.2.	Kanban .....	66
<b>4.</b>	<b><i>MTa KanDo Lean.....</i></b>	<b>69</b>
4.1.	Documentación MTa KanDo Lean adaptada .....	69
4.2.	Presentación Guía Formador .....	74
<b>5.</b>	<b><i>Estudio económico .....</i></b>	<b>75</b>
5.1.	Fases de desarrollo del proyecto .....	75
5.2.	Cómputo de horas .....	77
5.3.	Cómputo anual de la jornada de trabajo .....	78
5.4.	Coste material informático .....	79
5.5.	Material Fungible .....	79
5.6.	Costes Indirectos .....	80
5.7.	Costes asignados a cada etapa del proyecto .....	80
<b>6.</b>	<b><i>Conclusiones y acciones futuras.....</i></b>	<b>83</b>
<b>7.</b>	<b><i>Bibliografía.....</i></b>	<b>85</b>
<b>Anexos .....</b>		<b>89</b>
Anexo 1:	Documentación MTA KanDo Lean .....	89
Anexo 2:	Presentación Guía Formador .....	89



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Importancia de los juegos en la etapa infantil. ....	10
Ilustración 2 Juego didáctico, Ahorcado. Fuente: Proyecto Newton .....	14
Ilustración 3 Juego didáctico, 50x15. Fuente: Proyecto Newton .....	14
Ilustración 4 Juego didáctico, Ahora caigo. Fuente: Proyecto Newton .....	15
Ilustración 5 Juego didáctico, El Superviviente. Fuente: Proyecto Newton .....	15
Ilustración 6 Juego didáctico, Pasapalabra. Fuente: Proyecto Newton.....	16
Ilustración 7 Técnicas mecánicas. Fuente: V. Gaitán “Gamificación: el aprendizaje divertido” .....	22
Ilustración 8 Técnicas dinámicas. Fuente: V. Gaitán “Gamificación: el aprendizaje divertido” .....	23
Ilustración 9 Curva del olvido. Ebbinghaus.....	26
Ilustración 10 Curva del olvido. Repasos. Ebbinghaus.....	26
Ilustración 11 Pirámide del aprendizaje. Edgar Dale.....	28
Ilustración 12 Definición Lean Manufacturing. Fuente: Escuela de Negocios. Javier Rodríguez .....	32
Ilustración 13 Definición Sistema de Producción. Fuente: Escuela de Negocios. J. Rodríguez .....	33
Ilustración 14 Producción en cadena del "Ford Modelo T". Fuente: Wikipedia .....	34
Ilustración 15 Taiichi Ohno, Ingeniero industrial japonés. Creador del sistema TPS/JIT .....	36
Ilustración 16 Autores de “La máquina que cambió el mundo” .....	36
Ilustración 17 Toyota Production System House. Fuente: Lean Enterprise Institute	37
Ilustración 18. Conceptos Lean. Fuente: Escuela de Negocios, Javier Rodríguez....	39
Ilustración 19 Satisfacción del cliente detectando despilfarros. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios. ....	41
Ilustración 20 Los 7+1 Despilfarros.....	42
Ilustración 21 Principio Cero defectos. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios	44
Ilustración 22 Mejora continua. PDCA. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios. ....	45
Ilustración 23 Significado de Kaizen. Fuente: IEB School.....	45

---

Ilustración 24 Los 10 mandamientos del Kaizen. Fuente: M. Mateo. Renault-Nissan Consulting .....	46
Ilustración 25 Kata de Mejora. Fuente: Focuslean.....	47
Ilustración 26 Las 5s, 3+2. Significado. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios .....	49
Ilustración 27 Áreas marcadas en el suelo .....	51
Ilustración 28 Panoplia de herramientas .....	51
Ilustración 29 Ejemplos de Estados de Referencia. ....	52
Ilustración 30 Rueda de Deming. Fuente: Antonio J. Fernández. Escuela de Negocios.....	55
Ilustración 31 Bucle SDCA. Fuente: Escuela Lean.....	56
Ilustración 32 FOS Montaje Solectrón. Fuente: Fotografía propia. Escuela Lean. Valladolid.....	57
Ilustración 33 Ejemplo de lámpara (izqda) y torreta (drcha).....	60
Ilustración 34 Ejemplo Gestión Visual. Señalización de suelos. Fuente: Escuela Lean.....	60
Ilustración 35 Ejemplo Gestión Visual. Tablero de Resultado .....	61
Ilustración 36 Poya-yoke de control.....	62
Ilustración 37 Poka-yoke de alarma o advertencia.....	63
Ilustración 38 Método de los 5 por qué. Fuente: Escuela Lean .....	63
Ilustración 39 MAQ. Fuente: Arauzo, J.A. Universidad de Valladolid .....	64
Ilustración 40 Célula flexible de trabajo. Fuente: Lluís Cuatrecasas. Escuela de Negocios.....	65
Ilustración 41 Casillero Heijunka. Fuente: Leanroots.....	66
Ilustración 42 Kanban de Transporte y de Fabricación. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios. ....	67
Ilustración 43 Vista desglosada de un KanDo Trolley .....	71
Ilustración 44 Sugerencia de distribución maletín KanDo Lean .....	72
Ilustración 45 Etapas del proyecto.....	75
Ilustración 46 Gráfico coste por fase. Fuente: Elaboración propia .....	81



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las horas destinadas a cada fase del proyecto. ....	77
Tabla 2. Descripción de coste ingeniero por hora.....	78
Tabla 3. Amortización anual de material informático.....	79
Tabla 4. Resumen coste material fungible.....	80
Tabla 5. Costes indirectos derivados del TFG .....	80
Tabla 6. Coste por fase y coste final TFG.....	81



## Resumen y palabras clave

---

El presente proyecto consiste en el desarrollo de una actividad didáctica para el aprendizaje experiencial de los principios del procesamiento Lean.

La actividad se basa en el montaje de “trolleys” para satisfacer la demanda del cliente cumpliendo plazos de entrega y una serie de especificaciones. Las doce posibles configuraciones de “trolley” están formadas por piezas de plástico como son los tubos, bases y conectores de distintos colores y tamaños que conforman el maletín MTa KanDo Lean.

A través de las fases de la actividad MTa KanDo Lean los participantes irán introduciéndose en la filosofía Lean y alejándose de las concepciones de los sistemas de producción tradicionales. De esta forma comprobarán mediante una actividad innovadora, atractiva y práctica cómo aplicando la metodología y herramientas lean somos capaces de mejorar la satisfacción del cliente, la rentabilidad de la organización y obtener beneficios en el desarrollo personal y trabajo en equipo eficiente.

**Palabras clave:** procesamiento Lean, actividad didáctica, aprendizaje experiencial, satisfacción del cliente, mejora continua.



# 1. Introducción

## 1.1. Antecedentes

Anthony Robbins en su “teoría de las 6 necesidades humanas”, (una evolución de la conocida teoría de las **necesidades de Maslow**), explica que las necesidades humanas fundamentales son las mismas para todo el mundo, con independencia de culturas, edades, sexo, etc.

Éstas se pueden dividir en dos categorías: **necesidades fundamentales** (seguridad, variedad, importancia, y unión) y **necesidades superiores** (crecimiento y contribución). Las 4 necesidades fundamentales son aquellas que deben ser satisfechas a toda costa.

Quizá esto explica la necesidad constante del ser humano de dar respuesta a parte de estas necesidades a través del **conocimiento** y de la **educación**. La educación es una historia de enseñanza y aprendizaje destinada a transmitir unos valores culturales y sociales, que nos han permitido entender y encontrar una respuesta a los desafíos que la humanidad ha ido planteando.

El **conocimiento**, nos aporta **seguridad y control**, nos sentimos validados y reconocidos por la sociedad, nos permite relacionarnos y conectarnos con otros iguales, teniendo la necesidad de compartir nuestro conocimiento, y sobre todo crecer y desarrollarnos, no solo emocionalmente y espiritual, también intelectualmente para poder cumplir esa necesidad de contribución, no solo a través de la formación, también con la aplicación de los conocimientos.

El aprendizaje es básico para la subsistencia y la evolución de la especie, modifica y transforma las estructuras, y permite nuevos aprendizajes de mayor complejidad.

La historia de la Pedagogía nos habla de la evolución de la misma asociada a la evolución del ser humano, teniendo su origen en la evolución del nomadismo al sedentarismo, cuando se da una transferencia de simples saberes entre los integrantes de una misma comunidad. Los avances de las diferentes corrientes y escuelas del Antiguo Oriente, Grecia, Egipto, China, Persia, Roma, Árabes... son el camino previo a la aparición en el siglo XII de las universidades medievales, y el establecimiento del modelo de **Escuela Tradicional**.

La revolución industrial dio paso a la conocida como pedagogía moderna, que ha ido evolucionando de un aprendizaje destinado a la acumulación de saberes al llamado “**aprendizaje significativo**”: donde el “alumno” ha de construir su conocimiento sobre cómo utilizar los procedimientos y además ha de poder representarse el cuándo, dónde y por qué utilizarlos y en qué medida favorece este uso para la resolución de una tarea.



No solo en la historia de la pedagogía, la revolución industrial es un punto de inflexión y de cambio, en ella un ingeniero mecánico y economista americano, Frederick Taylor, revolucionó el mundo de la industria con su “sistema de administración científica”

Otro de los principales referentes en una nueva concepción de fabricación, fue Henry Ford, conocido como el padre de las cadenas de producción modernas utilizando la normalización de los productos, generando una nueva forma de producir en serie. Todo esto permitía incrementar el volumen de producción a la vez que se reducían los costes.

A finales del siglo XIX surgió el primer pensamiento **Lean Manufacturing** en Japón por parte de Sakichi Toyoda quien creó telares con un elemento de capacidad de detección de error en la máquina, “Jidoka”. Posteriormente su hijo Kiichiro Toyoda creó metodologías y técnicas para eliminar los desperdicios entre operaciones, tanto líneas y procesos. El resultado fue el método **Just-in-Time (JIT)**.

Fue Eiji Toyoda quien tras una visita a la planta de Ford volvió con la idea de adaptar los métodos de producción en masa al Grupo Toyoda, aumentó la productividad de los trabajadores, añadiendo valor al sistema JIT, y estableció el **Toyota Production System (TPS)**. Taiichi Ohno, apoyado por Eiji Toyoda, ayudó a establecer el Toyota Production System, y crear las bases del espíritu de Toyota para “crear las cosas”, o el "Modelo Toyota". Un sistema de producción que combinaba eficiencia, flexibilidad y calidad denominado “Lean Manufacturing.”

La **gamificación** consiste en “un proceso relacionado con el pensamiento del jugador y las técnicas de juego para atraer a los usuarios y resolver problemas”. La gamificación entendida bien como estrategia empresarial o estrategia de enseñanza-aprendizaje. Esta metodología aprovecha todos los recursos posibles, combina tecnología, juego educativo y estrategias de refuerzo positivo para hacer más gratificante y atractivo a los participantes del proceso de enseñanza/aprendizaje. Se aprovecha el innato espíritu lúdico y competitivo para potenciar la participación e implicación.

El **juego** en el ámbito empresarial o educativo mejora la autonomía, la creatividad, la capacidad de respuesta, la habilidad para solucionar problemas fomenta el trabajo cooperativo la motivación y el interés, pudiendo proporcionar simulaciones de problemas reales.

Poder aunar un **proceso de enseñanza/aprendizaje** sobre **Lean Manufacturing** empleando técnicas de gamificación, es lo que pretendo con mi TFG.

## 1.2. Motivación

Sin lugar a dudas la motivación de realizar este trabajo fin de grado nace de la potente conjunción de mi **experiencia laboral** en el sector industrial agroalimentario y los últimos cursos de mi **formación académica**.

La visión con la que afrontaba asignaturas del último curso como Dirección de Proyectos y especialmente Dirección de Operaciones, despertaron en mí la necesidad de profundizar en la Organización de la Producción, la Mejora Continua, herramientas de optimización y en definitiva, el universo del **Lean Manufacturing**.

Universo que me ayudaría profesionalmente a detectar los problemas y convertirlos en oportunidades de mejora en mi entorno laboral con el fin de satisfacer las necesidades del cliente, en un momento apretado competitivamente hablando.

Ese interés me permitió conocer la **Escuela Lean** que Renault-Nissan Consulting tiene en la Escuela de Ingenierías Industriales con la colaboración de la Universidad de Valladolid.

Fue en ese momento cuando no sólo decidí que mi TFG tenía que estar ligado a la Escuela Lean, sino que completaría mi formación con un Máster que me permitiera integrarla de manera práctica, es decir, “aprender haciendo”, practicando, aplicando sobre el terreno las herramientas.

Y para ello nada mejor que desarrollar una **actividad didáctica** novedosa para introducirla a posteriori en la Escuela y ayudar a alumnos que sintieran la misma necesidad que yo de vivir un aprendizaje experiencial y poder ser agentes de cambio cultural e implementadores de herramientas lean en sus organizaciones.

Al mismo tiempo he tenido la oportunidad de estar inmersa en la producción de Solectrones de aluminio en la empresa Epsilon de la Escuela Lean.

## 1.3. Objetivos

El objetivo principal de este TFG es el desarrollo de una actividad didáctica para el aprendizaje de herramientas lean mediante un juego.

Para alcanzar ese objetivo final, se siguen unas fases similares a las que sigue el Kata para la Mejora de Mike Rother, es decir, en primer lugar se marca un reto, se establece la situación actual, se definen unos objetivos intermedios y se llevan a cabo ciclos PDCA para superar los obstáculos encontrados en el camino.

Los objetivos intermedios son los siguientes:

- Conocer las herramientas Lean
- Conocer el juego desarrollado por MTA Learning.
- Adaptar el juego y toda su documentación asociada a la formación para prácticas en la Escuela de Ingenierías Industriales



## 1.4. Alcance

El alcance final de este TFG es el desarrollo teórico de toda la documentación necesaria para llevar a cabo el juego MTA KanDo Lean.

## 1.5. Estructura

El contenido de este proyecto se estructura de la siguiente forma:

### 1. Introducción

En el capítulo introductorio se describen los antecedentes en materia de educación, aprendizaje didáctico y filosofía Lean, así como las motivaciones para la realización del proyecto, objetivos y alcance del mismo.

### 2. Aprendizaje basado en juegos

En este capítulo se quiere poner de manifiesto la importancia del aprendizaje basado en juegos y sus principales técnicas desarrolladas en la actualidad: gamificación y learning by doing

Se introduce explicando qué es un juego didáctico, su importancia y ventajas en el aprendizaje, así como sus principales características.

### 3. Lean Manufacturing

El objetivo de este capítulo es entender la filosofía Lean Manufacturing, definiéndola en sí misma y desde el punto de vista de los sistemas productivos. Se describen sus orígenes, historia y evolución, así como la estructura de su sistema, los principios fundamentales y las principales técnicas que desarrolla, agrupadas en tres grupos.

Todas ellas se centran en el valor añadido y en las personas y buscan un cambio cultural duradero y sostenible en las organizaciones.

### 4. MTA KanDo Lean

Es el capítulo principal que da título al proyecto. Incluye el estudio y aprendizaje de la actividad MTA KanDo Lean de MTA Learning, así como la adaptación, documentación y presentación de la actividad formativa para su futuro desarrollo en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

### 5. Estudio económico

En el estudio económico valoraremos los costes de los elementos tangibles del proyecto. Se calculan los costes de personal, material informático y fungible, así como los indirectos.

Se definen las fases de desarrollo del proyecto con las horas de trabajo y costes imputados a cada una de ellas.

## **6. Conclusiones y acciones futuras**

Son las conclusiones obtenidas a lo largo de la elaboración de toda la documentación, su parte teórica, documental y de desarrollo.

Se exponen también las acciones futuras en el desarrollo físico y la puesta en marcha de la actividad formativa.

## **7. Bibliografía**

Refiere todos los documentos, artículos, libros, páginas web consultados para la elaboración del proyecto.





## 2. Aprendizaje basado en juegos

### 2.1. Juegos didácticos

Puesto que la finalidad de este proyecto es desarrollar y trabajar la actividad MTA KanDo Lean, que se trata de un juego para ayudar a las personas con las que trabajamos a entender los elementos centrales del **procesamiento Lean**, en este capítulo voy a tratar de explicar qué es un juego didáctico, su importancia y ventajas en el aprendizaje, así como sus principales características.

#### 2.1.1. Concepto de juego didáctico

Analizando etimológicamente la raíz de juego, proviene de dos vocablos en latín *iocum* y *ludus-ledere* que hacen referencia a la diversión, chiste o broma y están muy relacionados con cualquier actividad lúdica (Gallardo & Fernández, 2010).

Para definir la palabra juego encontramos perspectivas diferentes según el autor, por lo que atendiendo a varias de ellas, consideramos quedan bien reflejadas y simplificadas dichas perspectivas en la definición de la Real Academia Española (RAE):

“Juego

Del lat. *iocus*.

1. m. Acción y efecto de jugar por entretenimiento.
2. m. Ejercicio recreativo o de competición sometido a reglas, y en el cual se gana o se pierde. *Juego de naipes, de ajedrez, de billar, de pelota.*”

Del mismo modo, analizando etimológicamente la palabra didáctico/a, viene del griego *διδασκτικός* *didaktikós*, formada del sufijo *-ico* = “relativo a” y *didasko* = “yo enseño”, por tanto se refiere a lo relativo a la enseñanza.

Citando la definición de la RAE:

“Didáctico/a

Del gr. *διδασκτικός* *didaktikós*.

1. adj. Perteneciente o relativo a la **didáctica** o a la enseñanza.
2. adj. Propio, adecuado o con buenas condiciones para enseñar o instruir. *Un método, un profesor muy didáctico.*
3. adj. Que tiene como finalidad fundamental enseñar o instruir.
4. f. Arte de enseñar.”

Por tanto, de la unión de ambos conceptos podemos definir **juego didáctico** como el **ejercicio recreativo o de competición** sometido a **reglas** cuya finalidad fundamental es **enseñar o instruir a los participantes**.

### 2.1.2. Importancia de los juegos didácticos

Para entender la importancia de los juegos didácticos en el desarrollo y aprendizaje, se ha realizado la siguiente subdivisión: etapa infantil y etapa adolescente y posterior enseñanza universitaria:

#### Importancia de los juegos didácticos en la etapa infantil

El **juego**, en la **infancia**, es sinónimo de felicidad, de vida. Todos los niños y niñas tienen derecho a jugar, tal y como se recoge en la Declaración de los Derechos del Niño, aprobada en 1959 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Esta idea tan simple, pero importante, está no solo recogida como un Derecho, sino avalada por investigaciones en campos como Pediatría y Psicología Infantil, ya que el juego permite realizar un **seguimiento del desarrollo integral del niño**.

En la Ilustración 1 se puede comprobar cómo el juego es una herramienta que permite a los niños relacionarse, que los ayuda a forjar amistades y facilita el aprendizaje de valores como el respeto, la tolerancia y el compañerismo.



*Ilustración 1 Importancia de los juegos en la etapa infantil.*

El juego es, por tanto, un medio de socialización primario. Los juguetes sirven tanto como puente para establecer las primeras interacciones con adultos y otros niños, como de medio para la expresión de sentimientos y emociones.

El juego permite además, el desarrollo de habilidades como la **estrategia**, la **resolución de problemas** desde diferentes aproximaciones o la **creatividad**; permite la exploración de la realidad a la vez que se potencia la **imaginación y la fantasía**.

El desarrollo del niño comienza con el juego y abarca tanto el lenguaje interno – desarrollo de su personalidad y conducta – como el lenguaje externo, ya que el niño se ve obligado a **interactuar con los diferentes compañeros de juego** y buscar su apoyo a través de pactos, acuerdos o incluso, enfrentamientos.

En la etapa infantil muchas actividades son consideradas juegos, como la música. Escuchar canciones o bailar permite al niño desarrollar no solo habilidades artísticas, sino otras tan importantes como la memoria, ayudándoles a recordar cómo llevar a cabo una actividad cotidiana o a recitar los números o los colores. Se fomenta así mismo la creatividad y es un método fantástico para que un grupo de niños se relacione. Cantar canciones facilita que se asimilen conceptos nuevos y difíciles así como el aprendizaje de idiomas.

Los juguetes deben estar adaptados a cada etapa del desarrollo del niño, para fomentar así un crecimiento y desarrollo pleno, y sobre todo, sano tanto físico como psicológico. Deben estimular y ser compatibles con las inquietudes del niño así como ser una vía para canalizar el aprendizaje y la diversión.

A continuación se aporta una pequeña guía para escoger el juguete más adecuado para cada edad:

- Entre los **0 y 3 años** el juego debe centrarse en el desarrollo psicomotor, tanto grueso – andar, correr, saltar..., cualquier actividad física que implique desplazamiento del niño – como fino, que se centra en la manipulación de objetos por parte del niño.
- A los **tres años**, el niño es capaz de utilizar su capacidad de “simbolización”, esto es, es capaz de jugar con un objeto imaginando que es algo diferente a lo que muestra la realidad, como al utilizar un palo como una guitarra o como una espada.

Se debe tener en cuenta que, hasta los 3 años, los juegos no tienen una finalidad en sí mismos, sino que, como se ha expuesto anteriormente, son actividades que permiten al niño desarrollarse con el mundo que le rodea, por lo que pueden ser actividades repetitivas y monótonas, de las que no parezca cansarse.

- Entre los **3 y 6 años**, el niño juega, con otros niños, a ser adulto para intentar comprender los comportamientos que observan constantemente a su alrededor.
- De los **6 años en adelante**, el juego es aún más social que en etapas previas y comienza a verse nutrido por aspectos formales como **normas y reglas** que



se deben cumplir, y por aspectos morales ya que, es a partir de esta edad, y generalmente en un contexto deportivo, cuando **el niño comienza a entender el ganar o perder como éxito o fracaso**. Permite por tanto, aprender a gestionar las emociones derivadas de ello y a expresarlas correctamente.

Además, a medida que el niño crece, el juego se vuelve más sofisticado, ya no solo debe formar alianzas para llegar a un objetivo, sino que es capaz de interpretar papeles que no han sido vividos por el niño, sino que son fruto de su imaginación.

Debe, así mismo, reforzarse el crecimiento personal del niño ayudándole a cultivar un amor por la lectura y permitiéndole sumergirse en el mundo tan actual de la tecnología, capaz de ofrecer muy buenas herramientas para lograr un amplio desarrollo cognitivo-conceptual completo, pero siempre desde el control parental.

### **Importancia de los juegos didácticos en la adolescencia y en la enseñanza universitaria**

Desde épocas remotas “juego” ha sido sinónimo de alegría, diversión. Las personas han establecido una relación que permite sentir regocijo cuando la práctica de dicho vocablo se hace efectiva.

En la actualidad, son muchas las tesis que defienden el juego como un método de aprendizaje más allá de la etapa infantil. Se ha demostrado que se pueden aprender a través del juego conceptos a todos los niveles ya que se fomenta la atención y se estimula al alumno. La apatía es una de las causas más comunes de la falta de asistencia a clases magistrales, un problema que puede ser solventado a través del juego, que motiva y divierte. La lógica y la imaginación se ponen al servicio de la resolución de problemas desde un enfoque lúdico, lo que ayuda al alumno a mostrar una mayor constancia y perseverar hasta finalizar la tarea. Además, el juego ayuda al profesor ya que permite un aprendizaje más independiente por parte del alumno.

Para **elaborar un juego didáctico** deben seguirse seis **pasos**:

- Elección de la temática a desarrollar.
- Definición de los objetivos que deberán alcanzarse una vez finalizado el juego.
- Establecimiento de las normas y reglas del juego.
- Utilización de la mejor técnica para llevar a cabo el juego propuesto.
- Desarrollo del motivo central del juego.
- Ejecución del juego en cada grupo de trabajo.

### 2.1.3. Aplicación de los juegos didácticos

Los juegos tradicionales están orientados al desarrollo motor que favorece al desarrollo integral del niño. Sin embargo, hay muchas razones que justifican la necesidad de la integración de las TIC en el aprendizaje de los juegos tradicionales.

Un elemento clave que diferencia a los juegos didácticos de las TIC es que podemos crear de forma fácil juegos educativos basados por ejemplo en preguntas y respuestas sobre una asignatura, donde los niños necesitarán saber la respuesta para ganar el juego.

Un claro ejemplo de aplicación es la sección que se ha desarrollado de juegos didácticos dentro del Proyecto Newton.

El **Proyecto Newton** es un **proyecto educativo** perteneciente al INTEF, Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, del Ministerio de Educación.

Es una sección especializada en **recursos educativos digitales**, con más de cien juegos didácticos que pueden ser utilizados en el aprendizaje de alumnos de todos los niveles, para cualquier materia o área de conocimiento, dentro y fuera del aula. Están basados en juegos populares como “El Ahorcado”, “Tabú”, “Trivial”, “Tres en raya”... en concursos de televisión como “Pasapalabra”, “Saber y Ganar”, “Atrapa un millón”, “¿Quién quiere ser millonario?”, “La ruleta de la fortuna” y juegos de nueva creación como “Excalibur”, “El superviviente”, “La caja fuerte”...

Las imágenes Ilustración 2 “El Ahorcado”, Ilustración 3 “50x15”, Ilustración 4 “Ahora Caigo” e Ilustración 5 “El Superviviente”, son ejemplos de la interface de los juegos mencionados:



Ilustración 2 Juego didáctico, Ahorcado. Fuente: Proyecto Newton

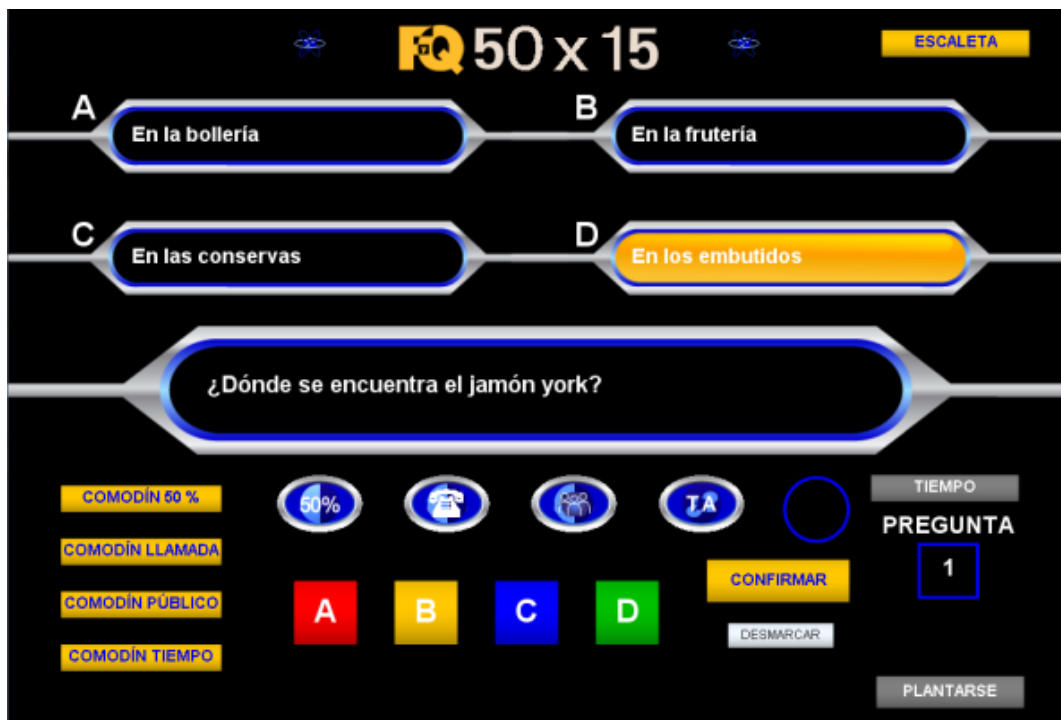


Ilustración 3 Juego didáctico, 50x15. Fuente: Proyecto Newton



Ilustración 4 Juego didáctico, Ahora caigo. Fuente: Proyecto Newton



Ilustración 5 Juego didáctico, El Superviviente. Fuente: Proyecto Newton



Ilustración 6 Juego didáctico, Pasapalabra. Fuente: Proyecto Newton

Es un **aprendizaje mediante dinámicas que motivan y enganchan a los alumnos**, de tal forma que el interés que despiertan hace que se aumente la concentración, la predisposición a asimilar conocimientos, la capacidad de retenerlos con un horizonte temporal superior que en el caso de conocimientos adquiridos mediante otras técnicas educativas tradicionales. Otra de sus ventajas es que aportan mayor flexibilidad y son fácilmente adaptables a los niveles y necesidades del alumnado, siendo sencilla su implementación en aula. La atención a la diversidad y el desarrollo de las competencias básicas son necesidades prioritarias de nuestro sistema educativo, que pueden ser abordadas de una forma directa a través de la utilización de juegos didácticos. La aplicación de estos juegos, por su propia naturaleza lúdico-educativa, ayuda a mejorar el clima de convivencia, el **trabajo colaborativo** y en general propicia un **buen ambiente** en nuestras aulas.

La utilización de juegos didácticos en el aula se ha mostrado como una buena herramienta docente, con claras repercusiones positivas cuando su planteamiento, enfoque y ejecución son adecuados. Es muy recomendable que los juegos presenten las siguientes características: que sean **versátiles, adaptables, configurables, dinámicos, atractivos, motivadores, participativos** y que los contenidos de los mismos se puedan guardar, clasificar y utilizar de forma sencilla. Los juegos del Proyecto Newton han sido diseñados para que tengan estas cualidades.



#### 2.1.4. Características de los juegos didácticos

Para la realización de este apartado se ha utilizado como material de referencia “El juego didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje” [P.Chacón, 2008]. En él se detalla que un juego didáctico es aquel para el que se diseñan determinadas características que permitan el aprendizaje de ciertas herramientas para el jugador. Esto es imprescindible, y se fundamenta principalmente en que el jugador se involucre en el juego.

Durante el diseño del juego se han de tener presentes ciertas cuestiones tanto para el diseñador del juego como para la persona responsable de llevarlo a cabo. Estas preguntas están estrechamente relacionadas con las herramientas y técnicas que se emplean en el Lean Manufacturing:

- ¿Por qué ese aprendizaje?
- ¿Para qué sirve ese aprendizaje?
- ¿Qué se va a enseñar durante el juego?
- ¿Qué recursos hay disponibles?
- ¿Cómo se desarrolla el aprendizaje?
- ¿Cuándo se va a desarrollar el aprendizaje?
- ¿Dónde se va a realizar el juego?

A continuación, se detallan las características fundamentales de los juegos didácticos:

1. **Propósito didáctico:** es el fin para el que se desarrolla el juego, es decir, la necesidad de transmitir unos conocimientos.
2. **Objetivo didáctico:** se tienen que definir claramente los límites. Esto significa definir claramente qué conocimiento o aptitud se va a transmitir a través de la herramienta.
3. **Reglas, condiciones y limitaciones:** se han de definir antes del comienzo del juego y todas las personas que participan en él tienen que tenerlas claras para el correcto desarrollo de la actividad. De esta forma el juego se desarrollará sin errores y se cumplirá el objetivo. Además, servirán como guía a seguir en el transcurso del mismo.
4. **Número de jugadores:** tiene que estar estipulado dentro de las reglas del juego. En el caso de que el número de jugadores sea variable y las reglas varíen por ello, éstas deberán estar estipuladas de antemano. El número de jugadores ha de ser lo suficientemente grande y, a su vez, lo suficientemente pequeño para que el juego se desarrolle con normalidad, buscando la consecución final del aprendizaje y de forma que los jugadores sigan el juego y no pierdan la atención sobre él. Esto es fundamental ya que



se ha de tener en cuenta que un número excesivo de jugadores puede traer consigo un alargamiento del tiempo, problemas de desarrollo del juego, así como pérdida de la capacidad de aprendizaje.

5. **Edad recomendada:** Es fundamental focalizar el público objetivo del juego. Una clasificación por parte de diversos autores puede ser: juegos para niños, jóvenes y adultos. Es importante tener en cuenta la edad de los jugadores, ya que se puede dar el caso de que el juego esté diseñado para un público más mayor que los niños y sean éstos los que jueguen (lo que conduciría a no lograr los objetivos establecidos porque la complejidad de juego sería una barrera para los niños), o por el contrario que el juego esté diseñado para un público mucho más joven del que finalmente juega, pudiendo llegar a perder el interés por el juego por aburrimiento o por considerar los jugadores que ya poseen los conocimientos que se intentan transmitir.
6. **Diversión:** es uno de los principales objetivos de cualquier juego, ya sea tradicional o didáctico, haciendo que sea más interesante para los jugadores atrayendo su atención. De no ser así, el aburrimiento probablemente provoque una pérdida de interés que llevarían a no conseguir todos o alguno de los objetivos fijados durante la fase de diseño del juego.
7. **Competición, tensión y trabajo en equipo:** favorecen la diversión y el interés en el juego, además de desarrollar otras aptitudes como la atención, la participación y el aprendizaje durante el juego.

### 2.1.5. Clasificación de los juegos didácticos

Existen diversas clasificaciones de los juegos didácticos, es decir, no hay una metodología correcta, si no que cada autor se ve influenciado por su propio pensamiento o por el propósito final del juego. También influye en la clasificación la época de la definición o la cultura que envuelve al propio juego. En este Trabajo Fin de Grado se detallarán las que se han considerado más importantes según el objeto de estudio.

Según Yvern (1998) los juegos pueden ser clasificados según su número de jugadores, **individuales o colectivos**; según la cultura, **tradicionales o adaptados**; de acuerdo a un director, **dirigidos o libres**; según la edad de juego pueden estar **dirigidos a público infantil, joven o adulto**; de acuerdo a la discriminación de las formas pueden ser **de engranaje o rompecabezas**; según su modo de juego, de **ordenamiento lógico, secuencial o de acción**; y según sus posibilidades de ganar pueden ser **de azar o de razonamiento lógico**. Dentro de esta clasificación se podría incluir cualquier tipo de juego, aunque su propósito no sea la didáctica.

Teniendo en cuenta el propósito de este trabajo y la dificultad de establecer en estos marcos el juego que se está diseñando, se añade otra clasificación más abierta. Según Ortiz Ocaña (2009) a partir de su experiencia docente clasifica los juegos didácticos como:

Juegos para el **desarrollo de habilidades**

Juegos para la **apropiación de conocimientos**

Juegos para el **fortalecimiento de los valores** (competencias ciudadanas)

El autor afirma que esta clasificación depende del objetivo pedagógico del juego y del contenido de la enseñanza, por lo que para el mismo juego, ninguna de las categorías excluye a las demás, es decir, un mismo juego puede por ejemplo consolidar conocimientos y al mismo tiempo fortalecer valores.

## 2.2. Gamificación

Debido a la temática del TFG, es necesario dedicar un apartado a la gamificación, también llamada ludificación, y a sus herramientas. Estas metodologías se están desarrollando notablemente en el mundo de los juegos de aprendizaje por su intención lúdica que facilita el aprendizaje de los objetivos fijados de forma más divertida, de forma que **el jugador disfrute de la experiencia de juego**.

Gamificación puede definirse como el proceso mediante el cual se introducen elementos que no son juegos en juegos, con el fin de que una actividad a priori no interesante, llame la atención de la persona para la que ha sido pensada. Según Llagostera [2012, "On Gamification and Persuasion"], el término de gamificación ha sido recientemente introducido en nuestra lengua proveniente del inglés, y se usa con frecuencia desde el año 2010.

La **gamificación** se emplea fundamentalmente en tres áreas: **empresa, salud y educación**. Nos centraremos en el área de educación en colaboración con el área de empresa, en el cual se están empleando técnicas de gamificación a todos los niveles educativos, desde infantil hasta enseñanzas superiores, así como a gente que esté fuera de los centros educativos pero que por formación de cualquier tipo sea necesario que realicen el juego. Respecto al área de empresa, los juegos se utilizan para promocionar los productos de la empresa, para **aumentar la productividad de sus empleados**, para **aumentar la motivación**, para **retener el talento**, así como para **formar a sus empleados**, como es el caso. Se estima que en 2015 al menos el 70% de las empresas a nivel mundial tenían al menos un proceso gamificado implantado. En conclusión, en cualquier ámbito en el que se aplique, la gamificación proporciona **metodologías de enseñanza que atraigan a los jugadores** para lograr los **objetivos de aprendizaje** deseados en aquellos casos en los que los métodos tradicionales han fracasado.



Basándonos en el artículo de Romero Zegarra [2016], las técnicas más utilizadas por las empresas pueden clasificarse según PBL por sus siglas en inglés:

- **Points** (Puntos): clasificación de los jugadores por las puntuaciones logradas, lo que permite a los jugadores obtener un feedback sobre la posición en la que se encuentran.
- **Badges** (Medallas): metas logradas por el jugador, suponen objetivos intermedios durante el juego.
- **Leadership Boards** (Clasificaciones): representan los avances de cada jugador, comparando las puntuaciones obtenidas con las de los demás participantes.

Como se ha mencionado anteriormente, gran parte de las empresas emplean **métodos de gamificación para sus trabajadores o para los clientes**. Un claro ejemplo es Microsoft, que utiliza la gamificación a través de tecnologías de la información con sus trabajadores, de forma que incluso tienen acceso a un ranking mundial en el que conocen en tiempo real su posición respecto a sus competidores, que son los propios trabajadores. Respecto al uso de estas herramientas con los clientes un ejemplo de fidelización son los programas de puntos con descuentos que utilizan las empresas de transportes o los descuentos por consumo en tarifa empleados por empresas telefónicas. Otro ejemplo de gamificación mediante el reconocimiento de puntos es en foros de opinión en Internet, como puede ser Google, que premia a la gente que opina sobre restaurantes, espectáculos, empresas en general, con puntos que hace que los comentarios se sitúen en orden decreciente de reputación de los internautas.

Más ejemplos accesibles a cualquier usuario son, por ejemplo, los juegos o aplicaciones insertadas dentro de redes sociales, que ofrecen ventajas a los usuarios que comparten sus avances en el juego o que invitan a otros jugadores a probar la herramienta. Otro ejemplo sería Dropbox, que ofrece más capacidad de almacenamiento a sus usuarios si invitan a otros a unirse a la plataforma virtual.

Otro fin de la gamificación en las empresas es el **marketing que busca aumentar incitar el consumo**. Un caso claro es la colaboración de la empresa de vuelos low-cost Ryanair en colaboración con la Fundación Pequeño Deseo. La compañía aérea ofrece a sus pasajeros durante sus trayectos la posibilidad de comprar un “Rasca y Gana” benéfico por un módico precio en el cual pueden ganar premios de hasta un millón de euros, lo que puede suponer una razón de más para el consumidor para elegir esta compañía frente a otras similares, ya sea por la posibilidad de ganar algún premio, así como por la labor social que realiza esta empresa.

Todos estos ejemplos demuestran que la gamificación se puede llevar más allá del fin didáctico y de los juegos, ya que en los ejemplos anteriores el fin último no es el aprendizaje de conocimientos, sino una relación con el cliente o con el empleado en la mayoría de los casos. Como **conclusión** se podría decir que **no toda la**

**gamificación se da en juegos, pero sí todos los juegos se apoyan en la gamificación**, puesto que la propia definición de juego es la de llegar a un fin a través de métodos divertidos y buscando la atención absoluta del jugador en su desarrollo.

### 2.2.1. Gamificación educativa

Del mismo modo que la gamificación se basa en aplicar las dinámicas y principios de los juegos a diversas actividades de la vida cotidiana, la **gamificación educativa trata de aplicar esos principios a la educación**.

La idea general es que los juegos enganchan, son divertidos, entretienen y los adolescentes pasan horas y horas jugando sin cansarse. Por eso quizás se deberían utilizar sus dinámicas para aplicarlas a la educación y ver si así se consigue que sea más divertida, entretenida y, de paso, “enganchar” al alumnado.

Hay varias líneas de trabajo que persiguen “**gamificar**” la educación y las tres principales son:

1. **Utilización del juego de forma controlada.** Es el profesorado el que selecciona el juego, y no solo el juego, sino también el momento del juego. Se busca que el alumno sea capaz de adquirir habilidades concretas, según cada tipo de juego, de forma lúdica, como mejorar la estrategia, el razonamiento lógico o la visión espacial. Además, el juego debe poder poner de manifiesto la importancia del trabajo en equipo al establecer un marco para el desarrollo de relaciones sociales entre el alumnado, bien a través de plataformas de juegos *online* o a través de redes sociales. El profesorado debe ser capaz de evaluar los resultados obtenidos por los alumnos y utilizarlos para mejorar el desarrollo formativo de los mismos.
2. **Utilización de la interfaz y características propias del juego para estimular al alumnado.** Se busca, mediante el uso de todos los elementos que ofrece el juego (como medallas, marcadores, etcétera) que sea el alumnado quien desee continuar jugando, y con ello, aprendiendo.
3. **Re-diseño de una parte o del total de la asignatura para convertirla en un juego.** El profesorado debe valerse de las características de juegos, antes mencionadas, para desarrollar todo el contenido de la materia que se desea que el alumno sea capaz de asimilar a través del juego. Es un proceso complejo ya que requiere un trabajo complejo en el que el juego no sea un hecho puntual, sino el núcleo central del aprendizaje.

Actualmente se están diseñando plataformas que ayudan al profesorado a “gamificar” su asignatura.

Aunque el término gamificación se ha “acuñado” recientemente, las técnicas que engloba se llevan a cabo desde hace varias generaciones.

El modelo del juego realmente funciona y consigue motivar a los alumnos, por lo que se utilizan una serie de técnicas mecánicas y dinámicas extrapoladas de los juegos.

La **técnica mecánica** es la forma de recompensar al usuario en función de los objetivos alcanzados. Algunas de las técnicas mecánicas más utilizadas son las mostradas en la Ilustración 7:



Ilustración 7 Técnicas mecánicas. Fuente: V. Gaitán “Gamificación: el aprendizaje divertido”

Las **técnicas dinámicas** hacen referencia a la motivación del propio usuario para jugar y seguir adelante en la consecución de sus objetivos. Algunas de las técnicas dinámicas más utilizadas son las mostradas en la Ilustración 8:





*Ilustración 8 Técnicas dinámicas. Fuente: V. Gaitán "Gamificación: el aprendizaje divertido"*

Como muestra la imagen, las razones fundamentales por las que la ludificación funciona tan bien es porque el alumno participa activamente debido a que al ser asumido como un juego del que se obtiene una recompensa (ya sea real o ficticia) el proceso de aprendizaje no se percibe como una obligación o algo aburrido sino como algo de lo que se puede sacar una recompensa o beneficio.

A continuación se describe un caso real de una asignatura optativa del Grado en IOI, en la que el profesor propone como actividad un juego en la plataforma de la asignatura, en la que a través de un foro se van contestando a preguntas avanzadas sobre el temario y haciendo rondas de jugadas, de tal forma que cada respuesta en el foro correcta va dando puntos así como cada participación en las rondas, ascendiendo en la categoría que tiene el alumno en el foro y que los participantes que más respuestas correctas hayan escrito optan a un punto adicional en el examen final de la asignatura.

Podemos hacer un análisis y una serie de preguntas sobre ello: ¿Por qué participa el alumno en el foro? ¿Será por el punto adicional? ¿Es por la competición que se establece con sus compañeros de clase? ¿Por satisfacción personal?

Es posible que cada alumno participe motivado por una o varias causas, o incluso todas las planteadas. La conclusión que puede obtenerse es que aunque los motivos de participación sean distintos, el profesor con dicha actividad consigue mucha **más implicación y participación**, así como **enganchar a los alumnos**, hacer que permanezcan cercanos a la plataforma de la asignatura y de ese modo



conseguirá también que adquieran mayores conocimientos y de una forma más práctica y constante que mediante métodos tradicionales.

### 2.3. Learning by doing

A través de la historia, personajes trascendentales como Aristóteles, Platón o Einstein han sido practicantes de la experiencia como método de conocimiento y aprendizaje.

Para que el proceso de aprendizaje a través del juego sea el adecuado, éste debe empezar en la teoría y continuar con la práctica, a través de cuatro etapas:

- Aprendizaje basado en teoría
- Aprendizaje basado en práctica
- Enseñanza basada en teoría
- Enseñanza basada en práctica

Que la capacidad para enseñar de forma práctica implica el grado de mayor dominio del aprendizaje es un concepto instaurado desde la Edad Media donde sólo se consideraba **maestro** a aquella persona **capaz de formar a otros a través de la práctica de la actividad** del gremio al que perteneciera.

El concepto “**learning by doing**” tuvo su origen en John Dewey (1859-1952), filósofo, pedagogo y psicólogo estadounidense, desarrollado para **resolver los problemas en la educación de su época**.

En la actualidad, **Roger Schank** o **Ken Robinson** son firmes defensores de la metodología “**Learning by doing**”, que se traduce al castellano como “**aprender haciendo**” o “**aprender mediante la práctica**”.

El tecnólogo Roger Schank proclama que, para que alguien aprenda, esta persona debe hacer algo útil, debe emplear su tiempo en desarrollar una tarea concentra con un fin definido, degradando así el papel de la Universidad en la enseñanza: “**El aprendizaje ocurre cuando alguien quiere aprender, no cuando alguien quiere enseñar**”.

Su visión sobre la enseñanza la fue desarrollando en su etapa profesional como programador de inteligencia artificial, lo que explica su defensa del uso de la tecnología y los ordenadores como un pilar central del aprendizaje. Sin embargo, al ser preguntado sobre los nuevos enfoques como *mobile learning* o *social learning*, reconoce que no son más que meras modas pasajeras, condenadas al fracaso que no poseen el potencial necesario para transformar el modo de educar.

Siguiendo su **filosofía del aprendizaje a través de las tareas útiles**, es fácilmente comprensible que muestre la enseñanza en centros educativos como un artificio alejado del aprendizaje natural, basado en el fallo y el error: no se aprende a



montar en bici leyendo en un libro cómo hacerlo, sino saliendo a la calle y en efecto, haciéndolo.

Para que este “aprendizaje natural” pueda tener lugar, deben darse una serie de condiciones:

- Debe ocurrir fuera del recinto escolar.
- Está motivado por el propio alumno, al ser él mismo quien determina las metas y objetivos que desea cumplir.
- Debe basarse en las inquietudes propias del alumno, no en unas impuestas
- Debe basarse en el error; que todo salga bien a la primera impide que se pueda mejorar y facilita la pérdida de interés por parte del alumno.
- Debe ser divertido.

Como puede desprenderse de las características que debe cumplir el aprendizaje natural, el **aprendizaje en el centro educativo** incurre en una serie de **defectos**:

- El aprendizaje es impuesto, no es elegido por el alumno.
- Las metas y objetivos son así mismo impuestas por el centro.
- La enseñanza no se basa en los intereses e inquietudes del alumno al ser un acto generalista.
- El error es castigado y el alumno se avergüenza de haberlo cometido, intentando ocultarlo.
- No es divertido.

El aprendizaje es un proceso que nace del alumno, de sus intereses, y que busca sus propios objetivos. Debe nacer del deseo de satisfacer una curiosidad, debe ser divertido y no impuesto y el alumno debe poder fallar, cometer errores y mejorar.

El proceso de aprendizaje, tiene lugar, por tanto, de forma natural y es un proceso voluntario, no impuesto por terceros. Los profesores deben ejercer de guías, ayudando al alumno a superar obstáculos y problemas por sí solo.

Schank propone desterrar la imagen del profesor como guardián único del conocimiento verdadero.

La tecnología y la red deben conseguir acercarnos a un aprendizaje que no se podría aprender de otra manera. Los simuladores son ejemplos de herramientas que pueden ayudar al alumno en su aprendizaje, así como el acceso a expertos sobre cada tema para la resolución de dudas. Esta es la grandeza de Internet para la educación.

### 2.3.1. La curva del olvido

Hermann Ebbinghaus (1850-1909), gracias a sus estudios sobre la medición de la memoria, dio lugar a la **curva del olvido**, cuya representación gráfica aparece en la Ilustración 9, que nos muestra cómo desciende vertiginosamente nuestra capacidad de retener lo memorizado durante las primeras 48 horas.



Ilustración 9 Curva del olvido. Ebbinghaus.

Como alumnos, nos preguntamos en ocasiones cómo es posible que hayamos estudiado algo para un examen que tenemos al día siguiente, que para examinarnos nos acordemos de ello, pero pasado ese momento, si no volvemos a repasarlo, con casi total seguridad no lo recordaremos con el paso del tiempo. La evolución de la curva del olvido con la representación de los **Repasos** que se muestra en la Ilustración 10, nos da la respuesta:



Ilustración 10 Curva del olvido. Repasos. Ebbinghaus

Esto ocurre porque el aprendizaje no se ha reforzado (repasos posteriores) y no ha se ha integrado en la memoria a largo plazo, no habiéndose alcanzado por tanto, un **aprendizaje significativo**.

Ebbinghaus demostró en uno de sus experimentos que **se olvidaba el 75% de lo aprendido al cabo de tan solo 48 horas**. Esa conclusión fue apoyada por otros autores como Bloom en el año 1981.

Estas investigaciones y otras posteriores han resultado de gran ayuda a la hora de comprender y orientar la metodología que se ha de utilizar para que los aprendizajes perduren en el tiempo. **Para memorizar a largo plazo es necesario hacer repasos periódicos al principio**, pudiendo distanciarse a modo de control en el tiempo de la curva del olvido. Para favorecer el aprendizaje duradero y significativo hay que desarrollar y llevar a cabo técnicas de estudio eficaces, y si es posible, adaptarlas al estilo de aprendizaje de cada niño.

La **memoria** y el **aprendizaje** están estrechamente relacionados. Son procesos cerebrales que dependen el uno del otro, ya que para que se produzca el aprendizaje ha de intervenir la memoria y viceversa.

Podemos entender el concepto de memoria como una función neurocognitiva que se encarga de codificar, almacenar y recuperar información. En muchos casos, damos por hecho que nuestra memoria depende de la genética que nos haya tocado y nos olvidamos de que, con un buen entrenamiento y unas técnicas de estudio adecuadas, se pueden conseguir unos resultados excelentes.

Por ejemplo, si la memorización la realizamos haciendo partícipes a varios de los sentidos (la vista, el tacto, el oído...), conseguiremos tener una experiencia multisensorial que facilitará su recuerdo. Si, además, relacionamos los nuevos conceptos a aprender con los ya adquiridos los estaremos dotando de mayor significado, lo que facilitará su recuperación y, por tanto, su perdurabilidad.

A continuación se enumeran una serie de **técnicas de estudio** que pueden ser de utilidad para memorizar y enfrentarnos a la curva del olvido:

- Arte del subrayado
- Reglas nemotécnicas
- Mapas mentales
- Mapas conceptuales
- Diagramas de flujo
- Ishikawa, Espina de pescado o Diagramas de causa-efecto
- 5W+1H

### 2.3.2. El cono del aprendizaje

Analizando la pirámide de la Ilustración 11, observamos que a medida que se incrementan el número de sentidos que utiliza el ser humano, es decir, a medida que descendemos de la cúspide a la base de la pirámide, el alumno pasa de pasivo a activo, aumenta su implicación en el proceso de aprendizaje y por tanto en el conocimiento asimilado.

## El cono del aprendizaje de Edgar Dale



*Ilustración 11 Pirámide del aprendizaje. Edgar Dale*

En la Ilustración 11 se muestra también que **sólo se recuerda el 10% de lo que se lee**, lo que coloca a lectura a la cabeza de la pirámide de las actividades menos eficaces para el aprendizaje. **Oír**, se coloca con **el 20%**, ligeramente por delante de **ver**, que queda con **el 30%**. Si combinamos ambos sentidos como ocurre en un video o demostración, lo recordado sería del 50%. Sin embargo, queda lejos del 70% que se recuerda participando en un debate, y **del 90% de simular o ejecutar lo que se desea aprender**.

Podemos concluir que en la base de la pirámide se encuentran las actividades con las que más se aprende y que ayudan a fijar el conocimiento de manera significativa. En ellas el **alumno participa de manera activa, involucrándose de tal forma que el resultado del aprendizaje es satisfactorio**. Si además tiene que enseñar la materia a otro alumno, además de lo dicho necesitará entenderlo perfectamente y ser capaz de encontrar ejemplos prácticos para transmitirlo y lograr la involucración del nuevo alumno.

### El modelo “70-20-10”

Para que un proceso de aprendizaje sea exitoso, la organización debe implementar un modelo que se apoye en la Pirámide de aprendizaje de Dale, basada en:

- 70% experiencia y práctica en el puesto de trabajo
- 20% conversaciones y feedback con otras personas
- 10% programas y cursos estructurados

### E-learning experiencial y colaborativo

Este modelo, conocido como “70-20-10” se ha convertido en recurso que sitúa al alumno en el centro del aprendizaje y permite a la empresa seleccionar a aquellas personas que desean ser los impulsores de su propio desarrollo. Este modelo permite al alumno adoptar un **rol proactivo** en su propia enseñanza y basar la adquisición de nuevas destrezas en el crecimiento personal y la colaboración en el seno de la empresa. Al implementar dicho método, la organización busca garantizar la empleabilidad del alumno así como la competitividad de la empresa.

Empresas y empleados han de apostar por **modelos de gestión que se apoyen en la gestión y transferencia del conocimiento**, modelos que conecten el desarrollo del puesto de trabajo con el intercambio de experiencias y conocimientos con otros profesionales de la misma y otras organizaciones.



## 3. Lean Manufacturing

La metodología **Lean Manufacturing** es una filosofía de trabajo, basada en las **personas**, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en **identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”**, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica los desperdicios que se observan en la producción, que vienen caracterizados por tres palabras japonesas: **Mura, Muri y Muda**.

Si bien, las técnicas Lean Manufacturing surgieron en los procesos de fabricación, podemos hacer uso de su acepción más amplia para empresas tanto de procesos como de servicios, Lean Enterprise, o bien usar el término Lean, abarcando de esta forma a todos los sectores y modalidades.

Lo que se persigue en cualquier modo es analizar lo que no agrega valor al cliente y tender a eliminarlo.

Para alcanzar sus objetivos, lleva a cabo una aplicación sistemática de un conjunto de técnicas que abarcan la totalidad de las áreas operativas de producción: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro.

Su objetivo final es desarrollar la **cultura de la mejora continua (Kaizen** en japonés) basada en la comunicación y trabajo en equipo.

El pensamiento Lean evoluciona permanentemente como consecuencia del aprendizaje, que se va adquiriendo sobre la implementación y adaptación de las diferentes técnicas a los distintos entornos industriales y de servicios.

*“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”.*

[J.C Hernández Matías y A. Vizán Idoipe [2013] “Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación”]

### 3.1. Definición Lean Manufacturing y Sistemas de Producción

Para definir el concepto Lean Manufacturing en primer lugar nos ceñimos a su traducción literaria, como muestra la Ilustración 12:



Ilustración 12 Definición Lean Manufacturing. Fuente: Escuela de Negocios. Javier Rodríguez

Existen numerosas traducciones y terminologías referidas a la palabra Lean en función de los autores, empresas y sectores que lo refieran.

Podemos traducir *Lean* como delgado, flaco, magro, sin grasa, ágil, esbelto... Se ilustra el concepto claramente con la imagen del guepardo.

La traducción de *Manufacturing* es fabricación, es decir, el proceso de fabricación de un producto que se realiza con las manos o con máquinas.

Uniendo ambos conceptos, podemos traducir Lean Manufacturing como producción ajustada, delgada, ágil, esbelta o incluso sin grasa.

A continuación cito dos **definiciones** muy claras de Lean Manufacturing:

- Maximizar el valor para nuestros clientes mientras minimizamos los desperdicios. Crear más valor para nuestros clientes con menos recursos (“hacer más con menos”)- **Lean Academy**
- Iniciativa sistemática, cuyo objeto es la identificación y eliminación del desperdicio, mediante la mejora continua, haciendo fluir el producto cuando el cliente lo necesita (Pull), bajo la convicción de que todo, siempre, es mejorable y aplicable tanto a fabricación como a servicios- **National Institute of Standardization and Technology**



Análogamente, definimos **Sistema de Producción** en la Ilustración 13:



*Ilustración 13 Definición Sistema de Producción. Fuente: Escuela de Negocios. J. Rodríguez*

Por tanto, podemos definirlo como el conjunto de prácticas, normas, herramientas y métodos que forman la cultura industrial de la empresa. Estas prácticas, normas, herramientas y métodos, interrelacionados entre sí, permiten al conjunto de los actores hacer un buen uso de los recursos, las máquinas y materiales con el fin de producir de manera ajustada.

### 3.2. Historia

El Lean Manufacturing surge a partir de las acciones que adoptaron las empresas japonesas con el objetivo de aplicar mejoras en sus plantas productivas. Consiguieron mejorar los resultados tanto en los puestos de trabajo como en las líneas de fabricación, aunque no fueron los primeros en intentar optimizar la producción y la rentabilidad de las empresas.

Las primeras técnicas para la optimización de la producción surgieron a principios de siglo XX con los avances realizados por F.W. Taylor y Henry Ford.

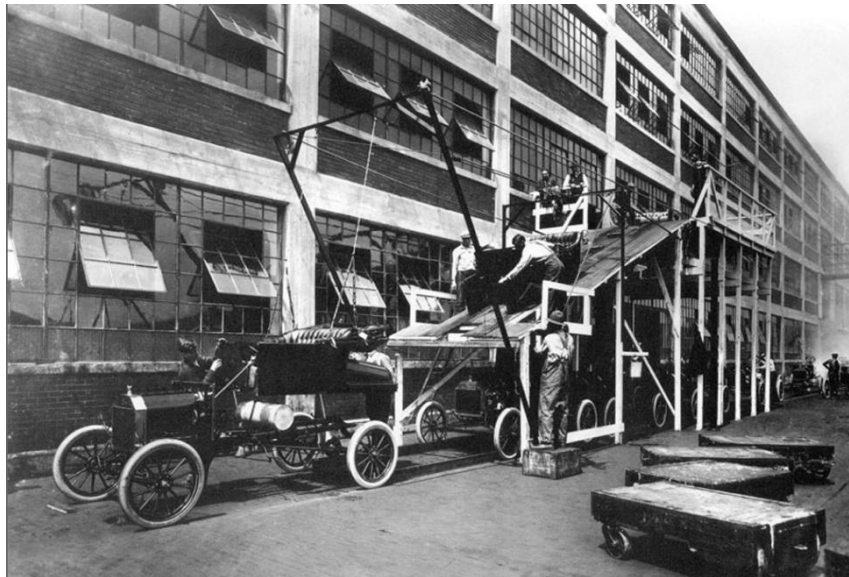
Se desarrollan por primera vez principios de gestión con base científica, a partir del libro **Scientific Management** de **F.W. Taylor** (1911)

Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción aplicando el método científico del trabajo, es decir, aplicando el método científico a procesos, personas, movimientos, equipos y tiempos.

Con estos principios se desarrolla la gestión basada en la producción en masa.

**Henry Ford** en 1903 fundó su compañía **Ford Motor Company** que alcanzó el éxito debido a la fabricación de coches sencillos y económicos dirigidos a la creciente

clase media americana. Proclamó: «*Voy a construir un coche para el pueblo, el automóvil universal*». La fuerte demanda de dicho modelo, el **Ford T** en 1908 introdujo el concepto de cadena de producción, desarrollando el montaje en cadena desde 1913, logrando un fuerte aumento de la productividad. La Ilustración 14 muestra la producción en cadena del modelo Ford T:



*Ilustración 14 Producción en cadena del "Ford Modelo T". Fuente: Wikipedia*

Ello supuso un avance espectacular respecto a la fabricación artesanal de la época, muy costosa e inasequible para la mayoría de la gente.

Con este modelo de management y su alta productividad, ensamblaron 15 millones de unidades Ford T hasta 1926. Es una cifra escandalosa para la época.

Ford se dio cuenta que la producción en cadena debería extenderse a todos los procesos pero no lo llevó a la práctica más allá del montaje.

Estas técnicas, Taylorismo y Fordismo, basadas principalmente en la simplificación y secuenciación de tareas, en la sincronización de procesos y en la especialización del trabajo perseguían una nueva forma de organización que dieron lugar a una producción rígida en masa de grandes volúmenes de producto, que poco a poco se fue desarrollando en el resto del mundo.

La ruptura con estas técnicas se produce en Japón, en donde se encuentra el primer germen con el pensamiento Lean.

En 1902, Sakichi Toyoda, el que más tarde fuera fundador con su hijo Kiichiro de la compañía **Toyota Motor Company**, inventó un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía el hilo y advertía al operario con una señal visual (Jidoka). Es decir, desarrolló un sistema automatizado con un toque humano que permitió

separar al hombre la máquina. Con esta simple y efectiva medida un único operario podía controlar varias máquinas, lo que supuso una tremenda mejora de la productividad. Por sus contribuciones al desarrollo industrial del Japón, Sakiichi Toyoda es conocido como el “Rey de los inventores Japoneses”.

En los años 30 venden la fábrica de telares e invierten en la industria automotriz, creando la compañía Toyota.

Toyota, igual que el resto de las empresas japonesas, se enfrentó, después de la segunda guerra mundial, al reto de reconstruir una industria competitiva en un escenario de post-guerra, con una precaria posición en la economía mundial, sin materias primas. Se dan cuenta de que sólo pueden contar con ellos mismos para desarrollarse.

Toyota es estrangulada por los bancos, que solo le darán créditos para los vehículos vendidos, esto lleva a la producción bajo demanda y a la reducción de stocks, que da origen de la producción bajo pedido.

El reto para los japoneses era alcanzar las altas productividades de los fabricantes de los EEUU sin los enormes recursos financieros que ellos disponían.

Comenzaron a estudiar los métodos de producción de Estados Unidos, con especial atención a las prácticas productivas de Ford, a el control estadístico de procesos desarrollado por W. Shewart, a las técnicas de calidad de Edwards Deming y Joseph Moses Juran, junto con las desarrolladas en el propio Japón por Kaoru Ishikawa.

Directivos de Toyota y dos jóvenes ingenieros de la empresa, **Eiji Toyoda** (sobrino de Kiichiro) y **Taiicho Ohno**, al que se le considera el **padre del Lean Manufacturing**, visitaron las plantas automovilísticas americanas.

Toyota no basó su actividad productiva en el sistema americano, que no era aplicable a Japón, sino que corrigió sus enormes improductividades.

Se dieron cuenta de que había que producir modelos variados a bajo coste, no grandes volúmenes y poca variedad como se hacía en América. Para ello crearon metodologías y técnicas para eliminar desperdicios entre operaciones y despilfarros en los procesos. El resultado fue el método **Just-in-Time (JIT)**.

Fue Taiichi Ohno, apoyado por Eiji Toyoda, quien aumentó la productividad de los trabajadores, añadiendo valor al sistema JIT, y estableció el **Toyota Production System (TPS)**. El modelo se basaba en producir solo lo que se demanda y cuando el cliente lo solicita, esto se complementó con la reducción de los tiempos de cambio de herramientas, a través del sistema SMED y con diferentes técnicas que enriquecieron el sistema Toyota.



Ilustración 15 Taiichi Ohno, Ingeniero industrial japonés. Creador del sistema TPS/JIT

Tras la crisis del petróleo de 1973 Toyota destacó por su sistema JIT/TPS mientras que muchas empresas japonesas tenían pérdidas. Entonces, con la ayuda del gobierno japonés el TPS se generaliza en la industria japonesa, que empezó a desarrollar su ventaja competitiva.

En 1975 surgieron las primeras traducciones del TPS al inglés y a finales de los 70 se realizaban seminarios y conferencias para difundir los métodos Toyota.

En los años 80 científicos del MIT estudiaron la evolución de las compañías japonesas y transmitieron sus conceptos y metodologías al mundo occidental, naciendo aquí el término Lean Manufacturing.

A principios de los 90 el modelo japonés se difundió en occidente de la mano de una publicación de Womack, Jones y Roos, **“La máquina que cambió el mundo”**. Explicaba las características de un nuevo sistema de producción que combinaba eficiencia, flexibilidad y calidad y se utilizaba por primera vez el concepto de Lean Manufacturing.



Ilustración 16 Autores de “La máquina que cambió el mundo”

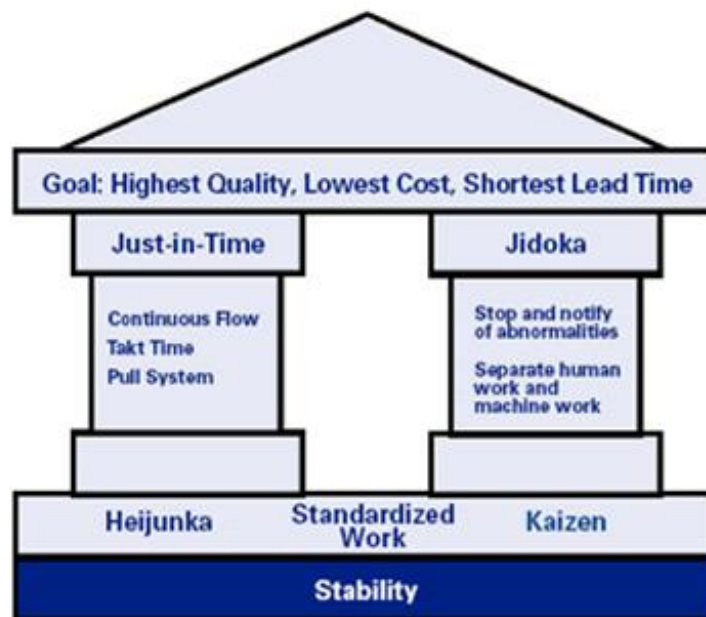
En la actualidad, el Lean Manufacturing System de Toyota se aplica en su totalidad o de manera fraccionada a todo tipo de empresas. La Metodología Lean, como ya hemos dicho, inicialmente surgida en procesos de fabricación del mundo industrial, ha ido evolucionando a nuevas aplicaciones específicas como el Lean Health, el Lean Construction y el Lean Office. El objetivo en todos casos es la actuación conjunta de directivos, mandos intermedios y operarios, instaurando unos principios de calidad para optimizar el trabajo, mejorar los resultados y aplicar de forma permanente la Mejora Continua en todas las áreas empresariales.

### 3.3. Estructura del Sistema Lean

Hasta ahora hemos definido y descrito la filosofía y el concepto Lean Manufacturing, además de hacer un recorrido por su historia desde sus orígenes hasta la actualidad.

Pero, ¿cómo adaptar esa filosofía y metodología de trabajo a las necesidades de cada organización? ¿Cómo implantar un sistema Lean? ¿En qué basarnos o apoyarnos?

Consideramos que para dar respuesta a estas preguntas así como se ha hecho de forma tradicional, podemos recurrir al esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota”. Nos permite visualizar rápidamente la filosofía que encierra el Lean y las técnicas que engloba. Se explica fácilmente usando la figura de una casa porque constituye un sistema estructural fuerte siempre que construyas los cimientos y pilares de manera robusta. En caso contrario, con cualquiera de ellos en mal estado, no llegamos a construir el tejado y la casa se cae, es decir, haciendo el símil con la implantación del Sistema Lean, se debilitaría todo el sistema.



Toyota Production System "House."

*Ilustración 17 Toyota Production System House. Fuente: Lean Enterprise Institute*

Como vemos en la ilustración 17, los objetivos o metas se encuentran en el tejado. Es decir, el fin último de las organizaciones es trabajar para conseguir un producto con la máxima calidad, al mínimo coste y en el menor tiempo posible. Para ello, vamos a construir la casa desde los cimientos y posteriormente levantaremos los pilares.



Vemos en la ilustración 17 que los cimientos son Estabilidad, Heijunka, Estandarización y Kaizen. Los pilares que soportan nuestros objetivos del tejado son **Just in Time** y **Jidoka**. Aunque es más conocido el JIT, sin el Jidoka, y por tanto sin los dos pilares, la casa se cae.

Empezando a explicar la casa por donde se debe, es decir, por los cimientos, encontramos en la base de todo la **Estabilidad**. Lo primero es conseguir estabilidad en nuestros procesos, en nuestros clientes y trabajadores. No hacer continuos cambios porque entonces no podríamos utilizar los siguientes cimientos.

A continuación encontramos **Heijunka**, que es el estabilizado o nivelado en la producción. En la medida de lo posible debemos fabricar de todo, todos los días, o al menos todas las semanas, para poder tener cierto orden y control. A partir de este punto podemos pasar al siguiente cimiento: **Estandarizar el trabajo**. Estandarizar el trabajo no es la mejor manera de hacer el trabajo, sino una de ellas, el punto de partida a partir del cual empezamos a mejorar. ¿Cómo? Con el **Kaizen**, que es la implicación del personal en la **Mejora Continua**. El Kaizen se compone de buzones de sugerencia, del círculo de la calidad, equipos de mejora... lo que podamos adaptar a la fase de implantación en la organización.

Una vez fijados dichos cimientos, podemos empezar a construir los pilares, en los que se concentran la mayoría de las herramientas más conocidas del Lean:

- **JIT:** consiste en fabricar la pieza correcta, en la cantidad justa y en el momento requerido. Es decir, trabajaremos en flujo continuo, sistemas PULL (flujo tirado), con el Takt time (cadencia marcada por el cliente). Para ello haremos uso de una serie de herramientas: SMED, Kanban, VSM...
- **JIDOKA:**
  - Parar y notificar anomalías, es decir, no dejar pasar ningún proceso defectuoso pase al proceso siguiente, ni tampoco que una máquina produzca algo defectuoso.
  - Separar el trabajo de la persona del trabajo de la máquina.

Herramientas: poka-yoke, andon, autocontrol, máquinas con parada automática,...

En este punto, es necesario aclarar que las herramientas son el medio para levantar dichos pilares y que no hay herramientas propias de uno de los dos pilares, porque si bien el SMED, parece una herramienta clara del JIT, la fabricación celular es propia del JIT porque nos permite trabajar a Takt time adaptando nuestros recursos al ritmo pero también es una herramienta íntimamente ligada al Jidoka.

También señalar que se profundizará en todas las herramientas mencionadas más adelante en este TFG (Véase capítulo 3.5 Técnicas Lean).

Como conclusión, nos ayudamos de la representación gráfica de la casa de TPS para entender globalmente el concepto del TPS y por tanto del Lean Manufacturing.



Si no entendemos bien el concepto global iremos implantando herramientas sin saber a dónde vamos y nos quedaremos a mitad de camino, o en el peor de los casos, gastaremos recursos y no llegaremos a ningún sitio.

Del mismo modo, la casa nos permite darnos cuenta de que hay que trabajar desde la base, nos muestra la importancia de fijar bien los cimientos antes de levantar los pilares para finalmente conseguir los objetivos. Como hemos dicho, tiene que haber un trabajo estandarizado, una implicación total del personal, una estabilidad de la producción... sin todo eso no hay TPS, no hay Lean Manufacturing.

### 3.4. Principios Fundamentales del Sistema Lean

De una manera u otra, todos los principios fundamentales de los sistemas de producción convergen alrededor de cinco conceptos, que se muestran en la Ilustración 18:



Ilustración 18. Conceptos Lean. Fuente: Escuela de Negocios, Javier Rodríguez

#### 3.4.1. Identificar el valor

**Muda** es la palabra japonesa que significa **despilfarro** y su antídoto el pensamiento Lean. Éste proporciona un método para especificar valor, alinear las acciones que crean valor en una secuencia óptima, llevar a cabo esas acciones de manera



ininterrumpida siempre que exista demanda y realizarlas de forma cada vez más eficaz.

Por tanto, el valor es el **punto de partida** del pensamiento lean y sólo puede definirlo el consumidor final. Podemos decir que el **valor** es aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar, pero al mismo tiempo el valor lo crea el productor.

Las organizaciones deberían replantear el concepto de valor desde la perspectiva del cliente.

Por tanto, el pensamiento Lean debe iniciarse con un intento consciente de definir el valor de forma precisa en términos de productos específicos con capacidades específicas ofrecidos a precios específicos a través de un diálogo con consumidores específicos. Los técnicos expertos de las organizaciones deben analizar desde dónde se puede crear valor. Esto no se replantea ni se implementa de forma instantánea en las empresas, pero es fundamental formarse una idea clara de lo que se necesita, porque en caso contrario la definición de valor estará sesgada.

En resumen, la especificación de valor de forma precisa es el primer paso fundamental del **lean thinking**. [James P. Womack y Daniel T. Jones [2003]. “Lean Thinking”]

### 3.4.2. Valor vs Despilfarro

El **flujo de valor** es el conjunto de todas las acciones requeridas para pasar un producto (bien o servicio) por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa:

- **Tarea de solución de problemas:** desde la concepción, diseño e ingeniería hasta su lanzamiento a producción.
- **Tarea de gestión de la información:** desde la recepción del pedido a la entrega.
- **Tarea de transformación física:** procesos desde la materia prima hasta el producto terminado.

La identificación de la totalidad del flujo de valor de cada producto o familia es el siguiente paso en el pensamiento Lean.

El cambio radical cultural que propugna el Lean consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de **“valor añadido”** y **“despilfarro”**. Debemos preguntarnos constantemente cuáles son nuestros procesos, y si dichos procesos o actividades añaden valor o por el contrario son despilfarros.

En la Ilustración 19 vemos cómo alcanzar la satisfacción del cliente detectando los despilfarros con orientación al flujo de valor:





*Ilustración 19 Satisfacción del cliente detectando despilfarros. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios.*

Ya hemos definido valor en el primer punto de este apartado, por lo que en contraposición al concepto de valor añadido aparece la palabra desperdicio o despilfarro, (**Muda** en japonés, **waste** en inglés). Se define como todo aquello que consume recursos y no aporta valor para el cliente.

Cabe destacar que pueden existir actividades que no añaden valor al producto/servicio pero que son imprescindibles para el proceso productivo, es decir, podemos confundir el concepto de que no aporten valor con la posibilidad de suprimirlas, y en ocasiones dicha actividad puede resultar totalmente necesaria.

Una vez entendido el concepto de despilfarro, pasamos a clasificarlos atendiendo a los **7 despilfarros** que originariamente identificó **Taiichi Ohno**, más uno, el **talento humano**. Este último fue añadido en **Lean Thinking** por los autores y propulsores del Lean en Occidente, ya mencionados en este TFG, James P. Womack y Daniel T. Jones.

En la ilustración 20 se muestran los 7+1 Despilfarros, que a continuación se describen:



Ilustración 20 Los 7+1 Despilfarros.

1. **Inventario:** El inventario puede ser en forma de materia prima, productos terminados o piezas compradas para el trabajo en curso. Encontramos este despilfarro cuando tenemos materiales almacenados en cualquier etapa de un proceso no siendo necesarios para la realización de dicho proceso. Es el desperdicio más claro del sistema Lean, no sólo por la inversión en dinero y en espacio que supone, sino también porque haciendo referencia a la metáfora del río de las existencias, si aumentamos el nivel del río que son los inventarios, ocultamos los problemas (defectos, averías, errores de planificación...)

Las empresas suelen caer en acumular inventarios para estar prevenidos y mantener un elevado índice de disponibilidad.

Ejemplos de inventario: tener un almacén con repuestos para la maquinaria, almacén de materias primas para aprovechar economías de escala con nuestros proveedores, almacén de producto terminado por las exigencias de nuestro lote económico, buffers de producto intermedio para seguir trabajando si un proceso se interrumpe...

2. **Movimientos:** Hace referencia al movimiento innecesario de personas. Se aprecia este despilfarro cuando el personal se mueve por su área de trabajo sin realizar ninguna actividad productiva, si tienen que desplazarse para coger herramientas, materiales, documentos... necesarios o cuando el personal realiza su trabajo con movimientos poco ergonómicos y que puedan estar poniendo en peligro su salud laboral.

3. **Esperas:** Este despilfarro puede definirse como el tiempo perdido mientras se espera el siguiente paso en el proceso, como consecuencia por tanto de un proceso ineficiente. Se observa cuando el operario no está trabajando porque está esperando a que algo termine de suceder o de llegar. Las causas de las esperas pueden ser roturas de stock, averías, cambios de turno, mal equilibrado de líneas, diseños erróneos de layout...
  4. **Transporte:** Movimiento innecesario de cualquier producto o materia prima, (tanto en interno como en externo) supone un desperdicio de mano de obra, tiempo, equipo y combustible. Cuanto más se transporte un producto más probabilidad tiene de producirse en él daños o desperfectos. Este muda está relacionado con el de movimiento, puesto que es evidente que en muchos casos los transportes son realizados por operarios (humanos).
  5. **Defectos:** También denominado **Retrabajos**. Hace referencia a los productos, servicios o información incorrectos o incompletos. Conlleva volver a procesarse por no cumplir los requerimientos a la primera. Generan costes y tiempos imputados a no calidad que repercuten sobre el precio o beneficio sobre el producto final.
  6. **Sobreproducción:** Producir producto en mayor cantidad de la requerida por el cliente o antes de que se necesite. La mentalidad general de los responsables de producción es la ir por delante de los requerimientos, para así garantizar el programa de producción aún en el caso de tener algún contratiempo. En ocasiones también ocurre este despilfarro para no tener paradas las máquinas ni operarios inactivos. Todo esto agrega costes al producto final.
  7. **Sobreprocesamiento:** Consiste en realizar más trabajo o aportar al producto/servicio más calidad de la demandada por el cliente. Es decir, si utilizamos más recursos en la producción de lo que el cliente está dispuesto a pagar, reducimos el beneficio y rentabilidad de la empresa, con lo que la empresa no será competitiva en el mismo mercado, puesto que quienes no realicen ese sobreprocesamiento tendrá mayores márgenes de contribución y podrá ser más competitiva en precio.
- +1. Talento no utilizado:** Encontramos este tipo de despilfarro cuando tenemos personal cualificado, competente, creativo y con experiencia y no les hacemos partícipes de la resolución de problemas ni en la aportación de soluciones. Se produce debido a la falta de cultura de mejora continua que todavía inunda las organizaciones.

### 3.4.3. One piece flow

Una vez que se ha identificado de forma precisa el concepto de valor, se ha graficado el flujo de valor y se han minimizado o eliminado despilfarros evidentes, el siguiente paso en el pensamiento Lean es hacer que **fluyan** las etapas creadoras de valor y que sea el cliente quien atraiga el producto (**pull**) de acuerdo a sus necesidades y no el productor quien empuje (push) los productos, en ocasiones no deseados, hacia el consumidor.

Principios básicos del One piece flow:

- El Takt time lo define el cliente.
- Sólo se produce la cantidad que el cliente solicite.
- Cada etapa del proceso hace inspección de la entrada del producto, fabricación de acuerdo a las especificaciones del cliente e inspección de salida.
- Cada etapa del proceso debe ser capaz de entregar el material sólo cuando las etapas siguientes así lo requieran (pull). Funciona como si la estación siguiente fuera el cliente de la estación anterior y demanda cuando necesita más material

### 3.4.4. Cero defectos

El siguiente principio del sistema Lean, tras los puntos anteriores, es que no parece una idea disparatada que el cliente está más cerca de obtener la perfección.

Como se muestra en la Ilustración 21, se basa en cumplir rigurosamente los siguientes puntos:

1. No aceptar defectos en la recepción de materias primas,
2. No producir defectos en el proceso de fabricación
3. No defectos en los productos terminados



Ilustración 21 Principio Cero defectos. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios

Bajo el lema mostrado en la Ilustración 21, se consigue no solo que la empresa sea más competitiva sino que se reduzcan los costes de no calidad que acaban repercutiendo en el precio del producto final sin ofrecer valor añadido al cliente, y por tanto llegue a desaparecer prácticamente el muda de los defectos.

### 3.4.5. Mejora continua. Lean Toyota KATA

La **mejora continua** o **Kaizen** es un principio clave en Lean Manufacturing que se basa en una herramienta fundamental que es el **ciclo PDCA o Rueda de Deming**. En la Ilustración 22 se ve gráficamente como se produce la mejora continua, y esto es a través de círculos iterativos de PDCA (Planificar-Hacer-Verificar-Actar), que se consolidan y se fija su posición con la cuña del estándar, para seguidamente iniciar otro ciclo y así sucesivamente:



Ilustración 22 Mejora continua. PDCA. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios.

Etimológicamente kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI=cambio y ZEN=bueno. Esto se muestra en la Ilustración 23:



Ilustración 23 Significado de Kaizen. Fuente: IEB School



Lo más importante del Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. La dirección de la empresa tiene que inculcar una cultura de cambio constante y amparar así a toda la organización, promoviendo las buenas prácticas y recalcando la importancia de la participación de los operarios en grupos o equipos de trabajo, enfocada a la resolución de problemas y la potenciación de la responsabilidad personal. A partir de estas iniciativas, Kaizen se ha considerado como un elemento clave para la competitividad y el éxito de las empresas japonesas.

[J.C Hernández Matías y A. Vizán Idoipe [2013] “Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación”]

En la Ilustración 24 se enumeran los puntos clave del espíritu Kaizen:

## Los 10 mandamientos del Kaizen

1. Deshacerse de ideas preconcebidas
2. No buscar excusas, buscar soluciones
3. No defender la situación actual, ponerla en cuestión
4. Es mejor hacer bien rápido, que perfecto más tarde
5. Si algo no marcha, corregirlo inmediatamente
6. Buscar soluciones que no cuesten nada
7. Los problemas son la fuente de las ideas
8. Para encontrar las verdaderas causas, preguntarse 5 veces «¿porqué?»
9. Las ideas de 10 personas valen más que los conocimientos de una sola
10. Siempre podemos mejorar

*Ilustración 24 Los 10 mandamientos del Kaizen. Fuente: M. Mateo. Renault-Nissan Consulting*

### **Lean Toyota KATA**

Este apartado se realiza en su totalidad referenciando el “Manual de Lean TOYOTA KATA (2017)” de C. Martín, cuyos términos y conceptos a su vez están basados en el libro TOYOTA KATA de Mike Rother.

El Lean Toyota KATA propone ir más allá. Basándonos en el conocimiento de Lean extendido a muchas personas en la actualidad, utilizar la metodología TOYOTA KATA de **Mike Rother** para crear en estas personas, los **hábitos de mejora** necesarios que les permita aplicar las herramientas Lean en la mejora de procesos



de manera permanente en el tiempo. Aplicar Lean sin practicar el cambio de hábitos y aprendiendo las rutinas de mejora, conduce en muchos casos al fracaso.

Combinar el uso de las herramientas Lean con la metodología TOYOTA KATA produce cambios en las personas y transformaciones culturales en las empresas que lo aplican, y lo que es más importante, que perduran en el tiempo. Ese fue el camino recorrido por Toyota que le ha llevado a ser en la actualidad, un verdadero líder mundial.

Las técnicas Kata son una manera estructurada de pensar y de actuar, unos patrones de comportamiento que se convierten en hábitos a través de la práctica.

Hay dos técnicas de Kata que proporcionan los fundamentos básicos para generar estos patrones o hábitos de comportamiento, en los que se basa el pensamiento Lean y la mejora de procesos:

1. El Improvement Kata (IK) o Kata de Mejora.
2. El Coaching Kata (CK) o Kata de Entrenamiento.

Estas técnicas están basadas en el libro TOYOTA KATA de Mike Rother. Cuanto más se practiquen estas dos técnicas básicas en el Kata y cuyo aprendizaje es fundamental para la mejora de procesos, más capacidades personales se desarrollarán para llevarlas adelante en situaciones reales.

### **Kata de Mejora.**

El Kata para la Mejora de procesos se compone de las siguientes 4 fases que se ilustran gráficamente en la Ilustración 25:

1. Marcar la Dirección o Reto.
2. Establecer la Situación Actual del proceso.
3. Buscar y marcar el siguiente Estado Objetivo.
4. Llevar a cabo experimentos con PDCA para superar Obstáculos.



*Ilustración 25 Kata de Mejora. Fuente: Focuslean*



## Coaching Kata

El Coaching Kata es una técnica para entrenar a otros (Coaching) en los procesos de mejora, utilizando el pensamiento científico o Kata de Mejora.

El alumno trabaja en el **qué hacer** de los pasos del Improvement Kata.

El Coach trabaja en **cómo** el alumno se aproxima al proceso y progresa en su mejora

El Coach es el mentor, **enseña** una manera de pensar y de actuar dentro del “pasillo del Kata” guiando al alumno y devolviéndole a la buena dirección si se desvía demasiado, manteniendo siempre el foco en el próximo Estado Objetivo.

[C. Martín (2017), Focuslean]

### 3.5. Técnicas Lean

Para concluir este capítulo dedicado al Lean Manufacturing en el que primeramente lo hemos definido, hemos hecho un recorrido por su historia y evolución hasta llegar al Toyota Production System y a entender cómo se estructura apoyándonos en la “Casa del Sistema de Producción Toyota”. Dicha representación nos permite visualizar rápidamente la filosofía Lean y las técnicas que engloba.

Para ser capaces de aplicar dichas técnicas hay que tener muy claros los principios y conceptos fundamentales del sistema Lean en torno a los que convergen los sistemas de producción actuales.

En este apartado, estableceremos una clasificación de las principales técnicas y herramientas del Lean y profundizaremos en ellas, para posteriormente ser capaces de identificar las necesidades, adaptarlas y aplicarlas en la actividad didáctica objeto de este TFG.

Existen numerosas técnicas y diversos criterios de implantación, individualmente o de manera conjunta, en función de las necesidades de cada Organización y del tamaño y sector al que pertenezca.

En cualquier caso es necesario realizar un estudio y diagnóstico previo, así como tener claros los objetivos que queremos alcanzar.

Se ha consultado artículos y publicaciones de gran número de autores, para finalmente, como en otros apartados de este TFG, tomar como referencia a J.C Hernández Matías y A. Vizán Idoipe [2013] en su trabajo “Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación”, puesto que establecen una clasificación en **tres grupos**, ordenada y coherente de las técnicas:



### 3.5.1. Grupo 1

El primer grupo está formado por aquellas técnicas cuya implantación es aplicable a cualquier casuística de empresa, producto y/o sector. Su enfoque práctico y el sentido común hacen que deban ser consideradas de “obligado cumplimiento” en cualquier empresa, por la necesidad de ser competitivos en el mercado actual, sea cual sea su grado de madurez en la aplicación de la metodología Lean y en la cultura de la mejora continua.

No se entiende en la actualidad que desde los cargos directivos de las Organizaciones hayan dejado pasar tanto tiempo para la aplicación de técnicas sencillas, basadas en la observación en planta, a pie de máquina o en terreno.

#### 3.5.1.1. Las 5S

Las 5S es un proceso sistemático para mantener el puesto de trabajo limpio, ordenado y altamente productivo. Es una técnica de base de la mejora continua, la primera que se implanta en las Organizaciones que se inician en la filosofía Lean. Esto es así porque es una técnica sencilla pero potente y multifuncional, que produce resultados cuantificables, de alto impacto inmediato y a corto plazo, ligado a la gestión visual, cuya puesta en marcha no requiere grandes inversiones económicas, aunque sí de tiempo e implicación de los operarios.

El objetivo es poner las 5S's al servicio de la eficiencia y seguridad del puesto de trabajo, facilitando las operaciones y optimizando las condiciones de trabajo.

En la Ilustración 26 se muestran las cinco palabras japonesas que dan nombre a la técnica de las 5S's, su traducción y significado en castellano:

	5S japonesas	Traducción	Significado
<b>3</b> ACCIONES CONCRETAS E INMEDIATAS +	Seiri	Seleccionar 	✓ separar lo que es necesario de lo que no lo es ✓ deshacerse de lo inútil
	Seiton	Ordenar 	✓ definir un lugar para cada cosa ✓ colocar cada cosa en su lugar
	Seiso	Limpiar 	✓ limpiar ✓ mantener limpio ✓ no volver a ensuciar (tratar las causas de la suciedad)
<b>2</b> ACCIONES MANAGEMENT Y LIDERAZGO	Seiketsu	Estandarizar 	✓ definir los estados de referencia ✓ estandarizar el conjunto de actividades necesarias para el mantenimiento de estos estados de referencia
	Shitsuke	Practicar 	✓ aplicar, hacer aplicar los estándares 5S ✓ detectar anomalías ✓ comprobar su aplicación y su eficacia ✓ tratar las divergencias ✓ mejorar los estados de referencia

Ilustración 26 Las 5s, 3+2. Significado. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios



Su implantación permite:

- Reducir los desplazamientos, las manutenciones, los movimientos inútiles
- Reducir los tiempos perdidos
- Mejorar la seguridad de las personas
- Mejorar la motivación de los equipos con un entorno de trabajo agradable
- Mejorar la productividad de las instalaciones.
- Desarrollar el espíritu de rigor.

### 1. Seiri

Comenzamos a aplicar la técnica **seleccionando** o **clasificando** en el puesto de trabajo lo que es necesario o útil y lo que no. De esta forma se controla el flujo de materiales y se eliminan los elementos prescindibles, que estorban y originan despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, falta de espacio, etc.

Si en la clasificación tenemos en cuenta la frecuencia con que usamos el material, lograremos mayor ergonomía en el puesto de trabajo acercando al trabajador lo que se usa con frecuencia.

### 2. Seiton

Tras realizar la etapa Seiri, se procede a **ordenar** los elementos necesarios de forma que se cumpla que haya “Un lugar para cada cosa” y “cada cosa esté en su lugar”.

Por tanto, para su implantación hay que definir el sitio óptimo para cada cosa, para que cada cosa útil tenga su lugar. Debemos también marcar las delimitaciones de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.

Para que esta etapa sea efectiva se deben establecer criterios de ordenación principalmente basados en: frecuencia de uso y criterios de calidad, eficacia y seguridad.

Ejemplos visuales de la etapa seiton se muestran en la Ilustración 27, donde se ven delimitadas con marcas en el suelo las áreas para almacenar ese material y en la Ilustración 28, con la Panoplia de herramientas:



*Ilustración 27 Áreas marcadas en el suelo*



*Ilustración 28 Panoplia de herramientas*

### 3. Seiso

Seiso significa **limpiar**. “Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir”. Es decir, no sólo se trata de limpiar, sino lo que es más importante, mantener limpio y no volver a ensuciar, erradicando las causas que provocaban la suciedad. Por tanto su aplicación incluye:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.

- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan, adecuarlos para su uso más eficiente y recuperar aquellos que no funcionan.

Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza se aprecia si un motor pierde aceite, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, cables sueltos, etc.

[J.C Hernández Matías y A. Vizán Idoipe [2013] “Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación”]

#### 4. Seiketsu

Significa **estandarizar** y conlleva formalizar los estándares a partir de los resultados físicos construidos durante las tres primeras ‘S’.

Con los procedimientos estándar los trabajadores sabrán en cada momento qué hacer, cuándo hacerlo, dónde y cómo hacer para asegurar el cumplimiento de las tres etapas anteriores.

En la Ilustración 29 se muestran ejemplos de Estados de Referencia visuales donde podemos comprobar en todo momento si se cumple el estándar del puesto:

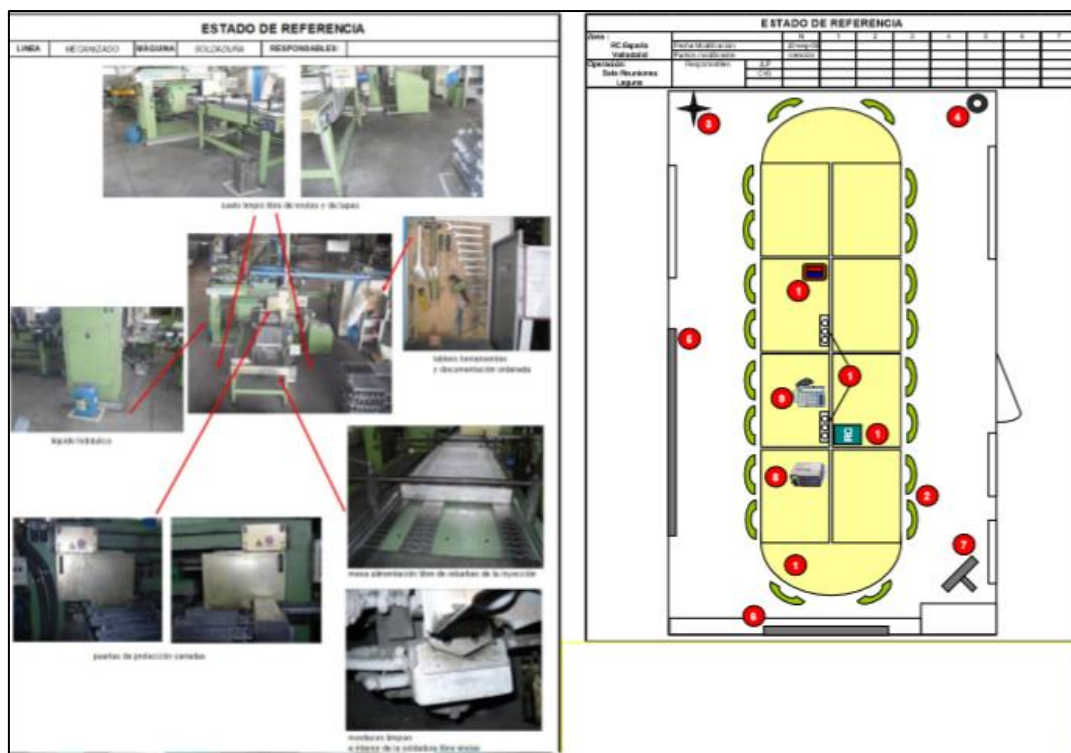


Ilustración 29 Ejemplos de Estados de Referencia.

## 5. Shitsuke

Shitsuke se puede traducir como **practicar para mejorar** o disciplina y su objetivo es convertir en hábito para los trabajadores la utilización de los métodos estandarizados de la etapa anterior.

Es necesario practicar con rigor para mantener el nivel de las instalaciones, los estándares y los hábitos nuevos que generan la mejora continua.

Para que funcione correctamente los trabajadores deben estar formados en la metodología, hay que implicarlos en el proceso consiguiendo que cambie su mentalidad integrando la cultura lean.

La persona que pilote la implantación lean establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual.

### 3.5.1.2. SMED

SMED es el acrónimo de *Single Minute Exchange Die*, que podemos traducir como el **cambio de máquinas en menos de diez minutos**. Es una herramienta para reducir el tiempo de cambio de utillaje.

Para poder afianzar el sistema de producción Just in Time, es necesario reducir al mínimo el inventario y para ello trabajar con lotes pequeños. Para ello es fundamental evitar la pérdida de tiempo en la operación de preparación de máquinas. Conseguir tiempos de cambio reducidos otorga a la empresa mayor flexibilidad en la producción y diseño de nuevos productos.

El concepto **tiempo de preparación** es el tiempo que pasa desde que sale o termina la última pieza de un lote hasta que se obtiene la primera pieza correcta del nuevo lote. Por lo que incluye montaje y desmontaje de utillaje y herramientas y verificaciones de las piezas.

Para poder aplicar correctamente SMED, es necesario que previamente estén implantadas las 5S. Poder encontrar rápidamente las herramientas y el utillaje, trabajar en un área limpia y tener todos los elementos perfectamente dispuestos mediante el control visual, facilitará los cambios de herramientas.

Procedimiento de implantación de SMED:

#### 1. Evaluación de la situación actual y definición de objetivos

Es necesario recopilar datos e información sobre la situación actual y definir el objetivo que se quiere alcanzar. Por ejemplo: minimizar el tiempo de cambio, aumentar la disponibilidad de la máquina, reducir el despilfarro de material en los ajustes, mejorar la seguridad... Posteriormente se debe cuantificar el objetivo.



## 2. Selección y formación del equipo

En el equipo suelen incluirse personas que conocen bien el proceso de fabricación pero suelen requerir formación en: metodología SMED, funcionamiento y mantenimiento de las máquinas, trabajo en equipo...

## 3. Documentación del procedimiento actual

La forma tradicional es que un especialista identifique y cronometre las tareas, tomando anotaciones. Una alternativa con importantes ventajas es grabar la preparación en video, ya que te permite reproducirlo repetidas veces, analizarlo detenidamente y mostrarlo al personal en formaciones.

## 4. Análisis y mejora

En esta etapa se clasifican las actividades en:

- Actividades Internas: Tienen que realizarse con la máquina parada (posicionar, limpiar la máquina...)
- Actividades Externas: Pueden realizarse mientras la máquina está operando (acopiar, trasladar, limpiar utillaje...)

Se analizan las operaciones internas con el objetivo de convertir alguna operación interna o parte de ella en externa, es decir, que la operación o parte de ella se realice con la máquina en marcha.

A continuación se procede a mejorar todas las operaciones con el objetivo de reducir al mínimo el tiempo de ajustes. Para ello se realizan las siguientes acciones:

Con este paso se conseguirá tener la máquina y a los trabajadores menor tiempo esperando para poder realizar el lote.

## 5. Plan de acción

Para conseguir los objetivos, hay que transformar las oportunidades de mejora prioritarias en un plan de acción que debe contener:

- Responsable de cada acción
- Fecha objetivo en la que tiene que estar realizada
- Recursos y coste de la realización
- Mejora a conseguir

Hay que analizar si existe un utillaje que facilite la preparación, así como el lay-out de la planta para minimizar los desplazamientos del personal en busca de materiales y herramientas. Una correcta secuenciación de trabajos en máquina puede incluso llegar a evitar la preparación de la máquina de un lote a otro.

## 6. Seguimiento del cambio

Una vez aprobado el plan de acción hay que implantarlo y comprobar que el resultado es el esperado.



Según se van implantando las acciones, debe actualizarse el cambio para conseguir estandarizar las mejoras y que no se pierdan datos.

### 7. Mantenimiento del cambio

Para evitar que se degrade el cambio con el paso del tiempo:

- Los operarios deben respetar la nueva instrucción.
- Los mandos tienen que vigilar que los tiempos de cambio se mantienen o en caso de que crezcan tomar las acciones correctoras necesarias.
- Hay que auditar el proceso y comprobar las evidencias de las desviaciones en los cambios de utillaje
- La dirección debe evaluar la eficiencia del nuevo cambio y si es necesario modificar o ampliar los planes de acción

[Aráuzo Aráuzo, J.A. (2016). "Tema 8. Lean Manufacturing"]

#### 3.5.1.3. Estandarización

Ya se ha mencionado en el apartado 3.3 Estructura Lean de este TFG que la estandarización forma parte de los cimientos de la filosofía Lean Manufacturing que queda representada en la "Casa del Toyota Production System".

Se puede definir estandarización como el proceso mediante el cual haciendo uso en las organizaciones de estándares formados por descripciones escritas y gráficas nos ayudan a comprender las técnicas más eficaces y fiables y nos aportan la información necesaria sobre personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objetivo de fabricar productos de calidad de manera fiable, segura, barata y en el menor tiempo posible.

La estandarización es el soporte o punto de partida de la **mejora continua**. La herramienta principal para la mejora continua es el Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) o **Rueda de Deming**. Es una estrategia basada en cuatro pasos: planificar-hacer-verificar-actar que se describen gráficamente en la Ilustración 30:

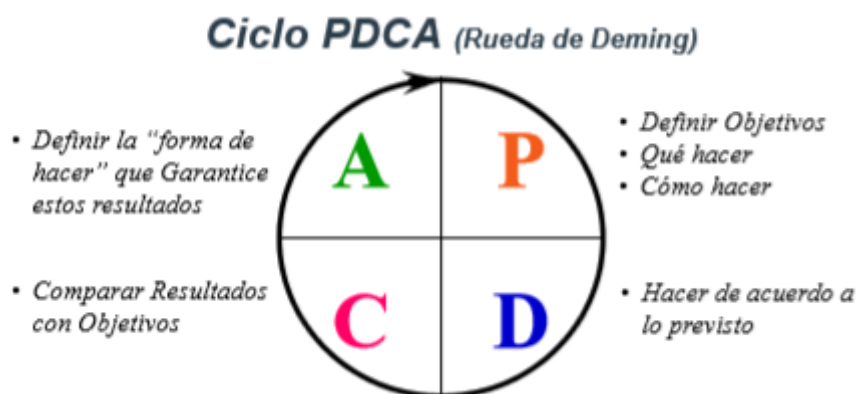


Ilustración 30 Rueda de Deming. Fuente: Antonio J. Fernández. Escuela de Negocios.

Sin embargo, cualquier proceso nuevo es inestable, por lo que antes de empezar un ciclo PDCA el proceso actual debe estabilizarse mediante un ciclo que estandariza y estabiliza los procesos : **ciclo SDCA**.

Como vemos en la Ilustración 31, el primer paso del ciclo es establecer las operaciones estándar, para hacer dichas operaciones y posteriormente verificar que se cumple el estándar y en caso contrario buscar las causas de no cumplimiento, para en el último paso del bucle mejorarlo:

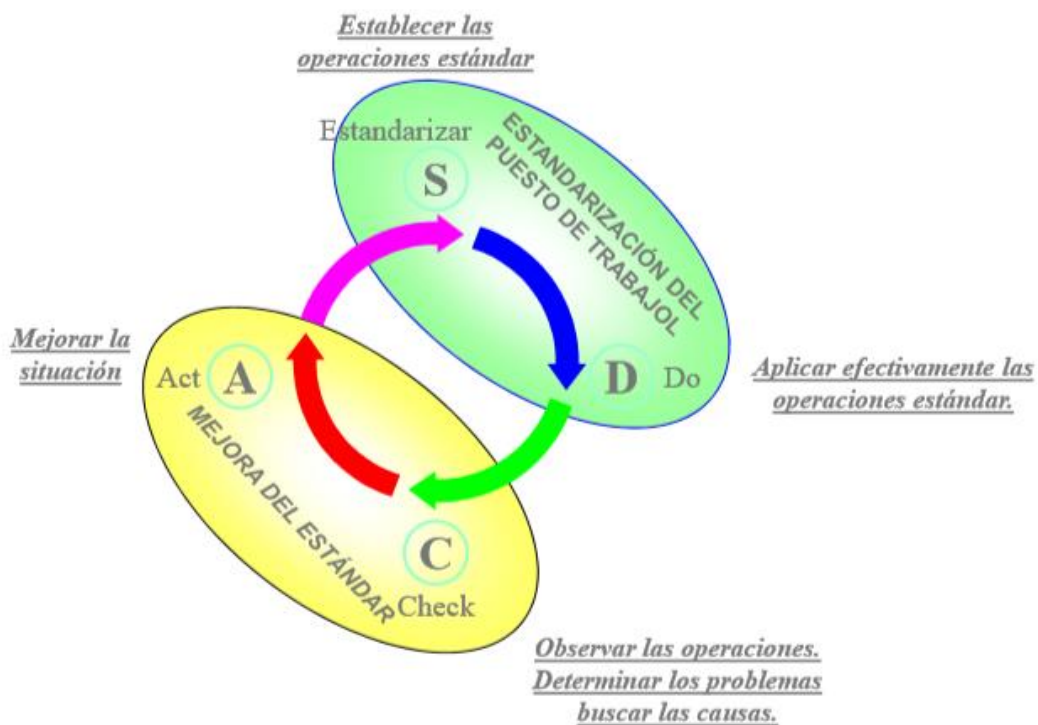


Ilustración 31 Bucle SDCA. Fuente: Escuela Lean.

Podemos concluir que el **estándar** es la **mejor manera de hacer conocida hoy** para la realización de una operación que garantiza simultáneamente:

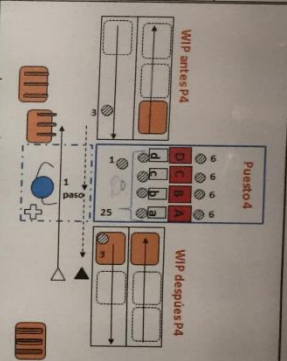
- La seguridad del operario
- El mejor nivel de calidad a la primera
- Un modo operatorio fácil, ergonómico y económico
- El plazo
- La capitalización del progreso en calidad, coste y plazo

La persona que debe definir cómo tiene que ser el estándar, es la que está en el terreno cada día. El Manager es quien tiene que escribir la FOS ("Hoja de Operación Estándar"), formar al equipo y asegurarse que se respeta el estándar.



En la Ilustración 32 se muestra un ejemplo de Hoja de Operación Estándar del puesto de montaje 4 en la fábrica de montaje de Solectrones en la Escuela Lean de Valladolid:

Hoja de Operación Estándar		Plazo de aprendizaje	Tiempo de ciclo de producción	Fecha de modificación	
(ENGAGEMENT OPERARIO)		1 H	5 cmin	02/01/2014	
Mes N°	Nombre del proceso	P4 Montaje Nivel 4	Tiempo por modelo		
Etapa principal		Punto clave	Operario	A	B
			Jefe de L.I.E.T.	A	Jefe de Taller
				B	
				C	
M I O	Poner una base de aluminio sobre la alfombrilla		5		
1.	Poner los sectores A B C y D y los insertos (a) (b) (c) y (d) en la base		25		
2.	Atornillar los sectores A B C y D a la base	1) - con la mano 2) - empujando los sectores hacia el centro de la base	50		
3.	Bloquear los insertos a b c y d en los sectores	1) - con la mano 2) - con la mano	20		
M I O	Poner una base en el embalaje de salida		5		
OA	Desplazarse de vuelta hacia el carro		1		
OA	Intercambiar los embalajes llenos y vacíos antes y después del puesto.		3	5cmin / 5ciclos + 5cmin / 3ciclos	
OA	Vaciar los embalajes B 2133 y 2132		2	10cmin / 6ciclos	
Tiempo total de operaciones asociadas			6		
Tiempo objetivo total			111		



SÍMBOLO	seguridad	Stock	Control	Operación
	+	●	◇	▶

Formulario FOS Engagement operario - DPSI - 23 Marzo 2003. Tr 15-17 Febrero 2003. 65912-02-SP-FR003 V001

Ilustración 32 FOS Montaje Solectrón. Fuente: Fotografía propia. Escuela Lean. Valladolid

### 3.5.1.4. Mantenimiento Productivo Total. TPM.

TPM son las siglas en inglés de Mantenimiento Productivo Total.

Es Mantenimiento porque cuida las instalaciones, es Productivo porque está orientado a la productividad y es Total porque implica a toda la empresa.

El TPM tiene como objetivo la idea de cero fallos y cero defectos. Para ello propone cuidar y mantener el sistema productivo dentro de los parámetros establecidos, es decir en condiciones de producir con los mejores resultados.

Las pérdidas de productividad se vuelven inasumibles. Se busca el origen de esas pérdidas para evitarlas. Grupos típicos de pérdidas:

- Averías de los equipos.
- Tiempos muertos por ajustes, cambios de turno, etc.
- Huecos de producción por esperas, falta de producto, etc.
- Funcionamiento por debajo de la capacidad máxima.
- Reprocesados por defectos de producto.



- Otras pérdidas de tiempo.

Nada de todo esto parece muy original. Lo que sí fue revolucionario fue el enfoque desde el cual se acometió. Un enfoque de conjunto y de integración. Según este enfoque se debían aunar los objetivos de la empresa con la satisfacción del trabajador por el resultado de un trabajo bien hecho y realizado en equipos transversales. El resultado final es responsabilidad de todos.

El TPM está íntimamente ligado al desarrollo de la calidad total, y asume el principio de funcionamiento alrededor de los tres ejes: Calidad, Coste y Plazo.

Destaca por los siguientes conceptos:

- Automantenimiento

Aprovecha el hecho de que el operador de la máquina conoce muy bien su funcionamiento, trabaja continuamente con ella y puede realizar operaciones en marcha sencillas pero muy efectivas como limpiezas, reglajes, etc.

Además puede ser origen en sugerencias de mejora que redunden en un mejor mantenimiento e incluso producción.

- Formación.

Las empresas no deben esperar que los trabajadores “aprendan por experiencia”. La formación reglada y orientada es una función fundamental en el TPM. Se alinean los objetivos de productividad, por la capacitación, y de satisfacción del empleado.

- Capitalización de experiencia.

En un primer paso se registran los fallos, después se analizan para evitarlos. Propuestas de modificación y mejora son el resultado de estos análisis y su puesta en práctica el avance hacia la calidad total.

Esta tarea se realiza por equipos de fiabilización que son transversales porque afectan a varios departamentos (mantenimiento, producción, ingeniería, etc.) y son verticales porque todos los niveles de los departamentos tienen su grado de implicación en los grupos de trabajo.

- Cultura corporativa.

El TPM se centra en el desempeño de los empleados, es decir de las personas. Para conseguir la implicación de estos trabajadores necesita implementar una cultura corporativa, en la que los empleados se sientan parte de la empresa y hagan suyos los objetivos de esta.

Todos entendemos que esto era más fácil en los años sesenta, setenta, etc. que en la actualidad, donde la flexibilidad de plantilla es norma y la permanencia en una compañía tiene una expectativa entre corta y media.

[Perez-Chirinos, R (2018), “Mantenimiento Industrial”]

### 3.5.1.5. **Control Visual. Andon.**

Andon es una expresión de origen japonés que significa "lámpara" o "linterna" y que se relaciona con el control visual.

El control visual agrupa un conjunto de medidas prácticas de comunicación y tiene múltiples aplicaciones. Principalmente permiten visualizar el estado de algún sistema productivo y tienen que ver con la identificación de anomalías y despilfarros; y sus principales propósitos consisten en facilitar tanto la toma de decisiones, como la participación del personal, proporcionando al mismo, información acerca de cómo su desempeño influye en los resultados, logrando así que pueda tener un mayor control sobre sus metas.

La utilización de dicha herramienta se debe focalizar en la información que aporta valor añadido en un proceso y es aconsejable priorizar aquellos procesos en los cuales identificamos oportunidades de mejora a través de la señalización, como indicador de acciones y toma de decisiones. El principal beneficio del control visual radica en el mejoramiento del flujo de información relevante, y en la estandarización de la comunicación. Además, la implementación de Andon o el control visual puede contribuir a:

- Eliminar desperdicios o Mudas.
- Mejorar la calidad.
- Mejorar el tiempo de respuesta.
- Mejorar la seguridad.
- Estandarizar procedimientos.
- Mejorar la planificación del trabajo.
- Contribuir al orden y a la organización.
- Estimular la participación.
- Motivar al personal.
- Reducir costos.

Tipos de control visual:

- Control visual de equipos y espacios.
- Control visual de la producción.
- Control visual en el puesto de trabajo.
- Control visual de la calidad.
- Control visual de la seguridad.
- Gestión de indicadores.

Prácticas de control visual más utilizadas:

- **Alarmas:** usadas habitualmente para comunicar situaciones urgentes. Ejemplo en Ilustración 33.
- **Torretas:** lámparas de colores instaladas en las líneas de producción o equipos, con el objetivo de comunicar el estado de los mismos. Cada color

representa un estado. Busca alertar a los responsables de mantenimiento, producción o supervisores. Ejemplo en Ilustración 33.



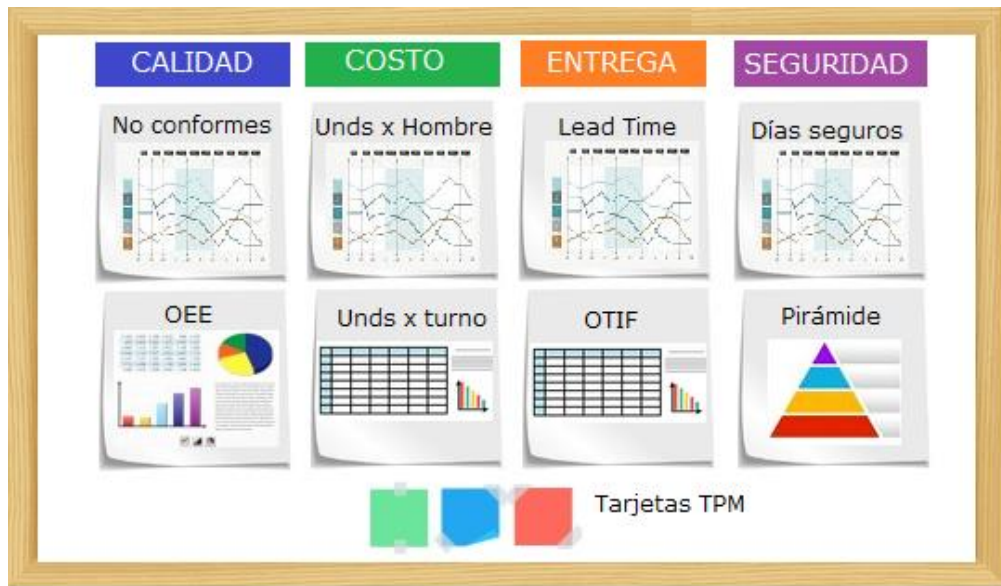
Ilustración 33 Ejemplo de lámpara (izqda) y torreta (drcha)

- **LUP** o Lección de Un Punto: herramienta para la transferencia de conocimientos y habilidades simples.
- **Tableros de información:** herramienta para hacer un seguimiento automático del plan de producción y dar trazabilidad
- **Marcas en el suelo:** para implementar el orden y definir ubicaciones estándar de materia prima, zonas de tránsito, etc. En la Ilustración 34 se muestran ejemplos de señalización de suelos.

Bordes de Línea de Producción/pasillos/transpaletas/carretillas/ ...	
Área peatonal & Organización del Puesto de Trabajo	
Desperdicios / basura	
Intersección de pasillo peatonal y pasillo de tránsito de carretillas	
WIP: material a la espera en Kanban, contenedores de materiales en curso (sábanas, cartones, rafia, ganchos, utillajes, ...)	
FIFO (estanterías, premontajes terminados, carros, pedidos preparados, contenedores de piezas ...)	
REPROCESO/RETOQUE: material no conforme a enviar fuera de área	
REPROCESO/RETOQUE: material no conforme a procesar en el área	
SCRAP: material no conforme a destruir o gestionar	
FINISH GOOD: Producto acabado listo para transporte	
Riesgo: Eléctrico - Fuego / Área de Precaución / Pasillos de tráfico denso	
Otras áreas de seguridad (estaciones limpiadojos, primeros auxilios)	
Área en construcción	

Ilustración 34 Ejemplo Gestión Visual. Señalización de suelos. Fuente: Escuela Lean.

- **Tableros de resultados o de rendimiento:** Incluye indicadores de desempeño y su función es evidenciar el estado de los procesos, lo que contribuye a la velocidad de respuesta, ajustes y cambios de línea y a la motivación del personal. Se muestra un ejemplo en la Ilustración 35:



*Ilustración 35 Ejemplo Gestión Visual. Tablero de Resultado*

Pueden existir tantos métodos de control visual como se desee, lo importante es el compromiso de la dirección en la implementación y el interés de los colaboradores.

### 3.5.2. Grupo 2

El segundo grupo está formado por las técnicas Lean que exigen un mayor compromiso y cambio cultural de todos los miembros de la organización, tanto directivos como mandos intermedios y operarios:

#### 3.5.2.1. *Jidoka*

Como indicamos en el apartado 3.3 de este TFG, la técnica Jidoka es uno de los dos pilares de la estructura del sistema de producción de Toyota. En este punto vamos a explicar en qué consiste.

Jidoka es un término japonés que significa **“automatización con un toque humano”** y se puede traducir como **autonomación**.

Es una técnica Lean basada en incorporar al proceso el control de calidad, de forma que la calidad se produzca y no se controle, puesto que las actividades de control tradicionales no generan valor ni aseguran cero defectos.

Si existe alguna anomalía, el proceso se detendrá impidiendo que las piezas defectuosas avancen en la línea de producción y pasen a etapas posteriores del proceso.

Esta técnica tiene como principales beneficios:

- Cuando se produce una anomalía en los estándares, la máquina a través de un andon avisa al operario al instante, evitando que el defecto avance y los gastos que ocasionaría seguir en el proceso.

- Las anomalías son rápidamente detectadas y por lo tanto no se esconde el problema.
- El sistema permite “separar al hombre de la máquina” y de esta forma un mismo operario puede atender varias máquinas y acudir a ellas cuando el sistema de control visual le alerte.
- Los operarios pasan a ser sus propios supervisores realizando el control de calidad del trabajo que realizan y de los productos que fabrican.
- Se integra la inteligencia humana con la maquinaria automatizada
- Los productos defectuosos se reducen a cero o se minimizan al máximo.
- Incrementa la mejora sustancial en la productividad de la organización

Elementos del control autónomo de defectos:

- **Paradas automáticas:** Se instalan dispositivos o sensores para detectar problemas y detener las líneas. Se otorga a los trabajadores la autoridad de parar la línea o activar los sistemas de alerta para que el responsable acuda a resolver el problema.
- **Sistemas Andon:** Significa cuerda en japonés y hace referencia a la forma que tiene el operario para activar el sistema de alerta tirando de una cuerda.
- **Sistemas POKA YOKE:** Poka-yoke es una expresión japonesa que significa “**a prueba de error**”. Estos sistemas son técnicas de calidad que se aplican para impedir errores en las operaciones de producción y garantizar el cien por cien de calidad en los productos..

El diseño de un poka-yoke debe partir de la base de que sea barato, simple, duradero, práctico e ingenioso y preferiblemente ideado por los operarios.

Existen dos tipos de poka-yoke:

- **de control:** sistema que evita que ocurra el error (Ilustración 36)

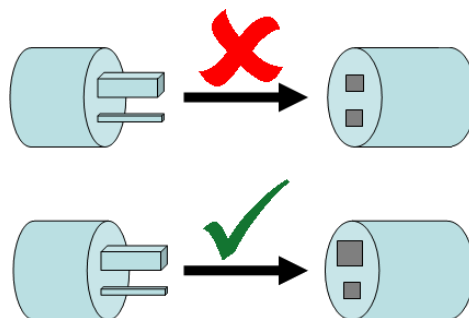
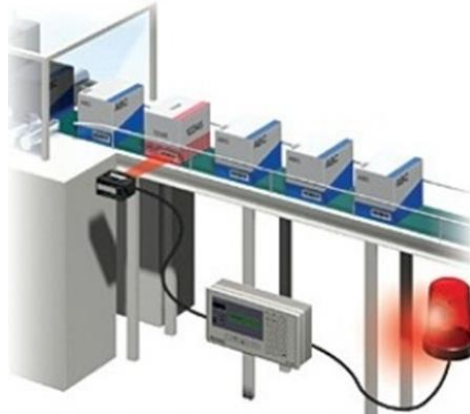


Ilustración 36 Poya-yoke de control.

- **de advertencia:** se asume que el error puede producirse y se coloca un sistema de alarma, que en caso de error avise al operario. En el ejemplo de la Ilustración 37 hay un sensor que

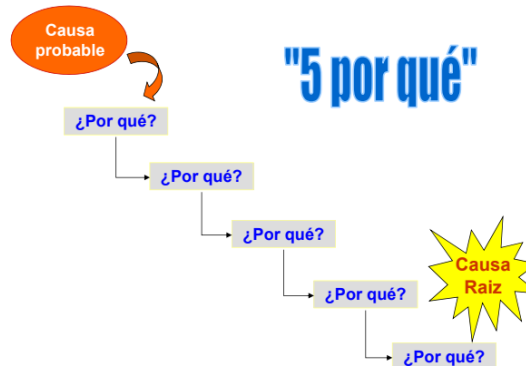


detecta cuando pasa una caja de color equivocado y activa una alarma y detiene la banda:



*Ilustración 37 Poka-yoke de alarma o advertencia.*

- Solución de problemas:** Busca encontrar la **causa raíz** de un problema y eliminarla para que no vuelva a ocurrir. El método más usado en la búsqueda de la causa raíz es el 5W, o lo que es lo mismo, los 5 por qué. Se muestra gráficamente el método en la Ilustración 38:



*Ilustración 38 Método de los 5 por qué. Fuente: Escuela Lean*

### **3.5.2.2. Total Quality Management (TQM)**

La calidad es un pilar fundamental dentro de la filosofía Lean y va de la mano con la mejora continua.

Las principales técnicas de Calidad TQM (Total Quality Management) son:

- Ciclo PDCA.** Técnica ya explicada en este TFG.
- Chequeos de autocontrol.** El propio operario es el encargado de inspeccionar su propio trabajo. Esto sustituye a los sistemas poka-yoke, que por alguna razón no pueden ser implantados. Esta técnica requiere

operarios críticos y bien ejecutado el autocontrol permite reducir la tasa de fallos en un 80%.

- **La Matriz de Autocalidad (MAQ).** Es una herramienta para medir la frecuencia y el lugar donde se generan y detectan los defectos. Permite comprobar el grado de autocontrol de los defectos por parte de cada operario. Vemos un ejemplo en la Ilustración 39. Las filas muestran la fase en la que se ha detectado un defecto y las columnas la que lo ha originado. Se incluyen columnas de proveedores y filas de clientes. El objetivo es diagonalizar la matriz.

	PROV. EXT.	PROV. INT.	F10	F20	F30	F40	F50	F60	TOTAL ppm
F10									
F20									
F30									
F40									
F50									
F60									
CLIENTE INT.									
CLIENTE EXT.									
TOTAL ppm									

Ilustración 39 MAQ. Fuente: Arauzo, J.A. Universidad de Valladolid

- **Six Sigma.** Es una metodología de mejora de procesos o productos mediante la reducción de la variabilidad. Se persigue reducir o eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente, buscando las causas del problema para evitar que se repita. Sus principios son:
  - Una metodología robusta.
  - Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.
  - Una estructura directiva que requiere personal a tiempo completo.
  - Formación y acreditación.
  - Orientación al cliente y focalizada a los procesos.
  - Dirigida con datos mediante el pensamiento estadístico.



### 3.5.3. Grupo 3

En el último grupo se incluyen técnicas más específicas que cambian la forma de planificar, programar y controlar los medios de producción y la cadena logística.

Son técnicas más avanzadas que las de los grupos 1 y 2, exigen recursos especializados y se las atribuye el éxito del JIT en automoción, aunque actualmente se aplican cada vez a más sectores.

#### 3.5.3.1. Heijunka

Heijunka es la técnica que designa el **alisamiento** del programa de producción mediante el control del volumen y la variedad de productos fabricados durante un tiempo dado, normalmente un día o turno de trabajo.

Permite **amortiguar las variaciones** de la demanda de los clientes produciendo en pequeños lotes, varios modelos distintos en una misma línea de producción. Esto es posible porque se compensan las variaciones de demanda de unos modelos con otros pero no es aplicable si hay poca variación de tipos de producto.

Aplicando esta técnica mantenemos una producción continua nivelada, suavizada y en pequeños lotes que logra producir minimizando los despilfarros.

Para la aplicación del Heijunka existen una serie de técnicas que permiten obtener un sistema avanzado de producción con flujo constante, ritmo determinado y trabajo estandarizado, lo que proporciona unas ventajas muy significativas desde el punto de vista de la optimización de mano de obra, minimización de inventarios y tiempos de respuesta al cliente. Estas técnicas son:

- **Usar células flexibles:** Es una implantación de procesos, con flujo pieza a pieza y distribución normalmente en forma de U. Sus operadores deben ser polivalentes para la realización multitarea. Se muestra un ejemplo en la Ilustración 40:

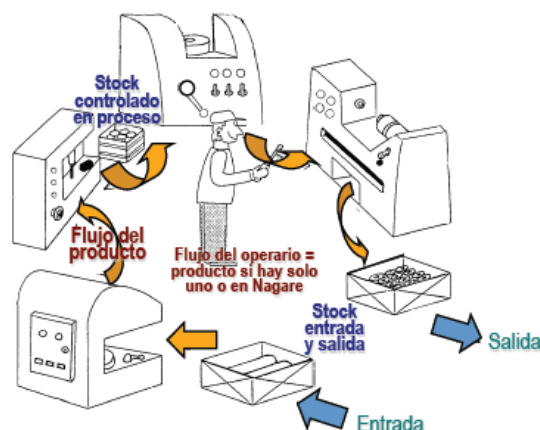


Ilustración 40 Célula flexible de trabajo. Fuente: Lluís Cuatrecasas. Escuela de Negocios.

- **One piece flow.** Es uno de los principios fundamentales del Sistema Lean, explicado en el punto 3.4.3 de este TFG.
- **Producir respecto al Takt time:** El Takt time marca el ritmo o la cadencia del cliente:

$$\text{Takt Time (min/ud)} = \frac{\text{Tiempo requerido por día}}{\text{Demanda del cliente}}$$

- **Nivelar el mix y el volumen de producción.** Se hace con ayuda de una caja Heijunka que se ve en la Ilustración 41:

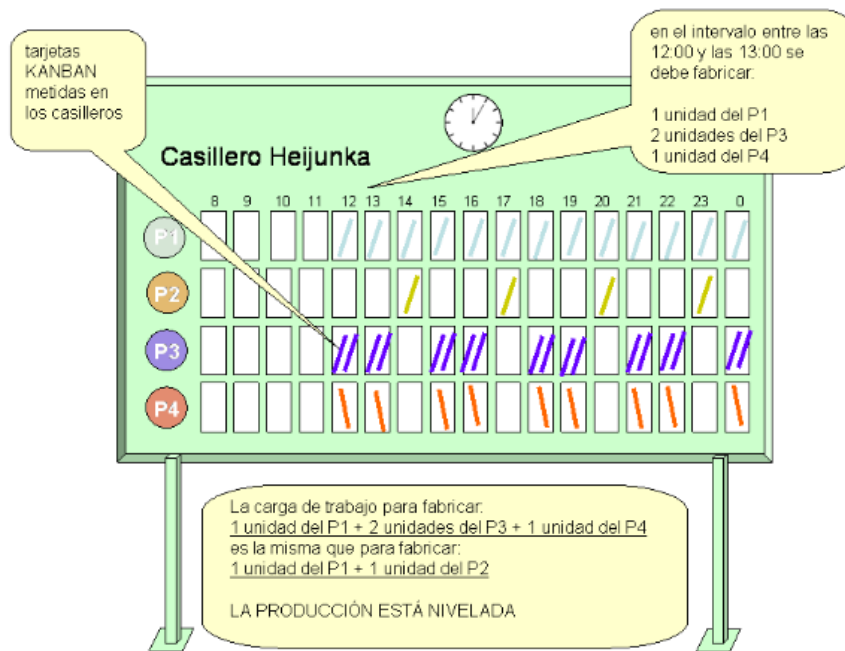


Ilustración 41 Casillero Heijunka. Fuente: Leanroots.

### 3.5.3.2. Kanban

El Kanban, que significa **tarjeta** en japonés, es un método de aprovisionamiento y/o de inicio de fabricación que se instala entre un proveedor que fabrica un producto y su cliente que lo consume.

Se trata de un sistema físico y visual de información materializado por tarjetas, que actúan de testigo en el proceso de producción. Se pegan en los contenedores de materiales y se despegan para asegurar la reposición cuando son consumidos. Es la base del flujo "Pull". Actualmente, el sistema físico de tarjetas va informatizándose y tenemos el sistema kanban electrónico.

### Tipos de Kanban:

1. Kanban de **fabricación**: Son órdenes de producción en el mismo centro de trabajo.
2. Kanban de **transporte**: Es una orden de aprovisionamiento por parte del cliente o bien de envío por parte del proveedor.

Las tarjetas kanban contienen como mínimo la siguiente información:

- Número de piezas del embalaje
- Referencia del producto
- Proveedor/Cliente (Origen/Destino)
- Nombre del Producto
- Número de tarjeta/Total de tarjetas

Un ejemplo de cada tipo se muestra en la Ilustración 42:

CÓDIGO ITEM: <b>7700730779</b>		CÓDIGO ITEM: <b>7700730779</b>	
DESCRIPCIÓN: <b>ÁRBOL PRIMARIO</b>		DESCRIPCIÓN: <b>ÁRBOL PRIMARIO</b>	
CAPACIDAD CONTENEDOR: 160	Nº DE ORIGEN: 4	TARJETAS ENVÍAS: 5	
CENTRO DE TRABAJO: TRATAMIENTOS TÉRMICOS		CENTRO DE TRABAJO: TRATAMIENTOS TÉRMICOS	
ORIGEN: PUNTO DE RECOGIDA: 581	DESTINO: CENTRO DE TRABAJO: RECTIFICADO PUNTO DE DEPÓSITO: 238	PUNTO DE DEPÓSITO: 581	CAPACIDAD CONTENEDOR: 160
<b>KANBAN DE MOVIMIENTO</b>		COMPONENTES: CÓDIGO ITEM: 770073769 PUNTO DE RECOGIDA: 141 CÓDIGO ITEM: 770073769 PUNTO DE RECOGIDA: 142	
		<b>KANBAN DE PRODUCCIÓN</b>	

Ilustración 42 Kanban de Transporte y de Fabricación. Fuente: J. Rodríguez. Escuela de Negocios.

### Reglas del Kanban:

- El proceso siguiente retira el número de piezas indicado en el Kanban del proceso anterior.
- El proceso anterior produce/envía la cantidad siguiente a la secuencia indicada en el Kanban.
- Ninguna pieza se produce o se desplaza sin Kanban.
- Una tarjeta Kanban está siempre fijada a las piezas.
- Ninguna pieza defectuosa se envía al proceso siguiente.
- La reducción del número de Kanbans permite reducir los stocks, pone en evidencia los problemas enmascarados por el stock.

**Siempre el proceso siguiente tira del proceso anterior**

[Rodríguez, J (2018)]



## 4. MTa KanDo Lean.

**MTa** es una organización fundada en 1982 que se dedica al diseño, suministro y facilitación de actividades innovadoras de **aprendizaje experiencial**, recursos de capacitación y programas de **desarrollo de personas**.

El programa **MTa Learning** está formado por más de 100 actividades que MTa tiene disponibles en el mercado.

**MTa KanDo Lean** es uno de los kits del programa y se trata de un juego competitivo, atractivo y enérgico que introduce los principios del procesamiento Lean.

En los primeros años MTa se especializó en consultoría de desarrollo organizacional. Construyeron una serie de materiales de aprendizaje experimental que utilizaron en sus programas de desarrollo. Los clientes quedaron impresionados con las nuevas herramientas, ya que eran innovadoras y poderosas.

Combinan guías integradas para el formador o facilitador, diseño de actividades inteligentes, materiales atractivos... y todo ello con un enfoque que permite llevar a cabo talleres experimentales profesionales y programas de desarrollo de personas de manera fácil y eficiente.

La documentación completa que se ha elaborado para el desarrollo de la actividad formativa consta de dos partes diferenciadas: Una primera en la que se ha adaptado todo el material del kit de aprendizaje de **Procesamiento Lean MTa KanDo Lean**, y en segundo lugar, la presentación del **Guía Formador** para llevar a cabo el desarrollo de la actividad.

### 4.1. Documentación MTa KanDo Lean adaptada

El Anexo 1 de este proyecto corresponde a la documentación completa adaptada de MTa KanDo Lean.

Dicha documentación está compuesta por una serie de documentos, guías y cuadernos que se describen a continuación:

- **Tabla de Contenidos**

Ficha que enumera los materiales de los que se compone el kit completo de MTa Kando Lean, así como el contenido del manual del instructor.

- **Guía del Instructor**

Es una guía que el Instructor debe trabajar y leerse conjuntamente con el cuaderno del participante. Su finalidad es desarrollar el compromiso de los participantes enfocándoles y ayudándoles a entender cómo el **procesamiento lean** puede



mejorar el **servicio al cliente**, la **rentabilidad** de la empresa y la satisfacción laboral, así como ayudarles a introducirlos en su puesto de trabajo.

La actividad está diseñada para que los temas que se introducen puedan relacionarse fácilmente con los problemas de los negocios reales.

Los principales temas y contenidos serán:

- Planificación de la capacidad y carga de trabajo
- Gestión de la información y material
- Problemas con la fabricación por lotes y elevado WIP
- Ventajas de reducción de Lead Time
- Equilibrado de cargas y minimización de stock
- Enfoque eficaz entre elementos de la Cadena de Suministro
- Aplicación práctica de los principios del procesamiento Lean
- Flujo continuo en pull con la demanda del cliente.

El instructor ha de tener en cuenta que la actividad va dirigida principalmente a:

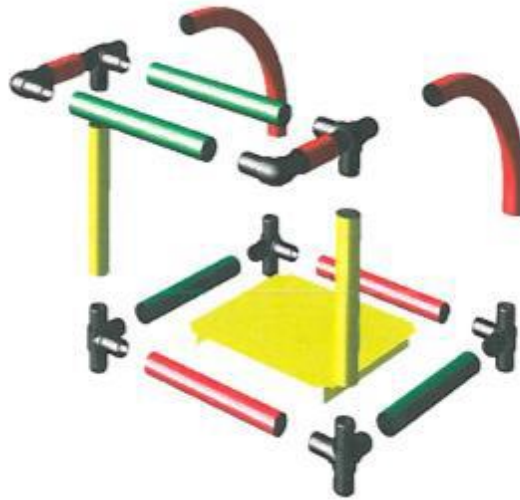
- Mandos intermedios que gestionan procesos
- Encargados de producción, responsables y supervisores
- Equipos de trabajo en proyectos de implementación de procesamiento lean o de mejora continua
- Persona que interactúe con clientes o entre departamentos

La guía detalla el diseño de la actividad, la formación de grupos, los recursos y espacio disponibles, la duración por fase de producción, y ejemplos de duración del taller completo.

Del mismo modo se indican los materiales que se necesitan por grupo, cada participante de forma individual y el instructor que hace las veces de cliente. También se definen las zonas de trabajo y espacio para cada uno de ellos.

El instructor debe estar muy familiarizado con el producto, la codificación y las diferentes configuraciones, pues será quién verifique la calidad y especificaciones.

En la Ilustración 43 se muestra una configuración de Trolley:



*Ilustración 43 Vista desglosada de un KanDo Trolley*

Las **funciones del instructor** serán las siguientes:

- Gestión global de la actividad
- Presentación de la actividad y de los participantes
- Observar y facilitar el aprendizaje
- Ser el cliente
  - Realizar pedidos (Fases 1-3: Verbal. Fases 4-5: Tarjetas de Pedidos)
  - Recepción de entregas, control y calidad
  - Aclarar problemas y dar información adicional

El instructor debe repartir su tiempo entre los distintos grupos para observar y anotar actitudes y los hechos claves que afectan al progreso del grupo. Al final de cada producción les indicará:

- Unidades entregadas y aceptadas según la Hoja de Estadística de Satisfacción del cliente.
- Elaborar una tabla comparativa de los grupos y fases
- Pedir a los participantes que completen su Resumen de Producción

Todas las instrucciones a seguir en el desarrollo de las producciones y en los cambios de unas fases a otras se detallan en el Anexo 1.

- **Satisfacción del cliente**

Es una Hoja estadística de la satisfacción del cliente. Se registra evaluando dos parámetros: producto **recibido a tiempo** y **calidad ok**. Indica la hora en la que se produce la entrega, el diseño y código del producto.

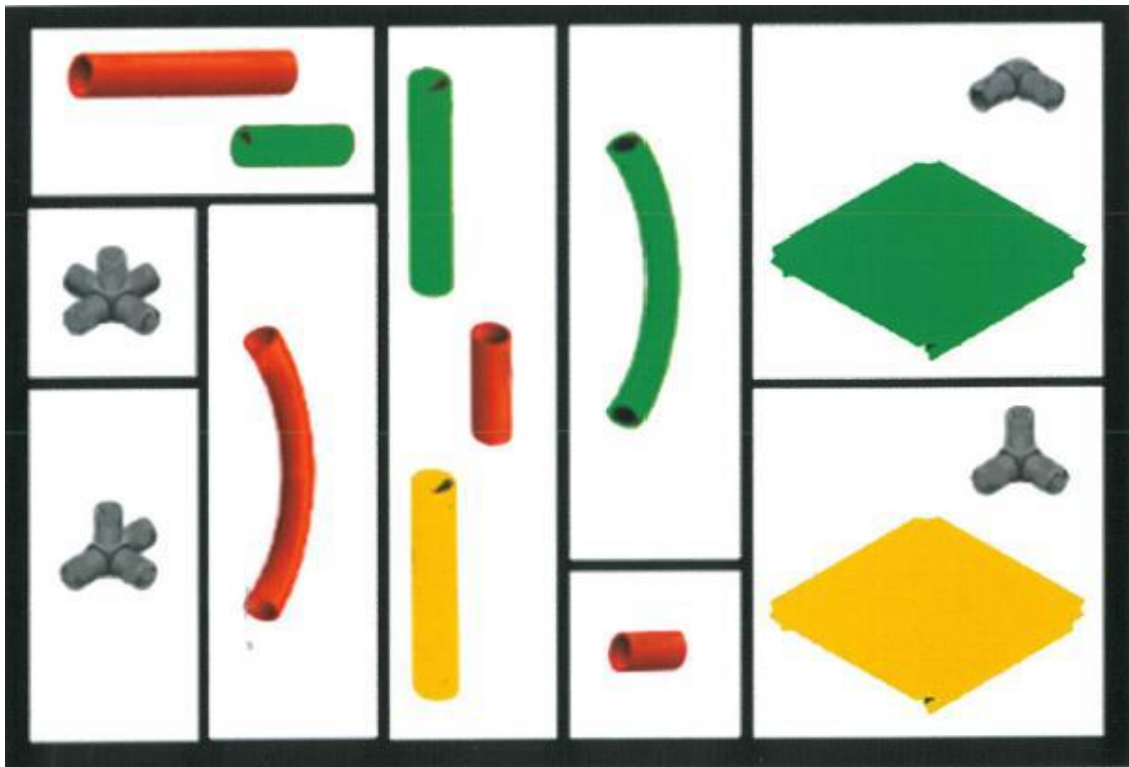
La hoja registra el porcentaje total de servicio, es decir, el porcentaje de unidades pedidas entregadas a tiempo y cumpliendo la especificación.

- **Resumen oral del instructor**

Es una descripción de la “**Varita Mágica**”, actividad introductoria para participantes que no han realizado antes formaciones experienciales de este tipo. Está diseñada para conseguir que todos participen de la acción y tomen conciencia de los problemas del trabajo efectivo en equipo y para que apliquen las habilidades desarrolladas en los 15-30 minutos de esta actividad durante todas las fases de KanDo Lean.

- **Lista de componentes**

Listado con los componentes y sus respectivas cantidades de los maletines de KanDo Lean: **Tubos, bases, conectores** y una sugerencia de la **distribución** de la caja, como se muestra en la Ilustración 44:



*Ilustración 44 Sugerencia de distribución maletín KanDo Lean*

- **Resumen para el instructor**

Es un resumen de lo que el instructor de la actividad necesita conocer para llevar a cabo la actividad.

En primer lugar se recuerda la distribución de participantes en grupos y del espacio, los materiales necesarios por grupo y por participante.

A continuación se enumeran los **roles** del instructor como **cliente** durante la ejecución de la actividad.



El documento finaliza con unas indicaciones por cada una de las 5 fases productivas y la **transferencia de aprendizaje** final:

- Fase 1: “**Caos**”
- Fase 2: “**Lote**”
- Fase 3: “**Pull**”
- Fase 4: “**Flujo continuo**”
- Fase 5: “**Cadena de Suministro**”
- **Transferencia de aprendizaje**

- **Información del producto**

Son dos hojas de información de producto:

1. **Hoja de información de producto con números:** Son las 12 configuraciones de Trolley definidas y numeradas del 1 al 12.
2. **Hoja de información de producto con código:** Son las 12 configuraciones de Trolley con su codificación de 3 letras en función de los colores. (Y=Yellow, G=Green, R=Red)
  - 1ª letra: Color del ASA.
  - 2ª letra: Color del BRAZO CURVO. (R o G)
  - 3ª letra: Color PLACA BASE CUADRADA. (Y o G)

- **Punto de entrega**

Son fichas que se encuentran en el punto de entrega de cada grupo de trabajo. Incluye un listado de preguntas de verificación de la calidad por parte del cliente.

- **Cuaderno del participante**

Es el documento que se le entrega a cada participante para que lo rellene de forma individual a lo largo del taller.

Cada fase productiva de la actividad incluye las siguientes partes en este cuaderno:

- Información de partida
- Tarea
- Ejecución de la producción
- **Revisión individual**
- Discusión en grupo
- Resumen del aprendizaje

La parte fundamental de este cuaderno es la revisión individual por fase. El objetivo es ayudar a desarrollar la comprensión de los **beneficios del procesamiento lean** y ayudar a mejorar el **rendimiento** y **desarrollo personal**. El esfuerzo en responder al cuestionario ayuda a estructurar los pensamientos y a reforzar el aprendizaje. El cuaderno es personal, no hay respuestas correctas o no, ni serán evaluadas.



## 4.2. Presentación Guía Formador

El Anexo 2 de este proyecto es un docupoint, con la que el formador de la actividad formativa guiará el taller, desde la parte teórica de cada fase de producción, hasta el resumen del aprendizaje.

## 5. Estudio económico

En este capítulo, realizaremos el estudio económico del proyecto, teniendo en cuenta las dificultades que supone evaluar una **acción formativa**.

Siempre que planteamos un proyecto, queremos poder calcular el retorno de la inversión **ROI**, (metodología financiera que mide el impacto y el **retorno de la inversión** realizada en programas de formación y desarrollo de recursos humanos). Es decir, ROI es un instrumento de valoración que forma parte de la planificación de cualquier acción empresarial, como paso previo a la ejecución de la acción y no posterior. Se trata, por lo tanto, de la valoración del retorno esperado de una determinada inversión.

En las acciones formativas, el ROI que tanto buscan está muy relacionado con el desarrollo de competencias específicas en los empleados o personas objeto de la formación, podemos decir que tras la formación, el valor del capital humano se habrá incrementado, pudiendo así, traducir la formación en esos beneficios económicos que tanto importan a la industria.

A pesar de que existen modelos ROI para intentar cuantificar el retorno esperado de una inversión como la de nuestro proyecto, en este capítulo solo valoraremos los costes de los elementos tangibles del proyecto.

### 5.1. Fases de desarrollo del proyecto

Es necesario identificar las diferentes fases o etapas que han intervenido en el diseño y creación de esta acción formativa basada en el aprendizaje a través de un juego didáctico para así poder conocer los costes asociados a cada una de ellas. La división en fases que se ha realizado, sigue las descritas en un proceso de investigación de procesos formativos.

Teniendo en cuenta esto, la división por etapas que se ha escogido para este proyecto será la que muestra la Ilustración 45:



Ilustración 45 Etapas del proyecto



## 1. IDENTIFICACION

### ***Formulación de la pregunta***

Bajo la formulación de la pregunta, ¿qué trabajo fin de grado elegir? La pregunta estaba orientada a dar respuesta a dos necesidades, ajustarse a los contenidos del grado de Ingeniería en Organización Industrial, y profundizar en herramientas Lean que permitan a los trabajadores desarrollar competencias bajo la filosofía de mejora continua y optimización en sus procesos productivos.

### ***Definición del proyecto y objetivos***

Una vez se ha decidido el TFG, “MTA KanDo Lean: Actividad didáctica para el aprendizaje de herramientas Lean”, se define junto con el director del trabajo, el alcance del mismo, se definen los objetivos y a partir de ellos los puntos principales que debe contener nuestro TFG para la consecución de esos objetivos.

## 2. DISEÑO

### ***Recopilación de Información***

En esta segunda fase, de diseño, lo primero que se debe hacer es investigar y recopilar información, teniendo muy claro las dos respuestas que debíamos encontrar, los principios de Lean Manufacturing y los diferentes modelos de gamificación cuya finalidad es fomentar, desarrollar, o implementar la filosofía de la metodología Lean, y en la que hemos utilizado el 80% del tiempo búsquedas a través de recursos de internet, y por otro lado un 20% de lecturas de artículos y libros recogidos en la biblioteca o facilitados por el Departamento de Organización de Empresas y CIM. Esta fase de investigación ha mostrado diferentes formas de plantear el trabajo, teniendo que reunirme con el tutor para delimitar dentro de las diferentes opciones.

### ***Diseño***

Empieza la toma de contacto con el juego, se prueban de forma individual las diferentes opciones que nos facilita el manual original de MTA KanDo Lean y posteriormente variaciones personales. Se toman fotografías de diferentes opciones y se prueban distintos montajes, mediciones de tiempos, etc.

Esta fase está solapada respecto a la fase de documentación que se mantiene y convive durante todo el ciclo de vida del proyecto.

### 3. DESARROLLO

En este caso, el desarrollo de nuestro proyecto, consiste en la adaptación de la actividad de MTA Learning y la creación de la presentación formativa para poder impartir la formación experiencial de herramientas Lean, utilizando el maletín de MTA KanDo Lean.

### 4. IMPLEMENTACIÓN

Tras realizar un estudio de la documentación de MTA Learning, adaptarla al castellano y preparar la parte teórica de la presentación formativa, se desarrolla e implementa la parte de la presentación para que el guía formador lleve a cabo la actividad formativa.

### 5. PRODUCCIÓN

El producto final después de todo este conjunto de fases que se han ido retroalimentando, supone plasmar el trabajo de meses en la redacción y edición del trabajo fin de grado, su revisión y corrección por parte del tutor, y finalmente la presentación del mismo.

La última fase depende en gran medida de las demás, ya que su facilidad para la redacción se verá influida por un buen trabajo previo.

## 5.2. Cómputo de horas

La tabla 1 refleja las horas que aproximadamente se ha dedicado a cada fase:

TABLA RESUMEN HORAS DE TRABAJO POR FASE DEL PROYECTO	
Fase	Horas
1	10
2	150
3	70
4	80
5	70
<b>TOTAL</b>	<b>380</b>

*Tabla 1. Descripción de las horas destinadas a cada fase del proyecto.*



### 5.3. Cómputo anual de la jornada de trabajo

El apdo. 1, Art. 34 ,ET, establece que la jornada ordinaria será de 40 horas semanales de trabajo efectivo de promedio en cómputo anual.

“La jornada laboral es el tiempo que el trabajador dedica a la realización de las actividades por las que recibe un salario por parte del empresario.”

Esta jornada se encuentra legalmente limitada, con el fin de garantizar el descanso necesario de los trabajadores (art. 40.2, CE).

La jornada efectiva anual es igual al número de días hábiles por jornada efectiva/día. Para este cálculo hemos de tener en cuenta las vacaciones, los 14 festivos anuales, los días de libre designación y la reducción de los meses de verano.

El esquema con el que hemos calculado las **1762 horas de la jornada anual** correspondiente al año 2018 es:

- 365 días menos 30 (vacaciones anuales) son 335 días.
- 335 divididos por 7 (días que tiene una semana) son 47,8 semanas.
- 47,8 semanas por las 37.5 horas de la jornada semanal
- Restamos las horas de los 14 festivos.
- Restamos las horas de dos días de libre designación

Para calcular el coste de cada hora efectiva del Ingeniero, que se muestra en la Tabla 2, que realiza el proyecto en régimen de autónomos se ha presupuestado un sueldo bruto para el mismo de 1750 euros brutos mensuales y la base de cotización mínima en el régimen de autónomos que bonificada por ser primer alta es de 50 € al mes.

Se muestra el coste del Ingeniero en la Tabla 2:

COSTE PERSONAL INGENIERO	
Sueldo bruto	21000 €
Seguridad social	600 €
Coste total /año	21600 €
Coste total /horas anuales	21600/1760
<b>TOTAL Ingeniero</b>	<b>12,27 €/hora</b>

*Tabla 2. Descripción de coste ingeniero por hora*

## 5.4. Coste material informático

Se consideran material informático tanto los equipos informáticos utilizados (hardware) como los programas y aplicaciones (software) que hemos utilizado para el desarrollo del proyecto.

Se ha considerado un periodo de amortización lineal de 4 años tanto para el software como para el hardware.

En la tabla 3 se describe el material informático utilizado, así como las licencias del software:

Coste Material Informático		
Elemento Material	Coste	Amortización a 4 Años
Toshiba Satellite A500-18R	834,00 €	208,50 €
Microsoft office professional 2016	336,12 €	84,03 €
Cámara Sony DSC-W810	91,65 €	22,91 €
HP Deskjet 2050 J510 Series	380,00 €	95,00 €
<b>TOTAL</b>		<b>410,41. €</b>
<b>TOTAL HORA / 1762 h anuales</b>		<b>0,23 €</b>

*Tabla 3. Amortización anual de material informático.*

## 5.5. Material Fungible

En la tabla 4 se contabilizan los costes del material fungible, es decir los costes del material que ha sido necesario para el desarrollo de las diferentes fases:

Coste Material Fungible			
Elemento Material	Coste UNITARIO	UNIDADES	Coste TOTAL
Folios (paquete)	4,20 €	4	16,80 €
Deskjet 2050 J510 cartucho	32,98 €	4	131,20 €





Pack Bolígrafos y Rotuladores	6,00 €	1	6,00 €
Fotocopias	0,05 €	150	7,50 €
Encuadernación	40,00€	2	80,00 €
USB Toshiba 32GB	9,99 €	1	9,99 €
Varios	35,00 €	1	35,00 €
<b>TOTAL</b>			<b>286,49 €</b>
<b>(TOTAL/380)</b>			<b>0,75 €/hora</b>

Tabla 4. Resumen coste material fungible

## 5.6. Costes Indirectos

Coste indirecto es aquel costo que afecta al proceso productivo en general de uno o más productos, por lo que no se puede asignar directamente a un solo producto sin usar algún criterio de asignación. Conoceremos el gasto que ha supuesto la dedicación al proyecto en estos elementos de la Tabla 5:

Coste Indirectos	
Concepto	Coste TOTAL
Electricidad	180,00 €
Telefonía/Internet	217,76 €
Gasolina/Transporte/Parking	86,00 €
<b>TOTAL</b>	
<b>483,76 €</b>	
<b>(TOTAL/380)</b>	
<b>1,27 €/hora</b>	

Tabla 5. Costes indirectos derivados del TFG

## 5.7. Costes asignados a cada etapa del proyecto

En los puntos anteriores, hemos obtenido el coste por hora anualizado según el criterio de 1760 horas efectivas, que calculamos en el primer apartado de este

capítulo, del material informático y del sueldo de un Ingeniero Industrial. El material fungible y los costes indirectos se imputan al total de horas del proyecto (380 horas) y que se recogen en la Tabla 1.

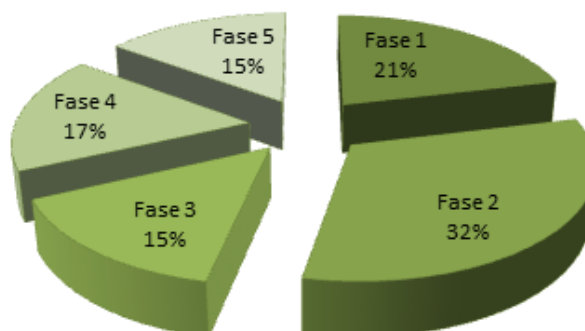
Por último, en la tabla 6 se muestra el cálculo del coste imputable en cada fase del proyecto:

TABLA RESUMEN DE COSTES TOTAL PROYECTO			FASES				
			1	2	3	4	5
CONCEPTO		HORAS COSTE	100	150	70	800	70
	Personal (Ingeniero)	12,27€	1.227 €	1.840,5 €	858,90 €	981,60 €	858,90 €
	Material Informático	0,23€	23 €	34,50 €	16,10 €	18,40 €	16,10 €
	Material fungible	0.75€	75 €	112,50 €	52,50 €	60,00 €	52,50 €
	Indirectos	1,274€	127 €	191,10 €	89,18 €	101,92 €	89,18 €
<b>TOTAL FASE (€)</b>			<b>1.552,40</b>	<b>2.328,60</b>	<b>1.086,68</b>	<b>1.241,92</b>	<b>1.086,68</b>
<b>TOTAL PROYECTO</b>			<b>7.296,28 €</b>				

*Tabla 6. Coste por fase y coste final TFG*

En el siguiente gráfico de la Ilustración 46, se muestra de una forma más visual el porcentaje sobre el total que representa cada fase:

### COSTE POR FASE



*Ilustración 46 Gráfico coste por fase. Fuente: Elaboración propia*



## 6. Conclusiones y acciones futuras

La finalidad de este capítulo será extraer las conclusiones tanto objetivas como subjetivas del desarrollo de este trabajo fin de grado y mencionar las acciones futuras que derivan del mismo.

Para ser capaces de realizar un estudio concienzudo de la metodología y actividades que MTA Learning desarrolla en distintos países del mundo, delimitando el perímetro del proyecto a la actividad basada en el aprendizaje de procesamiento Lean con el kit **MTa KanDo Lean**, primeramente se ha realizado un estudio de la importancia del **aprendizaje basado en juegos** y de las técnicas que actualmente se emplean para despertar el interés de los participantes, engancharlos, conseguir que aumente su concentración y la capacidad para retener el aprendizaje de manera duradera en el tiempo al experimentarlo en primera persona y de manera práctica. Dichas técnicas y metodologías se han recogido en los apartados 2.2 Gamificación y 2.3 Learning by doing de este TFG.

En internet existe una enorme variedad de juegos para todas las edades, con los que se pueden adquirir todo tipo de conocimientos haciendo uso de las nuevas tecnologías.

Sin embargo, quiero destacar el elemento diferencial de nuestra actividad, y es que está diseñada para transmitir un valor fundamental, demandado en el mercado laboral y fuente importante de ventaja competitiva, como es el **trabajo en equipo eficiente**.

Para ello es necesario tener conocimiento de gestión de personas, ser respetuosos y mantener buen ambiente de trabajo en el aula, haciéndolo extensible cada uno a su puesto de trabajo.

Con este juego didáctico además de lograr lo recién mencionado, se espera que se establezca una **competitividad** sana entre grupos, para ser quien más cantidad de Trolleys entreguen a tiempo y con la calidad y especificaciones marcadas por el cliente.

Todo ello siguiendo los principios fundamentales de los Sistemas Lean y aplicando las principales técnicas desarrolladas en el apartado 3.5 Técnicas Lean.

Con las **revisiones individuales** y las **discusiones grupales** posteriores a cada fase productiva logramos establecer un análisis muy potente de los problemas detectados, que se convertirán en ese momento en oportunidades de mejora para las sucesivas fases productivas.

A través de la documentación desarrollada seremos capaces de llevar a cabo la actividad con una metodología estándar y de maximizar los beneficios de los participantes.



Dicho esto, las **acciones futuras** de esta actividad pasarán por el desarrollo práctico siguiendo las pautas del desarrollo teórico elaborado, mediante el testeado de alumnos de la Escuela de Ingenierías Industriales.

Tras esto, obtendremos datos reales de tiempos, porcentaje de entregas a tiempo, porcentajes de satisfacción de cliente, y lo que desde mi punto de vista es más importante, seremos capaces de dar respuesta a las preguntas y consideraciones planteadas a lo largo de las fases de la actividad, en función a la implicación y creatividad de los alumnos.

Se planteará la opción de cambiar las normas del montaje de “Trolleys” y crear más diseños con los mismos elementos, a partir de las 12 configuraciones trabajadas hasta el momento.

De esta forma surgirán nuevos problemas tanto con el montaje como con el reciclado y suministro de piezas.

Considero que las posibilidades y el potencial de esta actividad se irán multiplicando a medida que distintos grupos de alumnos realicen la actividad completa y extraigan sus propias conclusiones de aprendizaje.

## 7. Bibliografía

- Aráuzo Aráuzo, J.A. (2016). “Tema 8. Lean Manufacturing”. Dirección de Operaciones. Departamento de organización de Empresas y C.I.M., Universidad de Valladolid.
- Chacón, P [2008] “El juego didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje. ¿Cómo crearlo en el aula?”. [Consulta Marzo 2018]:  
<http://www.grupodidactico2001.com/PaulaChacon.pdf>
- Fidalgo, Ángel. “Gamificación Educativa”. [Consulta Abril 2018]:  
<https://innovacioneducativa.wordpress.com/2014/03/26/que-es-gamificacion-educativa/>
- Gaitán, V [2013] “Gamificación: el aprendizaje divertido”. [Consulta Abril 2018]:  
<http://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido>
- Hernández Matías, J.C y Vizán Idoipe, A. [2013] “Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación” [Consulta Abril 2018]:  
[http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI\\_LeanManufacturing\\_2013.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf)
- Llagostera, E [2012] “On gamification and persuasión” [Consulta Abril 2018]:  
[http://www.click4it.org/images/4/4b/On\\_Gamification\\_and\\_Persuasion\\_Eric\\_Llagostera.pdf](http://www.click4it.org/images/4/4b/On_Gamification_and_Persuasion_Eric_Llagostera.pdf)
- Palacios, J. (2008): “Medición del impacto y rentabilidad de la formación”. [Consulta Mayo 2018]:  
<http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788575.pdf>
- Perez-Chirinos, R (2018), “Mantenimiento Industrial”. Escuela de Negocios, Cámara de Comercio Valladolid.
- Rodríguez Lago, G. [2016]: “Desarrollo de un juego didáctico para aprendizaje de herramientas Lean”
- Rodríguez, J (2018), “Introducción Lean Manufacturing” y “Flujos”. Escuela de Negocios, Cámara de Comercio Valladolid.



- Rodríguez, P. [2013] “El learning by doing de Robert Schank: el aprendizaje ocurre cuando alguien quiere aprender”. [Consulta Marzo 2018]:  
<http://blogthinkbig.com/learning-by-doing>
- Vidal, M.L [2007] “Edgar Dale y el cono de aprendizaje: análisis de un curso de formación”. [Consulta Abril 2018]: :  
<http://bitacoradelgaleon.blogspot.com.es/2007/05/edgar-dale-y-el-cono-de-aprendizaje.html>
- Womack, James P y.Jones, Daniel T [2003]. “Lean Thinking”
- Proyecto Newton [2016] “Aplicación de juegos didácticos en el aula. Elección y programación”. [Consulta Marzo 2018]:  
[http://recursostic.educacion.es/newton/web/aplicacion\\_juegos\\_aula/p2/ejemplo\\_de\\_utilizacin\\_del\\_juego\\_el\\_ahorcado.html](http://recursostic.educacion.es/newton/web/aplicacion_juegos_aula/p2/ejemplo_de_utilizacin_del_juego_el_ahorcado.html)  
<http://recursostic.educacion.es/heda/web/difundiendo-buenas-practicass/409-juegos-didacticos-del-proyecto-newton>
- Importancia de los juegos didácticos en la enseñanza universitaria. Consulta Marzo 2018:  
[http://estrategias-didacticas-curfad2011.blogspot.com.es/2011/07/importancia-de-los-juegos-didacticos-en\\_9020.html](http://estrategias-didacticas-curfad2011.blogspot.com.es/2011/07/importancia-de-los-juegos-didacticos-en_9020.html)
- La lúdica y el juego como estrategia de aprendizaje. [Consulta Abril 2018]:  
[http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17976/26072214\\_2015.pdf?sequence=1](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17976/26072214_2015.pdf?sequence=1)
- [Consulta Marzo 2018]  
<https://es.scribd.com/document/185879348/Implementacion-del-juego-en-el-aprendizaje-significativo>
- [Consulta Marzo 2018]  
<http://hdl.handle.net/11268/4314>
- [Consulta Marzo 2018]  
<http://revistas.upagu.edu.pe/index.php/EX/article/view/361/306>
- Learning by doing. [Consulta Abril 2018]:  
<https://www.cerem.es/blog/aprendizaje-experencial-learning-by-doing>
- Sabilis. Centros de neurodesarrollo. [Consulta Abril 2018]:  
<https://www.sabilis.com/blog/la-curva-del-olvido/>





- Progressalean.[Consulta Mayo 2018]:  
<http://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing>
- PRODINTEC. [Consulta Abril 2018]: [http://www.camara-ovi.es/documentos/aempresarial/LEAN\\_MANUFACTURING%20.pdf](http://www.camara-ovi.es/documentos/aempresarial/LEAN_MANUFACTURING%20.pdf)
- The Lean Post.[Consulta Abril 2018]  
<https://www.lean.org/LeanPost/Posting.cfm?LeanPostId=514>
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPV. [Consulta Mayo 2018]:  
<http://leanmii.blogs.upv.es/2016/05/28/la-casa-del-toyota-production-system/>
- Lean Production. [Consulta Mayo 2018]:  
<http://www.leanproduction.co/articulos-lean-manufacturing/empresa-lean-production/eliminando-y-reduciendo-muda-despilfarro-o-waste-en-la-industria-global.html>
- IEB School. [Consulta Mayo 2018]:  
<https://comunidad.iebschool.com/universoagile/2014/11/26/la-mejora-continua-un-viaje-a-traves-de-lean-kaizen-demien-kata-y-extreme-programing/>
- Focuslean. [Consulta Mayo 2018]<http://www.focuslean.com/lean-toyota-kata/>
- Control Visual. [Consulta Junio 2018]:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/andon-control-visual/>
- Heijunka. [Consulta Junio 2018]: <http://www.leanroots.com/heijunka.html>
- Blog del Máster Ingeniero Industrial de la UPV (2016). [Consulta Junio 2018]: <http://leanmii.blogs.upv.es/2016/04/20/tecnicas-de-calidad-en-lean-manufacturing/>
- ROI. [Consulta Junio 2018]:  
<http://mundoerp.com/blog/calcular-retorno-inversion-roi-erp>  
<https://blogs.imf-formacion.com/blog/recursos-humanos/formacion/roi-formacion-en-la-empresa/>
- Etapas proyecto de investigación [Consulta Junio 2018]:  
<https://consultaeircomunitaria.wordpress.com/2014/11/22/etapas-del-proyecto-de-investigacion/>



- Gamificación. [Consulta Mayo 2018]: <https://ined21.com/la-gamificacion-las-aulas/>
- Taylor y Ford. [Consulta Mayo 2018]: <http://alexandrapatriciamathie.blogspot.com/2012/02/aportes-de-frederick-taylor-y-henry.html>
- Historia de la pedagogía. [Consulta Junio 2018]: <http://pedagogia.mx/historia/>

## Anexos

---

**Anexo 1: Documentación MTA KanDo Lean**

**Anexo 2: Presentación Guía Formador**

