

CAPÍTULO 3: INTRODUCCIÓN AL *LEAN MANUFACTURING*

3.1.- *LEAN MANUFACTURING*

3.1.1.- ORIGEN DEL TÉRMINO “*LEAN MANUFACTURING*”

El término “*lean*” fue creado en 1987 en el MIT (*Massachusetts Institute of Technology, Boston MA*).

Un equipo del MIT estaba estudiando el sistema de Toyota de diseño, producción, aprovisionamiento y servicio al cliente. Como parte del análisis, escribieron en una pizarra todos los elementos que lo diferenciaban respecto del sistema tradicional de producción en masa:

- Necesita menos recursos humanos para diseñar, fabricar y servir los productos.
- Necesita un menor volumen de inversión para conseguir un volumen determinado de capacidad productiva.
- Fabrican menos productos con un menor nivel de defectos y retrabajos.
- Utilizan menos proveedores pero más cualificados.
- Pueden fabricar una mayor gama de productos con menor coste para mantener precios y ganar cuota de mercado.
- Necesita menos nivel de inventario en cada fase del proceso.

Analizando todos los elementos descritos llegaron a la conclusión de que necesitaban “menos de todo” para crear una cantidad determinada de valor, lo definieron por tanto como una organización “esbelta” (*lean*).

Por lo tanto el “*Lean Manufacturing*” recoge las técnicas desarrolladas en el sistema de producción de Toyota.

3.1.2.- DEFINICIÓN DE *LEAN MANUFACTURING*

El “*Lean Manufacturing*” es en definitiva una serie de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar el desperdicio y establecer un sistema de producción eficiente que permita realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuando son requeridos, en la cantidad requerida y sin defectos.

Aplicar las prácticas *Lean* es una forma de reducir costes, mejorar los resultados así como la reactividad y flexibilidad frente a cambios externos y crear valor para la empresa.

Lean es una metodología de trabajo que permite trabajar sobre la cadena de valor del producto/servicio o de una familia de productos/servicios.

Una empresa que trabaja según los principios *lean*, busca sistemáticamente conocer aquello que el cliente reconoce como valor añadido y está dispuesto a pagar por ello, al tiempo que va eliminando aquellas operaciones/pasos del proceso que no generan valor.

La teoría del *Lean Manufacturing* está estructurada en una serie de Principios & Conceptos y Herramientas & Técnicas, las cuales se muestran a continuación.

ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



<u>PRINCIPIOS & CONCEPTOS</u>	<u>HERRAMIENTAS & TÉCNICAS</u>
VALOR	<ul style="list-style-type: none"> • Los 7 desperdicios.
CADENA DE VALOR <ul style="list-style-type: none"> - Mapa de la cadena de valor actual y futuro. - Búsqueda de desperdicios. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Value Stream Mapping</i>
FLUJO CONTINUO <ul style="list-style-type: none"> - Cero defectos. - Flexibilidad y Reactividad. - Trabajo “pieza a pieza”. - Fábrica visual. - Implicación del personal. - Estandarización. - Orden y limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>5S.</i> • <i>TPM.</i> • <i>SMED.</i> • <i>Jidoka.</i> • <i>Poka yoke.</i> • ...
PULL FLOW <ul style="list-style-type: none"> - Flujo tirado por el cliente. - Reducción del tamaño de lotes. - Nivelado. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kanban.</i> • <i>Heijunka.</i> • ...
PERFECCIÓN <ul style="list-style-type: none"> - Mejora continua. - Repetitividad de los procesos sin errores. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>6SIGMA.</i> • <i>AMFE.</i> • <i>PDCA.</i>

Tabla 1. Principios & Conceptos y Herramientas & Técnicas

ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Esta tabla resume la totalidad de los conceptos y herramientas genéricos propios de la teoría *Lean*, la cual tiene aplicación en múltiples sectores industriales, como pueden ser: automoción, aeronáutico, médico, alimentación,..., a la vez que en el sector servicios (*Lean Service*), procesos de diseño (*Lean Design*) y la cadena de suministro de un proceso productivo (*Lean Supply Chain*); si bien cada uno de ellos introduce una serie de particularidades.



Figura 10. Modelo Lean Manufacturing

Como se ha comentado anteriormente, en el presente documento, se va a hacer hincapié en la aplicación particular de la teoría *Lean* dentro de una empresa de ingeniería dedicada a la elaboración de proyectos de construcción de subestaciones eléctricas.



Figura 11. Herramientas y Técnicas Lean

Previo a desarrollar este análisis, se expone (puesto que se considera que es el ejemplo de aplicación más sencillo y que puede ayudar al lector a entender en qué consiste dicha teoría), cómo debe ser el proceso de aplicación de la teoría *Lean* para convertir un sistema productivo genérico de una empresa en un Sistema *Lean* de Producción.

3.2.- PROCESO DE TRANSFORMACIÓN LEAN: PRINCIPIOS LEAN

Lo que se conoce como “Principios *Lean*” es la secuencia que hay que seguir para transformar el Sistema de Producción de una empresa a un Sistema *Lean*. Para conseguir este objetivo es necesario aplicar los diferentes conceptos y herramientas propios de la teoría *Lean*, mostrados en la tabla 1.

Como un primer paso en la transformación, es necesario identificar las fuentes actuales/potenciales de desperdicio del sistema productivo de la empresa para así lograr eliminarlas.

A continuación se detallan los pasos a seguir:

3.2.1.- IDENTIFICACIÓN DEL VALOR

Valor es un concepto de percepción de un producto o servicio. Es todo aquello que hace que se cumplan las funcionalidades esperadas por el cliente, con un nivel de calidad esperado, a un coste esperado y en un plazo de tiempo esperado y por el cual está dispuesto a pagar el cliente.

Todo aquello que no es valor o no ayuda a incrementarlo de forma directa y supone un coste para la empresa se denomina desperdicio.

En la teoría *Lean* se identifican 7 desperdicios básicos.

3.2.1.1.- LOS 7 DESPERDICIOS

Los 7 desperdicios fueron definidos por el responsable de establecer el sistema de producción de Toyota, Taiichi Ono.

Desperdicio (“*Waste*” en inglés y “*Muda*” en japonés) es toda actividad que no aporta valor al producto o servicio pero que consume recursos.



Figura 12. Despilfarro/Desperdicio

Los 7 desperdicios son los siguientes:

- **SOBREPRODUCCIÓN:** Producción de referencias antes de que sean requeridas en el proceso cliente.
- **TIEMPOS DE ESPERA:** Recursos sin utilizar esperando a poder realizar una actividad.
- **TRANSPORTE Y ALMACENAJE:** Tiempo invertido en transportar y almacenar materiales o documentos.
- **TIEMPOS DE PROCESO INNECESARIOS:** Procesos ineficientes que originan la necesidad de realizar tareas sin valor añadido.
- **INVENTARIOS:** Acumulación de materia prima, producto en curso o producto terminado.

- **MOVIMIENTO**: Cualquier movimiento (método) que no es necesario para completar una operación de valor añadido.
- **DEFECTOS**: Utilizar, generar o suministrar productos que no cumplen las especificaciones.

3.2.1.2.- NIVELES DE DESPERDICIOS

A la hora de detectar desperdicios es necesario observar los procesos desde distintos niveles:

- A nivel macro (flujo de materiales a lo largo de una planta o varias plantas): Stock o inventario, lay-out ineficiente, áreas de inspección, devoluciones de clientes, lotes de transferencias, flujo intermitente,...
- En el ámbito de proceso: Tiempo de preparación, desequilibrios entre operaciones, averías, chatarra, mermas,...
- A nivel micro de operaciones (el método): Agacharse, coger y dejar, desplazarse,...

3.2.1.3.- LA MEJORA Y LOS DESPERDICIOS

En la base del *Lean Manufacturing* está el establecimiento de un proceso de mejora basado en:

- Saber qué aporta valor y qué no lo aporta.
- Eliminar o reducir las actividades que no aportan valor.

Traduciendo a una tarea concreta:

- Identificar el desperdicio: Del tiempo total dedicado a la tarea, habrá parte en la que se aporte valor y parte en la que no.
- Mejorar (cambiar cosas) para eliminar el tiempo que no aporta valor.
- Asignar operaciones que aporten valor.

3.2.1.4.- IDENTIFICACIÓN DE LA CADENA DE VALOR

La cadena de valor es una secuencia de actividades o pasos (con o sin aporte de valor) desarrolladas para conseguir un determinado producto o servicio a través de las tres tareas típicas de gestión de un negocio:

- Tareas de resolución de problemas: Desde el diseño hasta el lanzamiento de un producto.
- Tareas de gestión de la información: Desde la recepción de pedidos hasta la planificación de la expedición.
- Tareas de transformación física: La transformación desde materias primas hasta producto terminado.

El análisis lleva a identificar los desperdicios actuales y definir la cadena de valor futura objetivo.

ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



El objetivo del mapeado de la cadena de valor es obtener una perspectiva general del conjunto, no sólo de los procesos individuales, y mejorar todo, no sólo optimizar las partes. A partir de la información recopilada se debe establecer cuál es la situación objetivo con el mapa futuro de la cadena valor.

Por último se establece un plan de acciones donde se especificarán los cambios que es necesario realizar y los encargados de los mismos.

El objetivo puede ser obtener una visión del flujo de producción “de puerta a puerta” en una planta, incluyendo la expedición del producto al cliente de la planta y la entrega de piezas y el material; o, en el caso de empresas grandes, el estudio de la cadena de valor de un producto pasa por varias instalaciones.

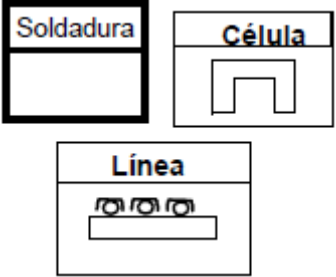
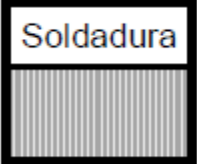

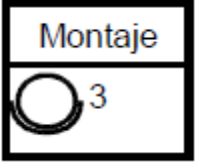
El análisis se centra particularmente en la relación entre el flujo de materiales y el flujo de información. Normalmente el estudio de la cadena de valor se centra en la optimización del flujo de los materiales/procesos a lo largo de todo el proceso productivo.

En la producción *lean*, el flujo de información se considera tan importante como el de material. De manera general el proceso de mapeado debe realizarse con el objetivo de responder la pregunta ¿cómo se puede hacer fluir la información de tal forma que un proceso haga solamente lo que necesita el próximo proceso y cuando lo necesita?.

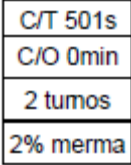


ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

3.3.1.- SIMBOLOGÍA DEL VSM

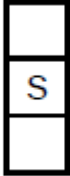

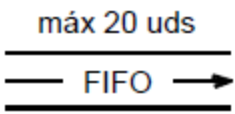
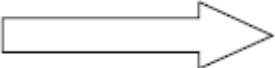
La metodología VSM se basa en una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados

SÍMBOLO	REPRESENTA	OBSERVACIONES
	<p>Proceso de fabricación dedicado a la familia de productos analizada.</p> <p>Puesto – Célula - Línea</p>	<p>Representa un área de flujo continuo. Puede incluir una máquina o una célula.</p>
	<p>Proceso de fabricación compartido con otras familias de productos que no se estén analizando.</p>	<p>Las conclusiones que se adopten sobre este proceso hay que contrastarlas con el resto de productos.</p>
	<p>Proceso origen o destino de la cadena de valor.</p> <p>Normalmente, el proveedor o el cliente.</p>	
	<p>Proceso de fabricación con 3 operarios asignados por turno.</p>	



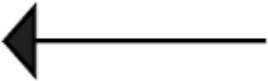

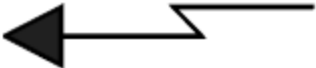
ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

	<p>Caja de parámetros. Se incluye la información que define el proceso.</p> <p>C/T (Tiempo de ciclo). C/O (Tiempo de cambio). Turnos, mermas, disponibilidad, tamaño de lote.</p>	<p>Se representa en la parte inferior del proceso.</p>
	<p>Inventario. Un punto de acumulación de material por interrupción de flujo.</p>	<p>Se anota la cantidad de unidades y los días de stock.</p>
	<p>Punto de acumulación de material. <i>BUFFER</i>.</p> <p>Es una protección a variaciones EXTERNAS: Variación en la demanda.</p>	<p>Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo variaciones. Se puede eliminar con flexibilidad en capacidad productiva.</p>

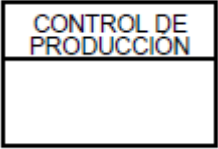
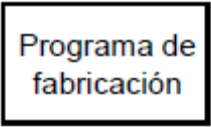

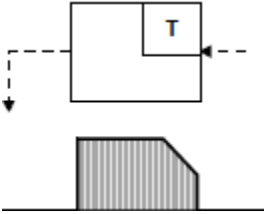
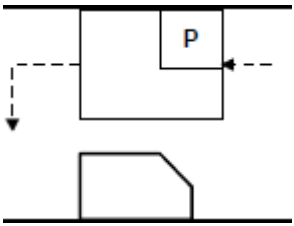
ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

	<p>Punto de acumulación de material. STOCK DE SEGURIDAD.</p> <p>Es una protección a problemas INTERNOS: Defectos, averías,...</p>	<p>Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo problemas internos. Se puede eliminar resolviendo las incidencias internas.</p>
	<p>SUPERMERCADO.</p> <p>Dispone de una cantidad por referencia que se repone en función del consumo registrado.</p>	<p>Se utiliza en los puntos de la cadena de valor en los que no se puede establecer un flujo continuo.</p>
	<p>Punto de acumulación de material. Sale lo primero que ha entrado. Está limitada la capacidad, si se alcanza el tope de capacidad se interrumpe el proceso de cabecera.</p>	<p>Alta variedad de productos. No se puede establecer un Súper.</p> <p>Protege el proceso de salida.</p>
	<p>Flujo de materiales desde el origen de la cadena o al destino de la cadena.</p>	

ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

	<p>Flujo de materiales <i>PUSH.</i></p>	<p>El material avanza independientemente del consumo registrado.</p>
	<p>Flujo de materiales <i>PULL.</i></p>	<p>El material avanza porque se ha producido un consumo de productos.</p>
	<p>Flujo de información suministrada de forma manual (papeles, documentos,...)</p>	
	<p>Envío por transporte de carretera.</p>	<p>Se anota la frecuencia de envío y el lote de transporte.</p>
	<p>Flujo de información suministrada de forma electrónica (EDI, e-mail,..)</p>	

ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

	<p>Proceso de control. Recibe información (previsiones, consumos, ...), la procesa y genera información para controlar el flujo de materiales.</p>	
	<p>Información, previsiones, órdenes de fabricación,...</p>	
	<p>Sistema informático (base de datos).</p>	<p>Sistemas ERP,...</p>
	<p><i>Kanban</i> de transporte: indica el número de componentes a retirar de un supermercado.</p>	
	<p><i>Kanban</i> de producción: indica el número de productos a fabricar para reponer un consumo de materiales.</p>	

ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE UNA EMPRESA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

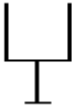
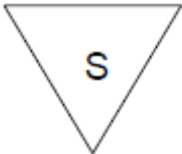
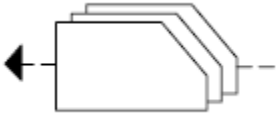
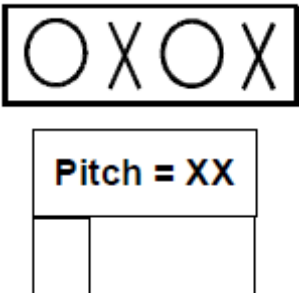
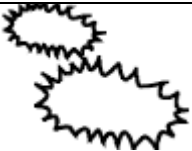
	Tarjetero <i>Kanban</i> .	
	Señal <i>Kanban</i> : Indica el número de componentes a fabricar en un proceso que fabrique por lotes.	La señal <i>kanban</i> genera una orden de fabricar un lote para reponer un consumo (punto de pedido).
	Lote de tarjetas <i>kanban</i> .	Señal <i>Kanban</i> : Representa un lote (punto de pedido). Lote de tarjetas: Es una acumulación de tarjetas (periodo).
	<i>HEIJUNKA BOX</i> . Representa una nivelación del flujo de materiales.	La secuenciación está realizada en base a cantidades de trabajo fijas de xx minutos de duración.
	Acción <i>KAIZEN</i>	

Tabla 2. Simbología Estándar del VSM. Fuente: Value Stream Management; by Don Tapping, Tom Luyster and Tom Shuker.

3.3.2.- CREACIÓN DEL MAPA ACTUAL

Todo mapa de cadena de valor debe comenzarse por el lado de las necesidades del cliente.

Para poder abordar cualquier tipo de mejora es necesario tener la especificación precisa del valor de un producto tal y como lo recibe el cliente. De lo contrario se corre el riesgo de mejorar una cadena de valor que en realidad suministra al cliente algo que no había pedido. Por ello es importante comenzar el mapa por las necesidades del cliente.

El siguiente segmento es el de los procesos básicos de producción. Para representar un proceso, usamos la casilla de proceso. Usamos la casilla de proceso para representar un segmento de flujo de material que sea continuo.

La casilla de proceso termina donde los procesos se desconectan y se interrumpe el flujo del material.

A medida que se recorre el flujo de material del producto, se irán descubriendo los puntos donde se acumula el inventario.

Es importante dibujar estos puntos en el mapa de estado actual de la cadena de valor, porque indican dónde se detiene el flujo.

Una vez definidos los procesos por los que pasa la familia de piezas seleccionada para el análisis, procedemos a dibujar la expedición del material y la recepción del mismo, señalando los almacenes y la cadencia de expedición y entrada de ellos.

Una vez representado el mapa de flujos de material se procederá al análisis y representación de los flujos de información.

Para ello se diferenciarán las informaciones que se realicen por vías electrónicas de las que se realicen por papel.

Es posible encontrar situaciones en las que la información se realiza verbalmente.

Se deben conectar los procesos, ya sea mediante pull, push o FIFO, para que se conozca la forma en que el material pasa a través de los procesos.

Con los datos obtenidos de la observación de las operaciones actuales dibujadas en el mapa, se puede sintetizar el estado actual de la cadena de valor.

3.3.3.- PASOS A SEGUIR EN EL PROCESO DE MAPEADO

- 1.- Seleccionar la cadena de valor a analizar. Establecer objetivos.
- 2.- Representar el proceso cliente y sus requerimientos de flujo de materiales.
- 3.- Representar el proceso básico de producción. Redistribuir el mapa.
- 4.- Incluir los parámetros básicos de cada proceso.
- 5.- Representar los puntos de inventario.
- 6.- Representar el proceso proveedor y sus parámetros de flujo de materiales.
- 7.- Enlazar los procesos con los flujos de materiales.
- 8.- Completar los datos de proceso que sean necesarios.
- 9.- Representar el flujo de información que gestiona el flujo de materiales.
- 10.- Revisar todo. Completar los datos que sea necesario.
- 11.- Representar la línea de tiempos.
- 12.- Establecer *Lead Time* y Ratio de Valor Añadido.

3.3.4.- CREACIÓN DEL MAPA FUTURO

Es fundamental para la consecución de una manufactura *Lean* eliminar las fuentes de desperdicio. La fuente más importante es la sobreproducción, es decir, producir más, más rápido y más pronto de lo que exige el proceso subsiguiente.

Lo que caracteriza a la manufactura *Lean* es la conexión de los procesos hacia atrás desde adelante, desde el consumidor final hasta la materia prima, a lo largo de un flujo uniforme y recto que favorezca plazos de entrega más cortos, mejor calidad y costo mínimo.

Para ello se pueden asumir una serie de reglas:

Regla 1: Adaptar el ritmo de producción al takt del cliente.

Regla 2: Crear un flujo continuo siempre que sea posible.

Regla 3: Utilizar supermercados para controlar la producción cuando el flujo no se prolongue hacia atrás.

Regla 4: Tratar de insertar la programación del cliente en un solo proceso de producción.

Regla 5: Nivelar la combinación de la producción.

Regla 6: Nivelar el volumen de producción

A partir de estas reglas cada empresa deberá realizar su propio análisis y definir sus objetivos a alcanzar. El diseño del estado futuro será particular de cada empresa y dependerá del grado *Lean* que se quiera alcanzar y de los medios de que disponga para su consecución.