



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.

Lean Manufacturing: Revisión histórica.

Autor:

Nieto Vecino, Patricia.

Tutor:

**Martín Llorente, Oscar.
Departamento CMelM/ Área
Ingeniería de los Procesos de
Fabricación**

Valladolid, Julio 2019.

Resumen

El ánimo de este proyecto es una mejor comprensión de la filosofía del “Lean Manufacturing”. Realizar un repaso histórico del desarrollo del sistema Toyota, haciendo un recorrido a la biografía y aportes de las personas que lo crearon y a los hechos históricos en los que se enmarcó su desarrollo. Analizar las razones de su expansión. Estudiar sus principios, herramientas y el modo de aplicación actual. Reflejar el reto al que se enfrentan las empresas al implantar el sistema Lean, cuáles son los errores habituales y el modo en que pueden resolverse. Ver la evolución del sistema y como se pueden integrar las nuevas tecnologías en él.

Palabras Clave

Lean Manufacturing

Sistema de Producción Toyota (TPS)

Kaizen

Jit

Jidoka

Abstract

The spirit of this project is a better understanding of the philosophy of "Lean Manufacturing". To carry out a historical review of the development of the Toyota system, making a tour of the biography and contributions of the people who created it and the historical facts in which it was framed its development. Analyze the reasons for its expansion. Study its principles, tools and the current application. Reflect the challenge faced by companies when implementing the Lean system, what are the usual failure reasons and how can be resolved. See the evolution of the system and how new technologies can be integrated into it.

Keywords

Lean Manufacturing

Toyota Production System (TPS)

Kaizen

Jit

Jidoka

Índice

Resumen.....	1
Palabras Clave.....	1
Abstract.....	2
Keywords	2
Índice.....	3
Índice de ilustraciones.....	8
Índice de tablas.....	10
Introducción.....	11
Objetivos.	12
Capítulo 1- Repaso histórico del Sistema de Producción Toyota.	13
1.1- Sakichi Toyoda: “El rey de los inventores japoneses”	13
1.1.1- Inicios como inventor en la industria textil.....	13
1.1.1.1- Primera patente.	15
1.1.1.2- El telar mecánico Toyoda.	16
1.1.1.3- Toyoda loom Works.	17
1.1.1.1- La Toyoda Spinning and Weaving Co., Ltd.,	18
1.1.2- Venta de patente del telar tipo G para entrar en la industria del automóvil.	18
1.1.3- Los preceptos Toyoda.	19
1.2- Kiichiro Toyoda: Fundador de la Corporación Toyota.	20
1.2.1- Formación.....	20
1.2.2- Comienzos en la automoción.	21
1.2.3- División de automoción de la Toyota Automatic Loom Works.....	22
1.2.3.1- Toyoda A1.....	23
1.2.3.2- Camión G1.....	24
1.2.3.3- Fin del monopolio americano: Ley de Industrias de Fabricación de Automóviles.	24
1.2.3.1- Creación de la división de ventas.	24
1.2.3.2- De Toyoda a Toyota.	25
1.2.3.3- Planta de montaje Kariya.....	25
1.2.3.4- Apuesta por la investigación.	26
1.2.4- La Toyota Motor Company.....	27

1.2.4.1- II Guerra mundial. Fabricación de camiones militares.....	27
1.2.4.2- Regreso a la fabricación de automóviles.	28
1.2.4.3- Crisis financiera de 1949: cambios en la relación empresa-trabajador.....	29
1.3- Eiji Toyoda, y Taiichi Ohno creadores del STP.....	30
1.3.1- Biografías de Eiji Toyoda y Taiichi Ohno.....	30
1.3.1.1- Eiji Toyoda.....	30
1.3.1.2- Taiichi Ohno: creador del Just in time.....	31
1.3.2- Situación de la industria japonesa tras la II Guerra Mundial.	33
1.3.3- Visita a la planta “Rouge” Ford en Detroit.....	34
1.3.3.1- Industria americana vs. Japonesa.	34
1.3.4- Adaptación del sistema de producción a los estándares japoneses.	35
1.3.4.1- JIT. Nivelación de la producción.....	35
1.3.4.2- Flujo de producción.....	36
1.3.4.3- “Kaizen” o Mejora Continua.	37
1.3.4.4- Jidoka	37
Shigeo Shingo: El “Thomas Edison” del Japón.....	38
1.4-	38
1.4.1- Biografía de Shigeo Shingo.....	38
1.4.2- Aportes al SPT.....	40
1.4.2.1- Concepto de operaciones de flujo: “red de procesos y operaciones”	40
1.4.2.2- Creación del SMED “Single-Minute Exchange of Die”.	40
1.4.2.3- Creación del “Poka Yoke”	40
1.4.2.4- Introducción de inspección en la fuente. Control de calidad cero.....	41
1.4.2.5- Modelo Shingo.....	41
1.5- Difusión del Sistema de producción Toyota. Principios del STP.....	42
1.5.1- Expansión del STP tras la crisis del petróleo de 1973.	42
1.5.2- Exportación del sistema de producción durante los 80’s.	43
1.5.3- 1982: creación de NUMMI.....	43
1.5.4- 1990: Publicación de “The Machine That Changed the World”....	44
1.5.5- 1992: Publicación de “los 7 principios directores”	44

1.5.6- 1992: Creación del “The Toyota Production System Support Center (TSSC)”	45
1.5.7- 1996: Publicación de “Lean thinking”	46
1.5.8- 1997: Creación del “LEI” (Lean Enterprise Institute).....	47
1.5.9- 2001: Creación del “Manual de Estilo Toyota” o “Toyota Way”	48
1.5.10- 2004: J. Liker publica el libro “The Toyota Way”	49
Capítulo 2- Las MUDAS o desperdicios.	52
2.1- Las 3M.....	53
2.2- Tipos de muda:	54
2.2.1- Sobreproducción.....	54
2.2.2- Tiempo de espera.	54
2.2.3- Transporte.	54
2.2.4- Sobre procesos.....	55
2.2.5- Inventario.....	55
2.2.6- Movimientos.....	55
2.2.7- Defectos.....	56
2.2.8- Las Habilidades.....	56
Capítulo 3- La casa del STP y sus herramientas.....	57
3.1- Cimientos	58
3.1.1- Procesos Estables y estandarizados	58
3.1.2- Producción nivelada (Heijunka).	61
3.1.2.1- Flujo continuo de una pieza:	61
3.1.2.2- Línea balanceada:	62
3.1.2.3- Nivelado de variantes:.....	64
3.1.3- Gestión visual	66
3.1.3.1- 5 S.....	66
3.1.3.2- Seiri (eliminar).....	67
3.1.3.3- Seiton (ordenar):.....	68
3.1.3.4- Seiso (limpiar):	68
3.1.3.5- Seiketsu (estandarizar).	68
3.1.3.6- Shitsuke (disciplina).	69
3.2- Pilares.....	70
3.2.1- Just In Time (JIT).....	70
3.2.1.1- Sistema pull	71

3.2.1.2- Kanban.....	72
3.2.1.3- Value Stream Mapping	73
3.2.1.4- SMED	75
3.2.2- Jidoka	77
3.2.2.1- Poka-Yoke. A prueba de errores.....	77
3.2.2.2- Andon	79
3.3- Interior de la casa:	80
3.3.1- Personas y equipos de trabajo	80
3.3.1.1- Sistemas de sugerencias.....	80
3.3.1.2- Soifuku	81
3.3.1- Nemawashi	81
3.3.2- Kaizen mejora continua:	81
3.3.2.1- Técnicas para la mejora continua.....	82
3.3.2.2- PPS: Resolución práctica de problemas.....	88
3.3.2.3- Hoshin Kanri. Despliegue de objetivos.....	91
3.3.2.4- DAFO	94
3.3.2.5- TPM	95
3.3.2.6- Gestión de la calidad total (TQM).....	97
3.3.2.7- Indicador OEE	99
3.4- Techo del STP.....	101
Capítulo 4- Problemas para adaptarse al Lean.....	103
4.1- Las herramientas STP sin la filosofía no funcionan.	103
4.2- Puntos clave para el funcionamiento de una implantación Lean	104
4.2.1- Errores observados en la transformación al Lean.	105
4.2.1.1- La dirección superior	105
4.2.1.2- La capacitación y la educación	106
4.2.1.1- Formación	106
4.2.1.2- El desarrollo del pensamiento.....	107
4.2.1.3- Empleados	110
4.2.1.4- Cultura del trabajo	111
4.2.1.5- Comunicación.....	111
4.2.1.6- Recursos	112
4.2.1.7- Planificación de negocios	112

4.3- La importancia del liderazgo en el Lean Manufacturing. Aplicación del Lean Management.....	114
4.3.1- Los retos y errores habituales liderando el Lean.....	115
Capítulo 5- Evolución del Lean.....	118
5.1- Aplicación del Lean Manufacturing en nuevos sectores.....	118
5.2- Nuevas tendencias.....	119
5.2.1- Combinación Lean Six Sigma.....	119
5.2.1.1- Six-sigma	119
5.2.1.2- Lean Six Sigma, altamente compatibles.....	119
5.2.2- Lean Manufacturing 4.0.....	120
5.2.2.1- ¿Qué es la Cuarta Revolución Industrial?.....	120
5.2.2.2- Adaptación del Lean Manufacturing al 4.0.....	123
Conclusiones	127
Bibliografía.....	131

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Retrato de Sakichi Toyoda.	14
Ilustración 2: Toyota Power Loom.	16
Ilustración 3: Los preceptos de Sakichi Toyoda.	20
Ilustración 4: Retrato de Kiichiro Toyoda.	21
Ilustración 5: Modelo a1 (1935), primer automóvil fabricado por Toyota.	23
Ilustración 6: Logotipo de Toyota.	25
Ilustración 7: Planta de montaje Kariya.....	26
Ilustración 8: Planta de Koromo finalizando su construcción.....	27
Ilustración 9: Toyota SA.....	28
Ilustración 10: Retrato de Eiji Toyoda.	31
Ilustración 11: Retrato de Taiichi Ohno.	32
Ilustración 12: Planta "Rouge detroit" años 40.....	34
Ilustración 13: Retrato de Shigeo Shingo.	38
Ilustración 14: Modelo Shingo.....	41
Ilustración 15: Los principios guía de Shingo.....	42
Ilustración 16: Logotipo del TSSC	45
Ilustración 17: El Lean Enterprise Institute.	47
Ilustración 18: Los 2 pilares y los 5 términos clave del Toyota way.	49
Ilustración 19 Modelo 4P de J. Liker.....	50
Ilustración 20: Los 7 tipos de mudas.....	53
Ilustración 21: La casa del Lean.	58
Ilustración 22: Hoja de trabajo estandarizada.....	60
Ilustración 23: Hoja de desglose de trabajo.....	60
Ilustración 24: Layout en U o Chaku Chaku.	62
Ilustración 25: línea no balanceada vs balanceada	63
Ilustración 26: Nivelación de la producción.	64
Ilustración 27: Casillero heijunka.....	65
Ilustración 28: Las 5s.....	66
Ilustración 29: Fases de las 5s.....	67
Ilustración 30: tarjeta roja del seiri	68
Ilustración 31: líneas con código de colores para el estandarizado.	69
Ilustración 32: auditoría 5s.....	70
Ilustración 33:Uso del Kanban	72
Ilustración 34: Ejemplo de tarjeta kanban	73
Ilustración 35: Ejemplo de VSM.	75
Ilustración 36: Ejemplos de Poka Yoke.....	78
Ilustración 37: Poka Yoke de contacto	79
Ilustración 38: Andon	79
Ilustración 39: Kaizen.	82
Ilustración 40: Ciclo de Deming.....	83
Ilustración 41: Ejemplo de diagrama de Ishikawa.....	90

Ilustración 42: Matrix X.....	93
Ilustración 43: Plan de acción del gerente de operaciones	93
Ilustración 44: Plan de acción del jefe de higiene y seguridad industrial.....	94
Ilustración 45: DAFO.	94
Ilustración 46: los pilares del TPM.....	97
Ilustración 47: 5 ceros.....	98
Ilustración 48: Matriz MQA.	99
Ilustración 49: Cálculo del OEE.....	100
<i>Ilustración 50: Los ocho pasos de una transformación de J. Kotter.</i>	<i>115</i>
Ilustración 51: Ciclo Six Sigma.....	120
Ilustración 52: Revoluciones industriales.	121
Ilustración 53: Industria 4.0.....	123

Índice de tablas

Tabla 1: Mejoras tras la conversión al Lean.....	101
<i>Tabla 2: Factores críticos de la introducción lean según Hamid.....</i>	<i>105</i>
Tabla 3. Organización tradicional vs. Lean.....	108
Tabla 4: Herramientas 4.0 aplicables a los métodos Lean.....	124

Introducción

La filosofía Lean Manufacturing es un método para optimizar el sistema de producción, ajustándola a la demanda de los clientes, eliminando las actividades que no añaden valor y deteniendo la producción cuando se produce algún fallo y corrigir la fuente del error para construir en calidad.

Surge tras la segunda guerra mundial en la Toyota Company, para competir con la industria automovilística de occidente, buscando formas de mejorar la producción y reducir costes. Su enfoque es práctico, a base de prueba y error fueron creando sus diferentes herramientas, basándose en los principios del “Jidoka”, “Just-in-time” y “Kaizen”. Fue establecido por Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, manteniendo la consonancia con los principios del fundador Sakichi Toyoda de mejora continua y respeto a las personas.

En 1970 se empezó a conocer como TPS “Sistema de producción Toyota” y tras la crisis del petróleo del 73 las empresas japonesas comienzan a imitar el modelo, ya que es la única empresa que no sufre de forma tan acusada los efectos de la recesión y sigue teniendo algunos beneficios.

Tras la publicación del libro “La máquina que cambió el mundo” [1], sobre el estudio y comparación entre las fábricas con producción en masa y las fábricas con sistema “Lean”, realizado por el PIVM (Programa Internacional de Vehículos de Motor del MIT), se ha expandido mundialmente como herramienta para crear empresas WCM (World Class Manufacturing)¹

El término producción “lean”, traducido como “magro”, o “ligero” fue acuñado por John Krafcik uno de los investigadores del PIVM. Lean Manufacturing hace alusión a la eliminación de factores innecesarios para la fabricación que la engrosan sin aportar valor añadido (desde el punto de vista del cliente), obteniendo así mayores beneficios a bajo coste. Este enfoque es contrario al de las empresas tradicionales, que para obtener mejoras en los procesos realiza grandes inversiones en tecnologías y herramientas, que muchas veces se traducen en un incremento de las actividades sin valor añadido y por lo tanto escasa repercusión en los beneficios.

¹ Las empresas WCM “World Class Manufacturing” o Fabricación de clase mundial, son empresas competitivas a nivel mundial, consideradas la excelencia en la fabricación. Aplican técnicas como el TQC (Control total de calidad), JIT (justo a tiempo), o el TPM (mantenimiento productivo Total).

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/World_Class_Manufacturing .

Objetivos.

Comprender la filosofía del Sistema de Producción Toyota a través del estudio de las personas y acontecimientos históricos en los que se desarrolló. Analizando las motivaciones, causas y necesidades que hicieron que su sistema de producción evolucionara hasta llegar a lo que hoy en día conocemos como “Lean Manufacturing”.

Conocer sus principios, métodos y herramientas y el modo en que se aplican actualmente en las empresas.

Analizar los factores críticos en el éxito de una implantación Lean y las causas habituales por las que fracasan algunas empresas. Reflejando la importancia de comprender la filosofía antes de aplicar las herramientas y del liderazgo para impulsar los cambios en la organización y movilizar a las personas.

Indagar en las posibilidades futuras del “Lean Manufacturing” en la expansión a otros sectores y la integración de la tecnología 4.0.

Capítulo 1- Repaso histórico del Sistema de Producción Toyota.

Para entender la filosofía del método Toyota debemos comenzar por conocer la vida y el modo de pensar de las personas que lo crearon y más influyeron en él. Por ello haré un repaso a sus biografías, recorriendo paralelamente los hitos y acontecimientos que gestaron el sistema de producción Toyota. La historia de Toyota comienza con Sakichi Toyoda, el fundador de la empresa textil de los Toyoda. Tras él, su hijo Kiichiro Toyoda realiza la incursión en la industria de la automoción y funda la Toyota Motor Company. Y por último Eiji Toyoda, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo desarrollarán el sistema TPS (Toyota Production System).

1.1- Sakichi Toyoda: “El rey de los inventores japoneses”

Las fuentes principales de este capítulo son: [1]-[12].

“Antes de decir que no puedes hacer algo, inténtalo.”

Sakichi Toyoda

1.1.1- Inicios como inventor en la industria textil.

Sakichi Toyoda (14 de febrero de 1867 – 30 de octubre de 1930) (Ilustración 1), nació en 1867 en Yamaguchi, una aldea de granjeros de la región de Kosai (prefectura de Shizuoka, Japón), famosa por su algodón y su incipiente industria textil. Sus padres Ikichi y Ei Toyoda eran granjeros, pero realizaban otras tareas para mantener la economía familiar. Su madre trabajaba de noche tejiendo y su padre hacía funciones de carpintero, disciplina en la que era muy habilidoso y en la que instruyó a Sakichi tan pronto finalizó la escuela elementaria. El tiempo que pasaba Sakichi con su padre en el taller sirvió para despertar su curiosidad por la mecánica, llegando a modernizar el viejo telar de su madre siendo solo un adolescente.



Ilustración 1: Retrato de Sakichi Toyoda.²

En la época en que Sakichi creció hubo un importante cambio de gobierno. En 1867 dimite el último Shogun del shogunato Tokugawa³ y comienza el gobierno Meiji⁴. El cambio del antiguo sistema feudal, con una economía prácticamente aislada, a un sistema capitalista con presencia occidental, produjo una época de inestabilidad que duraría cuarenta años, y en los que se producirían múltiples levantamientos. En la región de Kosai hubo una gran depresión económica. Esta vivencia hizo que Sakichi desarrollara un sentimiento de conciencia social, que le llevó a buscar formas de ayudar en el progreso de su comunidad. Uno de sus intentos consistió en organizar a los jóvenes de su zona, creando grupos de estudio basados en autoaprendizaje que les permitiera formarse.

En su juventud leyó el libro “Saigoku risshi hen” traducción en japonés de “Self-Help” publicado por Samuel Smiles en 1859, un libro de motivación filantrópica que intentaba inspirar a los jóvenes en situaciones económicas desfavorables. El libro trataba sobre inventores que se habían hecho a sí mismos y que con sus inventos habían aportado algo a la humanidad.

En 1885 a la edad de 18 años, tras estudiar las posibilidades del nuevo decreto ley del Monopolio de patentes, llegó a la conclusión de que enfocar su carrera a la creación de inventos era la mejor forma de impulsar el progreso social. “*The more people use my inventions, the better the country will be.*” Sakichi. [10]

² Fuente Ilustración 1: <https://www.allaboutlean.com/150th-anniversary-sakichi-toyoda/sakichi-toyoda-middle/>

³ https://es.wikipedia.org/wiki/Shogunato_Tokugawa

⁴ https://es.wikipedia.org/wiki/Restauraci%C3%B3n_Meiji

Comenzó experimentando con fuentes de energía permanentes e ilimitadas mediante métodos prácticos, ya que según Sakichi [8]:

" La civilización occidental está basada en la maquinaria. Las máquinas funcionan con vapor. La maquinaria impulsada por vapor requiere carbón que es caro. Debe ser ideado algún método para sustituir el vapor como la fuerza motriz. "

Tras su fracaso inicial en este ámbito, se comenzó a interesar en los telares que utilizaban los granjeros, entre ellos su madre, para la confección de tejidos. Estas máquinas manuales suponían un gran esfuerzo para el trabajador. Sakichi experimento montando y desmontando telares en busca del modo de mejorar su eficiencia.

1.1.1.1- Primera patente.

En 1880, tras una visita en Tokio a la 3ª Exposición de Maquinaria, quedó fascinado por el modo en que las máquinas funcionaban y se reafirmó en su idea de ser inventor. Visitó la exposición de forma diaria, durante un mes, para estudiar cómo funcionaban sus mecanismos y poder aplicarlos en su primer invento. Como más tarde diría, su trabajo se basó en la observación minuciosa de la tecnología y en experimentar.:

"I'm not more talented than anybody else. I just put lots of efforts and researches." "There is nothing that can't be done. If you can't make something, it's because you haven't tried hard enough."

Sakichi Toyoda.

En 1891 patenta un telar que se podía manejar con una sola mano, en vez de con dos como se venía haciendo, mejorando así su eficiencia de un 40 a un 50%. En 1892 se mudó a Tokio y abrió una empresa de confección de telas para usar su invento y darlo a conocer. La empresa no funcionó y cerró solo un año después.

Sakichi volvió a centrar sus esfuerzos en mejorar su telar, y en 1894 patentó una nueva máquina, en este caso de enrollar hilo. Para promocionar su nueva patente vuelve a fundar una empresa de fabricación de tejidos, estableciéndose en Nagoya, La Ito Shoten Co., agent for Toyoda.

1.1.1.2- El telar mecánico Toyoda.

En agosto de 1894 Japón entra en guerra con China por el control de Corea (primera guerra sino-japonesa⁵), que durará hasta la firma del Tratado de Shimonoseki en marzo de 1895, en el cual China cedía a Japón: Taiwán, las islas Pescadores y Liaodong. Durante la guerra se produce una recesión que afecta en gran medida a la industria del telar, y por este motivo Sakichi volvió a enfocarse en el diseño, trabajando en el que sería el primer telar mecánico de Japón (Ilustración 2), finalizado en 1896 y con patente en 1898. Este telar estaba fabricado en acero y madera, era impulsado a vapor y poseía un mecanismo que suspendía su funcionamiento cuando se producía un fallo en el tejido (rotura de un hilo de la urdimbre o de la trama). Esta máquina produjo una revolución en la industria textil japonesa, ya que resultaba económica de fabricar (costaba solo una décima parte lo que un telar alemán, y la cuarta parte que un telar francés), e incrementaba en gran medida la calidad y productividad gracias a su sistema de detención. Este tipo de mecanismos que paran la producción cuando se produce un fallo, de modo que el proceso tiene su propio autocontrol de calidad, se denominan “Jidoka”, traducido como “automatización con un toque humano”. Con este dispositivo Sakichi comenzó a sentar las bases del futuro Lean Manufacturing.



Ilustración 2: Toyota Power Loom. ⁶

Fundó para comercializarlo la compañía Okkawa Mempu, en la ciudad de Handa, junto a Tohachi Ishikawa, uno de sus clientes de la Toyoda Shoten Co.

⁵ https://es.wikipedia.org/wiki/Primera_guerra_sino-japonesa

⁶ Fuente Ilustración 2: https://www.toyota-industries.com/company/history/toyoda_sakichi/

Sus tejidos comenzaron a tener muy buena reputación debido a su alta calidad, fruto de su máxima de parar la producción si ocurría alguna anomalía y no ofrecer a los clientes ningún producto con defectos.

Estos buenos resultados atrajeron a uno de los principales zaibatsu⁷ de la época, la exportadora Mitsui, y en 1899 fundaron conjuntamente la Compañía Igeta Shokai. Sakichi tendría la función de ingeniero y se encargaría de la producción y diseño de telares, pero los problemas económicos que atravesó la empresa impedían centrarse en el desarrollo de nuevos prototipos. Sakichi abandona la empresa y funda por su cuenta Toyoda Shokai.

1.1.1.3- Toyoda loom Works.

El 8 de febrero de 1904 comienza la guerra ruso-japonesa⁸ por el control de Manchuria y Corea, que duraría hasta septiembre de 1905. Los esfuerzos de guerra disparan la venta de tejidos y telares. Siguiendo el consejo de Mitsui Bussan, Sakichi aprovechó esta época de bonanza económica y fundó en 1907 la empresa de venta de maquinaria textil, Toyoda Loom Works, con un capital de un millón de Yenes provenientes de inversores de Tokio, Osaka y Nagoya. La nueva empresa con Fusazo Taniguchi como presidente y Sakichi como director administrativo e ingeniero principal, absorbió el control de la antigua Toyoda y sus empleados.

Debido a desacuerdos con la empresa, que no le permitía la realización de las suficientes pruebas comerciales para asegurar la calidad del producto final, Sakichi abre en 1909 su propia planta de pruebas (más adelante Toyoda Shokufu Kikui Kojo). Toyoda Loom Works comenzó a obtener malos resultados, de los que Sakichi se sintió responsable por haber desatendido sus labores de dirección. En 1910 dimitió de su cargo.

Para buscar la inspiración que le permitiera empezar de nuevo, y contando con el beneplácito de Mitsui, Sakichi viajó por Estados Unidos y Europa visitando fábricas de tejidos y observando sus telares. El menor nivel tecnológico, y los numerosos fallos que encontró en la maquinaria en comparación a sus patentes, le animó a volver a intentarlo. Y si bien no regresó de su viaje

⁷ Los zaibatsu o "camarilla financiera", eran organizaciones empresariales que controlaban la economía japonesa, dirigidas por las familias más influyentes del país. Las empresas dentro del zaibatsu participaban en forma de accionariado en las otras empresas del grupo, en una colaboración cruzada.

Antes de la segunda guerra mundial, los cuatro zaibatsu más importantes eran Mitsubishi, Mitsui, Sumitomo y Yasuda. En 1937 entre los cuatro dominaban un tercio de los depósitos bancarios y de las exportaciones, y casi la totalidad de la industria pesada.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Zaibatsu>

⁸ https://es.wikipedia.org/wiki/Guerra_ruso-japonesa

demasiado impresionado por la industria textil, si le impactó el sistema americano de fabricar automóviles.

De vuelta en Japón reunió el capital necesario, y en 1911 se hizo con el control de forma independiente de Toyoda Jido Shokufu Kojo (Toyoda Automatic Spinning and Weaving Co. Ltd) situada en Noritakeshinmachi, Nishi-ku, Nagoya, que será la base de la corporación Toyota.

En 1914 el nombre de la empresa fue modificado a Toyoda Jido Boshoku Kojo (Toyoda Automatic Spinning and Weaving Mill) debido a que comenzó a realizar también tareas de hilado, para obtener un hilo de trama de calidad que usar en sus telares.

1.1.1.1- La Toyoda Spinning and Weaving Co., Ltd.,

Durante la Primera Guerra Mundial⁹ la industria británica sufrió un cambio de poder. Las industrias que hasta entonces habían sido de más peso: textil, carbón y naviera, perdieron fuerza en pro de las industrias de automoción y aviación. Esta pérdida de poder permitió la entrada de la industria textil japonesa en los mercados de la India y China, antes copados por la industria textil británica. Para tener mayor capacidad de respuesta a esta creciente demanda, Sakichi aceptó como inversores a familiares y amigos cercanos, de forma que la empresa en 1918 pasó a ser una sociedad limitada, la Toyoda Spinning and Weaving Co., Ltd., de la que Sakichi tomó el cargo de presidente y Risaburo Toyoda, su yerno, el de director administrativo.

1.1.2- Venta de patente del telar tipo G para entrar en la industria del automóvil.

En 1924 finaliza junto a su hijo Kiichiro un telar automático (El modelo G). Este telar cambiaba por sí mismo de lancera y suministraba el hilo de trama automáticamente y sin realizar paradas. A la vez incorporaba dispositivos de parada en caso de error, para asegurar la calidad del producto y la seguridad de los trabajadores. De este modo los telares no necesitaban ser constantemente supervisados por ningún operario, de modo que podrían encargarse de tareas más importantes como el mantenimiento de los telares. Este hecho, junto con la seguridad laboral, es parte fundamental de lo que la filosofía Toyoda denomina el respeto a las personas, que no considera digno

⁹ https://es.wikipedia.org/wiki/Primera_Guerra_Mundial

para un trabajador pasar las horas muertas, simplemente observando una máquina. “Workers are treasure of the factory. They are important to me”. Sakichi. [10]

La calidad y eficiencia de este telar llamó la atención de uno de los ingenieros de la compañía británica de tejidos Platt Brothers, que se encontraba en Japón buscando patentes de telares que comprar, en un intento de recuperar el mercado perdido durante la guerra.

En 1929 Kiichiro viaja a reino Unido para cerrar la venta, por 100.000 libras de la época, de los derechos de la patente del telar automático a Platt Brothers, (aunque finalmente Platt Brothers incumple el contrato y solo llegan a recibir 84.000). El que una empresa extranjera compre los derechos de una patente japonesa para comercializarla en el extranjero, fue un hito en la historia tecnológica de Japón, que hasta entonces no gozaba de una gran reputación a nivel mundial. Sakichi consideraba que toda persona debía emprender, al menos una vez en su vida, un gran proyecto por sí mismo. Por ello deja el dinero obtenido por la patente a disposición de su hijo, para que pueda entrar en la industria del automóvil que tanto le había llamado la atención en su viaje a América. Sakichi muere solo un año después sin poder ver este cambio, pero su hijo Kiichiro continua su legado.

1.1.3- Los preceptos Toyota.

Para recordar las enseñanzas de Sakichi, que continuarían en la filosofía corporativa de Toyota, la dirección de la empresa estableció en 1935 durante el 5º aniversario de su muerte los “preceptos Toyota” (Ilustración 3) [3], [8]:

1. *Se fiel a tus deberes, a través de ellos contribuyes al bienestar de la compañía y de su entorno.*
2. *Se curioso y creativo, esfuérate por estar a la vanguardia.*
3. *Siempre ser práctico y evitar la frivolidad.*
4. *Siempre esfuérate por construir una atmósfera hogareña en el trabajo, que sea cálida y amigable.*
5. *Siempre muestra respeto por las cuestiones espirituales y recuerda ser agradecido siempre.*



Ilustración 3: Los preceptos de Sakichi Toyoda.¹⁰

Al final de su vida, Sakichi había creado 40 patentes, 8 de ellas fueron comercializadas en el extranjero. Recibió el Premio del Listón Imperial y la Orden al Mérito de Tercera Clase.

1.2- Kiichiro Toyoda: Fundador de la Corporación Toyota.

Las fuentes de este capítulo son: [1], [2], [4], [7], [9], [11], [12].

1.2.1- Formación.

Kiichiro Toyoda (11 de junio de 1894 – 27 de marzo de 1952) (Ilustración 4), nació en Yamaguchi (Kosai). Pasó su infancia viendo trabajar a los ingenieros en las empresas de su padre y aprendiendo sobre el terreno. Esta experiencia le hizo desarrollar una gran inquietud por la mecánica y llegar a la conclusión que establecería el **genchi genbutsu**, hay que ir a la fuente para encontrar los hechos.

¹⁰ Fuente Ilustración 3: https://www.toyota-industries.com/company/history/toyoda_sakichi/



Ilustración 4: Retrato de Kiichiro Toyoda. ¹¹

Estudió ingeniería mecánica en la universidad Imperial de Tokio, donde se especializó en tecnología del motor, e hizo importantes contactos con personas con las que posteriormente trabajaría en la automoción, como el doctor Kotaro Honda.

Recorrió durante un tiempo Estados Unidos y Europa. En 1922 comienza a trabajar junto a su padre en la construcción de telares automáticos.

1.2.2- Comienzos en la automoción.

Durante un viaje a Tokio Kiichiro presencia el Gran terremoto de Kantō¹² (1 de septiembre de 1923) que cortó las comunicaciones ferroviarias, de modo que solo pudieron valerse de los vehículos de motor para las tareas de salvamento de heridos y de reconstrucción de las infraestructuras. Este acontecimiento hizo plantearse a la sociedad japonesa la importancia de la industria del automóvil, que hasta el momento se consideraba un artículo de lujo. Durante las tareas de reparación del ferrocarril se importaron a Tokio 800 camiones Ford para suplir el medio de transporte, los “Entaro bus”. A su vez se produjo una gran demanda automovilística, que fue respondida por la industria americana. Sus dos principales empresas establecieron fábricas en Japón controlando el mercado: en 1924 Ford-Japón en Yokohama y en 1927 GM-Japón en Osaka. Los vehículos americanos eran en comparación a los europeos hasta un 30% más baratos, y con un tiempo de entrega de 3 meses (el de los europeos era de aproximadamente el doble). La entrada de las empresas americanas en el mercado japonés supuso un gran revés para las incipientes fábricas japonesas

¹¹ Fuente de Ilustración 4: https://es.wikipedia.org/wiki/Kiichiro_Toyoda

¹² https://es.wikipedia.org/wiki/Gran_terremoto_de_Kant%C5%8D

sin el mismo nivel tecnológico (Kwaishinsha y Hakuyosha, dos de las principales fábricas artesanales japonesas cerraron poco después del terremoto).

En 1929 Kiichiro visitó la fábrica de Ford en Detroit interesándose por su modo de fabricación, en esos momentos claramente superior. Ese mismo año los Toyoda habían vendido la patente del telar automático, y Sakichi había puesto a disposición de Kiichiro las 84.000 libras recibidas para que incursionara en la industria del motor.

En mayo de 1930 el Ministerio Japonés de Comercio e Industria Internacionales (MITI), presentó un plan para establecer una industria doméstica de automoción en la región de Chukyo, perteneciente a Nagoya (“Proyecto Chukyo Detroit”). Este proyecto termina de convencer a Kiichiro de entrar en la automoción, mercado que ve floreciente frente al incierto futuro de la industria textil. El “Proyecto Chukyo Detroit” se embarca en la construcción del modelo “Atsuta”, repartiendo la confección de sus diferentes partes entre las empresas del proyecto y Toyoda participa fabricando los moldes y las piezas de fundición. El vehículo final, (del que sólo se llega a fabricar dos prototipos), es de gama de lujo para diferenciarse de los modelos americanos, pero su elevado precio de venta (el doble que uno americano) y su elevado coste de fabricación hacen que el proyecto Chukyo Detroit se cancele.

1.2.3- División de automoción de la Toyota Automatic Loom Works.

Tras la muerte de su padre, Kiichiro comienza la investigación de los motores de gasolina de combustión interna. En 1933 crea dentro de Toyota Automatic Loom Works la División de automoción, que será dirigida por Risaburo Oshima. Risaburo viaja a EE. UU. y Europa para inspeccionar la tecnología utilizada, y comprar maquinaria para la empresa. A su vez contrata personal con experiencia previa en automoción provenientes de las diferentes empresas japonesas y de GM-Japón.

En marzo de 1934 finaliza la construcción de la fábrica de automoción, compuesta por plantas de chapa, ensamblaje, fabricación y acabado, así como una zona de investigación y ensayo con materiales.

Debido a que el volumen de piezas que necesitaba la empresa en sus inicios era muy pequeño, no encontraban fundición que les proveyera y tienen que crear una planta de fundición propia, finalizando su instalación en 1935.

Durante las obras Kiichiro manda a uno de sus empleados a Estados Unidos para estudiar los métodos de la producción en masa, visitando a lo largo de medio año 130 fábricas, siete oficinas de investigación y cinco universidades. A su regreso comenzaron a aplicar las enseñanzas de Ford recogidas en su libro “Hoy y Mañana” (1926). En el que describe las mejoras adoptadas en Ford, como la intercambiabilidad de las partes, la sencillez en el ensamble y la entrega de las piezas en el lugar de trabajo, que fueron tan causantes de su éxito en aquella época como la introducción de la fabricación en cadena.

1.2.3.1- Toyoda A1

Tras investigar y estudiar el funcionamiento de un Chevrolet del 33 desmontándolo completamente, comienzan el diseño de su primer prototipo. Crean el motor inspirándose en el del Chevrolet 33, utilizando pistones, cilindros y culata creados en su fundición, junto con pizas compradas a Chevrolet: cigüeñales, árboles de levas, válvulas, conectores y componentes eléctricos. Realizan pruebas y modificaciones hasta que supera los 65 cv (el motor de Chevrolet tenía 60 cv). Como referente para la carrocería utilizan el diseño de un Chevrolet sedán del 34, ya que consideran que su diseño vanguardista tardará más en desfasarse, dándoles más margen a la creación del prototipo. En mayo de 1935 presentan el primer automóvil ToyodaA1, (Ilustración 5). Este prototipo contenía aún muchas piezas originales Chevrolet.



Ilustración 5: Modelo a1 (1935), primer automóvil fabricado por Toyota.¹³

¹³ Fuente Ilustración 5: <http://kailean.es/la-historia-de-toyota-y-de-lean-parte-i/>

1.2.3.2- Camión G1

En diciembre de 1935 Toyoda recibe una petición por parte del gobierno (el Ministerio de comercio de industria y el Ministerio de la Guerra) de comenzar la fabricación de autobuses y camiones por razones de política nacional. Toyoda debe abandonar la construcción de automóviles y comienza en marzo de 1935 el diseño del camión G1.

La producción de este camión fue en parte artesanal, pero algunas piezas se siguieron utilizando de otras marcas. La carrocería estaba inspirada en el Ford 1934, y el motor utilizado fue el del prototipo A1. Este modelo al principio de su comercialización tenía problemas en el eje trasero, que fueron solventados posteriormente.

1.2.3.3- Fin del monopolio americano: Ley de Industrias de Fabricación de Automóviles.

Como medida para acabar con el monopolio americano en la industria del automóvil en Japón, el MITI (ministerio japonés de comercio e industria internacionales) promulgó en 1936 la Ley de Industrias de Fabricación de Automóviles, que consistía en un sistema de licencias que estarían limitadas a empresas con mayoría de capital japonés. Ford-Japan y GM-Japón no podrían continuar desarrollando su actividad (acaban cerrando en 1939). Toyoda Automatic Loom Works y Nissan Motor sí obtienen licencia desde un principio.

Las empresas con licencias estarían exentas durante cinco años de pagar el impuesto sobre la renta, el impuesto por sus ingresos y los aranceles de importar maquinaria, herramientas o piezas. Y disfrutarían de subvenciones para aumentar su capital. En contraparte estas empresas deberían cumplir las órdenes del gobierno en materia de fabricación, como la producción de vehículos militares.

Con relación a la importación de vehículos, para favorecer la compra dentro del mercado doméstico, se establecieron impuestos que podían llegar a un valor máximo equivalente a la mitad del coste del producto.

1.2.3.1- Creación de la división de ventas.

Muchos de los exempleados GM-Japón entran a trabajar en Toyoda, entre ellos Shotaro Kamiya. A Kamiya le es encomendada la tarea de establecer la división de ventas de Toyoda, y lo hará siguiendo el modelo de GM-Japón, una red de concesionarios independientes sin participación del capital de Toyoda.

1.2.3.2- De Toyoda a Toyota.

En 1936 se modifica el nombre de la empresa por recomendación de Risaburo. Toyoda que en japonés significa “campo de arroz fecundo”, tras un estudio de marketing pasa a llamarse Toyota (Ilustración 6), una palabra sin significado y más sencilla, que se compone de ocho trazos, un número de la suerte en la cultura japonesa.



Ilustración 6: Logotipo de Toyota¹⁴.

1.2.3.3- Planta de montaje Kariya

En mayo de 1936 se inauguró una nueva planta de montaje (Kariya, Ilustración 7) para la fabricación del camión GA y del automóvil AA, modelos mejorados del camión G1 y del coche A1 respectivamente. La anterior planta se convirtió en una nueva planta de estampación, y las tareas que se realizaban allí como la fabricación de piezas de motores y suspensiones que se realizaban en Toyoda Automatic Loom Works fueron transferidos a la nueva planta.

Cuando la planta llegó a una producción mensual de 100 unidades se conmemoró con una exposición automovilística celebrada en septiembre de 1936 en el museo de museo de Industria y Comercio de Tokio.

¹⁴ Fuente Ilustración 6: <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/historia-de-toyota-1-del-telar-a-los-automoviles>



Ilustración 7: Planta de montaje Kariya¹⁵.

1.2.3.4- Apuesta por la investigación.

Kiichiro creía firmemente que la única forma de despegar en la industria automovilista era desarrollando nuevas tecnologías. Quería ir abandonando la práctica de reutilizar tecnología extranjera diseñada por otros.

En mayo de 1936 funda un laboratorio de investigación en Shibaura (Tokio), que será dirigido por Eiji Toyoda (su sobrino), que había comenzado a trabajar en el Departamento de Automoción en abril.

El Laboratorio de Shibaura investigó múltiples partes de máquinas aeronáuticas y automóviles, incluido generadores de gas para vehículos propulsados por carbón. Muchas de las investigaciones se publicaron en la revista “Kikai oyobi Denki” (“Máquinas y electricidad”).

Respecto al uso de tecnología en el proceso de fabricación, en 1934 Toyota Automatic Loom Works se vio obligada a importar máquinas herramientas para poder comenzar la producción de automóviles en su departamento de automoción. Pero como parte de su política de crear tecnología propia, en 1935 comenzaron su producción propia de máquinas herramientas, y en 1937 se construyó una planta de mecanizado para producir de forma masiva máquinas para la industria automovilística.

A la hora de investigar y crear una nueva tecnología, Kiichiro le daba tanta importancia a la experimentación práctica, como a la investigación científica. Uno de los representantes de su taller afirmó sobre él: "al crear un prototipo, primero pide a un ingeniero que lo haga, y si funciona, después pide a un científico que determine la teoría"[2].

¹⁵ Fuente Ilustración 7: http://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter2/section4/item1.html

1.2.4- La Toyota Motor Company

En 1937 se funda la Toyota Motor Company.

El crecimiento económico y la demanda de automóviles aumentó de forma notable en los años siguientes. Y unido a que el uso de piezas nacionales para la conformación de los automóviles se volvió obligatoria a partir de 1938. Esto supuso la creación de la primera planta de producción Toyota a gran escala. Koromo (Ilustración 8), la planta de mecanizado de la Toyota Motor Company comenzó a funcionar en noviembre de 1938, y le fueron transferidas las labores de desarrollo de máquinas herramienta para la fabricación de automóviles. Esta fábrica se construyó sin espacio para almacenamiento, comenzando la aplicación de Just In Time para el aprovisionamiento de piezas. Y una organización de los puestos en función del flujo de trabajo.

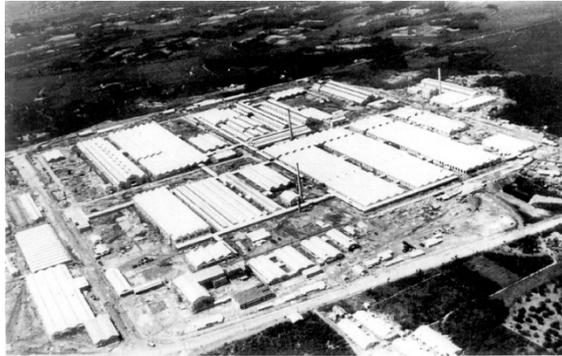


Ilustración 8: Planta de Koromo finalizando su construcción.¹⁶

1.2.4.1- II Guerra mundial. Fabricación de camiones militares.

En 1941 Japón, en base a su política exterior imperialista de aumentar sus dominios en Asia, entra en la II Guerra Mundial¹⁷ y avanza en su invasión a China. Estados Unidos y Europa como represalia embargan la importación de petróleo en Japón (en ese momento Japón importaba el 90% del petróleo de Estados Unidos). Tras este cierre, Japón planea la conquista de Indochina y las posesiones europeas en el océano Pacífico, para explotar sus recursos petrolíferos. Con el fin de neutralizar una posible respuesta estadounidense a las acciones de Japón en Indochina, Japón ataca sus posiciones en el océano

¹⁶

Fuente Ilustración 8: http://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter2/section4/item3.html

¹⁷ https://es.wikipedia.org/wiki/Segunda_Guerra_Mundial
https://es.wikipedia.org/wiki/Segunda_Guerra_Mundial#En_Asia

pacífico (7 de diciembre de 1941, ataque de Pearl Harbor), desencadenante de la entrada de Estados Unidos en la II Guerra Mundial.

El 1 de mayo de 1941, obedeciendo a la Ley de Industrias de Fabricación de Automóviles que obligaba a seguir las órdenes del gobierno en materia de fabricación, Toyota debe comenzar la fabricación de camiones militares. La planta de mecanizado se escindió de Toyota Motor Co., Ltd. y se estableció como Toyoda Machine Works, Ltd., disminuyendo la producción de máquinas herramienta de pro de la fabricación de motores para aeronaves militares.

Debido a la precaria situación económica, la fabricación de camiones ha de realizarse de un modo artesanal. Teniendo incluso que idear la instalación de un único faro en los vehículos como forma de economizar.

1.2.4.2- Regreso a la fabricación de automóviles.

Kiichiro Toyoda deseaba retomar la fabricación de automóviles y camiones civiles después de la guerra. Y consideraba vital establecer un sistema de producción similar al americano. Por entonces un obrero americano, con el sistema de producción en masa introducido por Ford, producía nueve veces más que uno japonés. Kiichiro diría el 14 de agosto de 1945, día de la rendición de Japón: “Alcanzaremos a América en tres años o la industria automovilística de Japón no sobrevivirá”

En 1947 Toyota lanza su primer prototipo de automóvil tras la guerra mundial, el Toyota SA (Ilustración 9), de pequeñas dimensiones y diseño exterior similar al Volkswagen Beetle, que incluía un motor de cuatro cilindros de un litro de capacidad y una potencia de 27 CV.



Ilustración 9: Toyota SA.¹⁸

¹⁸ Fuente Ilustración 9: https://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_SA

1.2.4.3- Crisis financiera de 1949: cambios en la relación empresa-trabajador.

Tras la rendición japonesa el 14 de agosto de 1945, aceptando los términos de la declaración de Postdam¹⁹, los aliados proceden a la ocupación japonesa²⁰.

Durante la reconstrucción de Japón llevada a cabo por los Estados Unidos²¹, como medida para solucionar los problemas económicos, se realizaron reducciones crediticias para reducir la inflación. Esta medida resultó excesiva y desencadenante de una depresión económica mayor. Las medidas dispararon la inflación y la moneda se devaluó. Toyota tenía problemas para cobrar de sus clientes, y llegó a tener una deuda 8 veces superior al valor de su capital. La única vía de recuperación suponía el despido de gran parte de los obreros. Esta decisión desencadenó una larga huelga de trabajadores, que finalizó tras presentar Kiichiro su dimisión del puesto de presidente, aceptando su responsabilidad en los problemas de gestión (aunque los problemas reales fueran algo ajeno a la gestión y a su control). Taizo Ishida fue nombrado presidente, y tras numerosas negociaciones se llegó a un acuerdo con los sindicatos²², que supondría un gran cambio en la relación empresa-trabajador, y sería fundamental para el desarrollo del TPS. [1]

Se despidió una cuarta parte de los obreros (1.600), como medida de ajuste de la capacidad productiva a la demanda del mercado. A cambio se firmaron grandes mejoras y garantías en el puesto de trabajo de los empleados restantes. Un avance que no sería superados por ningún sindicato occidental de producción en masa:

- Mejoras:
 - Empleo vitalicio.
 - Formar parte de la comunidad Toyota, otorgándoles el disfrute de instalaciones Toyota: casa, y zonas de recreo. Y haciéndoles

¹⁹ https://es.wikipedia.org/wiki/Declaraci%C3%B3n_de_Potsdam

²⁰ https://es.wikipedia.org/wiki/Ocupaci%C3%B3n_de_Jap%C3%B3n

La ocupación de Japón por parte de los aliados duró hasta el 28 de abril de 1952, con la entrada en vigor del tratado de San Francisco.

²¹ Inicialmente se propuso el desarme industrial de Japón, para eliminar amenazas futuras. Finalmente estudiando los costes que supondrían a Estados Unidos la ayuda alimentaria, la Comisión Johnson recomendó la reconstrucción económica de Japón.

²² En 1946, bajo las órdenes es Estados Unidos el gobierno japonés reforzó los derechos de los sindicatos.

partícipes de los beneficios de la empresa, mediante gratificaciones en el sueldo.

- Salario de aumento gradual en función de la antigüedad (con más peso que el puesto o función desempeñada). Sistema que sería también adoptado en el resto de las empresas japonesas. Lo que supuso que un trabajador debería permanecer toda su carrera en la misma empresa, dado que no compensaba perder antigüedad, aunque fuese para desempeñar un puesto mejor en otra compañía.

- **Contraparte:**

Al pasar los trabajadores a ser un coste fijo a largo plazo, la dirección de la empresa pidió implicación por su parte en los intereses de la compañía: *“Si tenemos que darles empleo de por vida, ustedes tienen que poner de su parte realizando las tareas que necesitamos”*. Los empleados acordaron flexibilidad en las asignaciones de los puestos de trabajo, y participación en iniciativas de mejora. Y la empresa buscó mejoras en la formación y capacitación de los empleados para que tuvieran un mayor rendimiento durante su vida laboral (de aproximadamente 40 años, ya que la media de incorporación laboral de los japoneses se encontraba entre los 18 y 22 años.)

1.3- Eiji Toyoda, y Taiichi Ohno creadores del STP

En este apartado analizaré paralelamente los aportes de Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, ya que crearon conjuntamente el STP, Taiichi como gerente de planta y Eiji como su jefe.

1.3.1- Biografías de Eiji Toyoda y Taiichi Ohno.

1.3.1.1- Eiji Toyoda.

Las fuentes principales de este capítulo son: [1], [2], [4], [7], [13], [14].

Mensaje de Eiji Toyoda a los líderes de Toyota: *“Quiero que uséis vuestras cabezas. Y quiero que entrenéis activamente a vuestra gente sobre cómo pensar por ellos mismos”*.

Eiji Toyoda (12 de septiembre 1913 - 17 de septiembre 2013) (Ilustración 10), al igual que su primo Kiichiro estudió ingeniería mecánica en la universidad imperial de Tokio, tras graduarse comienza su carrera en la división de automoción de la Toyota Automatic Loom Works en mayo de 1936. Un mes más tarde Kiichiro le encomienda construir un laboratorio de investigación en Shibaura, del que es nombrado director. Y en cual se dedicaría a la investigación sobre desarrollo de máquinas –herramienta para la fabricación, y soluciones de defectos en los vehículos fabricados.



Ilustración 10: Retrato de Eiji Toyoda.²³

En 1967 asumió el cargo de director general en la Toyota Motor Company, rango que ostentaría hasta 1981, año en que fue nombrado presidente. Eiji se mantuvo al frente de Toyota hasta los 81 años. Fue clave en la selección y formación de líderes de las diferentes estructuras de Toyota, ventas, diseño de producto y producción. Junto a Taiichi Ohno, transformó la forma de fabricar de Toyota, creando las herramientas del STP.

1.3.1.2- Taiichi Ohno: creador del Just in time.

Fuente de este capítulo: [15]–[17].

“Acabar con el desperdicio debe ser siempre el primer objetivo empresarial. No es exagerado decir que, en un periodo de bajo crecimiento, el desperdicio es un delito contra la sociedad más que una pérdida de negocio”

Taiichi Ohno [17].

²³ Fuente Ilustración 10: https://es.wikipedia.org/wiki/Eiji_Toyoda

Taiichi Ohno (25 de febrero 1912, 28 de mayo de 1990) (Ilustración 11), nace en Manchuria. Se graduó en 1932 en el departamento de tecnología mecánica del Instituto Técnico de Nagoya. A través de su padre, conocido de Kiichiro Toyoda comenzó a trabajar en La Toyoda Spinning and Weaving Company. Durante su etapa trabajando en la industria textil, en la que la producción ha de ser elevada para obtener beneficios, Taiichi se concienza de la necesidad de producir de forma rápida y eficaz, reduciendo al máximo los desperdicios.

En 1942 se disuelve la empresa de hilados y tejidos de la familia Toyoda y Taiichi es transferido a la empresa de automoción Toyota Motors como jefe de taller de maquinaria en 1943.



Ilustración 11: Retrato de Taiichi Ohno²⁴.

En 1947 como director del taller de maquinaria de fabricación nº2 en la planta de Koromo introdujo cambios en el layout como las líneas en L y la multiespecialización de los obreros.

Es nombrado director de Ingeniería en 1954, y comienza a estudiar y experimentar rutinas de trabajo, tiempos de ciclo y flujos de proceso. En estos años establece una estrecha colaboración con Shigeo Shingo.

Tras la puesta en marcha de la planta de Motomachi en 1959 es nombrado director del departamento de fabricación y montaje, instala el sistema de Kanban en los talleres de maquinaria, prensado y la cadena de montaje.

En 1960 es ascendido a director general de la planta, y extiende el proceso Kanban al departamento de fundición y forjado. E impulsó a los proveedores externos a asumir este sistema.

²⁴ Fuente Ilustración 11: <https://historia-biografia.com/taiichi-ohno/>

En 1970 fue nombrado director ejecutivo de Toyota, y tras implantar su sistema de producción TPS es ascendido a Primer Vicepresidente de la Toyota Motor Corporation. Puesto del que se retirará en 1978.

Tras su paso por Toyota Motors, trabajó en una de sus subcontratas Toyoda Gosei, dedicada a la fabricación de volantes y otras piezas alcanzando el puesto de presidente.

Recopiló los principios del TPS y sus conocimientos en el libro “El sistema de Producción Toyota: más allá de la gran escala”.

Una muestra de su filosofía de eliminar desperdicios y fabricar sobre pedido: ante la pregunta del editor de su libro Norman Bodek: “¿Qué está haciendo Toyota hoy? Contestó:

“Lo único que estamos haciendo es observar el ciclo de caja. Desde el momento en que un cliente nos hace un pedido hasta el momento en que recogemos el dinero en efectivo. Y estamos reduciendo este periodo de tiempo eliminando las pérdidas que no suponen valor añadido alguno.”

1.3.2- Situación de la industria japonesa tras la II Guerra Mundial.

Después de la segunda Guerra Mundial durante los años 50, la industria automovilística japonesa se enfrentó al reto de volverse a levantar, en un contexto completamente desfavorable. La demanda del mercado doméstico era escasa. Pero pedía una alta diversificación de gamas de vehículos.

- Imposibilidad de obtener financiación para la compra de materias primas y máquinas de producción de alta tecnología.
- Gran competencia automovilística a nivel mundial.
- Tras las reformas de las leyes laborales de 1946, los trabajadores japoneses no estaban dispuestos a perder sus derechos y ser tratados como piezas prescindibles y variables.

Un dato significativo de la mala situación en la que se encontraba Toyota en los años 50: en 13 años de andadura desde su fundación en 1937, solo había producido un total de 2.685 automóviles, frente a los 7000 diarios que se estaban fabricando en “Rouge. Esto hacía patente la necesidad de poner la vista en el sistema americano.

1.3.3- Visita a la planta “Rouge” Ford en Detroit.

En 1950 (primavera) Eiji Toyoda, junto a Taiichi Ohno realizan una visita de tres meses a la planta “Rouge” de Ford Motor en Detroit (Ilustración 12), por entonces dirigida por Henry Ford II. Tras un estudio del sistema de producción en masa llegaron a la conclusión de que no era aplicable ni a la industria japonesa ni a su mercado. Deben adaptarlo a sus circunstancias.



Ilustración 12: Planta "Rouge detroit" años 40.²⁵

1.3.3.1- Industria americana vs. Japonesa.

De entre las razones por las que era imposible adoptar el sistema de producción en masa en Japón, la principal era el volumen de producción que podía asimilar su mercado. El americano, de demanda muy superior, permitía producir a gran escala, llegando al orden de 8000 vehículos diarios. Supliendo de este modo la escasa flexibilidad para realizar modificaciones en el modelo que les permitían sus máquinas tecnológicamente poco avanzadas, ya que su tiempo de preparación de máquinas o “set up” podía durar varios meses. El sistema de producción americano no había mejorado desde las visitas de Kiichiro en los años 30, con grandes problemas tecnológicos y organizativos, basaba su eficiencia meramente en la reducción de coste por pieza, fruto de una producción desmedida.

²⁵ Fuente Ilustración 12: <https://www.pinterest.es/pin/566890671815182926/>

1.3.4- Adaptación del sistema de producción a los estándares japoneses.

Si bien el sistema observado en Detroit no era aplicable. Sí que se basaron en algunas ideas expuestas en el libro “Hoy y mañana”, (Que en “Rouge” habían quedado como teorías sin llevar a la práctica) estudios de tiempo, especialización de trabajadores, creación de un flujo continuo a través de procesos estandarizados y sin desperdicios.

1.3.4.1- JIT. Nivelación de la producción.

La Toyota que presidía Taizo Ishida encaraba graves problemas financieros. Por lo que se tuvo que realizar un minucioso control económico de la empresa, prescindiendo de todo gasto innecesario como stocks de productos terminados, que no habían sido encargados previamente a través del concesionario.

Durante el viaje a Detroit, Eiji Toyoda se había percatado del modo en que se gestionaban los productos en los supermercados americanos. Reponiendo los productos en función de la demanda de los consumidores. En los supermercados los clientes obtienen lo que quieren, cuando lo quieren y en la cantidad que desean.

A su vuelta a Japón lo adaptó a la industria del automóvil, valiéndose para ello de las enseñanzas de W. Edwards Deming (pionero en calidad y productividad), que impartió sus conocimientos en Japón a través de seminarios. Deming considera que deben cumplirse los requerimientos de los clientes, ampliando el concepto clientes tanto a externos como internos, dando origen a su principio, «el siguiente proceso es el cliente», en japonés **atokotdwa o-kyakusama**, un proceso no debe reponer sus piezas hasta que la etapa siguiente agota las piezas proporcionadas por él, de este modo se genera un pull.

La etapa 1 de un proceso no debe reponer sus piezas hasta que la etapa 2 (siguiente) agota las piezas proporcionadas por la etapa 1. hasta que solo le queda un pequeño stock de seguridad. En ese momento la etapa 2 dispara una señal de pedido de piezas a la etapa 1 (tarjeta Kanban), (como si se tratara de una aguja de indicación del nivel de gasolina, avisando de que está bajo el depósito). De este modo podemos aproximarnos a un stock 0. Sustituyendo el tradicional “push” o empuje de los materiales a la línea de producción por “pull” o tirado continuo en cascada (según demanda) hasta el puesto en el que se inicia la producción, (los puestos precedentes deben hacer lo que les ordenan los subsiguientes), es la base del concepto JIT “Just In Time” uno de los pilares del STP. Debe fabricarse solo lo necesario.

Uno de los principales esfuerzos será encontrar suministradores que se adapten al sistema y envíen de forma continua las materias primas, adaptándose a sus necesidades.

Se diseña el proceso de fabricación de forma nivelada para que pueda ajustarse a la demanda, **Heijunka**²⁶ o “transformación en un nivel plano”.

Las operaciones y los flujos de producto se revisan para **eliminar todo lo que no añada valor al producto** (desperdicios o Mudas) desde el punto de vista de un cliente.

Una de las razones por las que se podía ir del final al principio de la producción con el Kanban era que se había empezado a crear un **flujo continuo de producción**.

1.3.4.2- Flujo de producción

En 1947 Taiichi Ohno realizó en la planta de Koromo modificaciones del layout introduciendo máquinas en líneas paralelas en forma de L y estableciendo la multiespecialización de los obreros.

De este modo se pasó de “un operario una máquina” (con todas las máquinas de este tipo agrupadas, con su consecuente stock y transporte) a un nuevo sistema de un operario en varias máquinas de diferentes procesos, y con una disposición acorde al flujo de trabajo y materiales.

Este cambio debió realizarse de forma progresiva ante la reticencia de los trabajadores, y fue posible llevarlo a cabo ya que en Japón no había un sindicato para cada tipo de trabajo (torneros, perforadores...) como era el caso de América, donde hubiera sido más difícil de implantar. Sobre multiespecialización, Taiichi Ohno [15] dice que:

“En el sistema japonés, los operarios adquieren un amplio espectro de aptitudes para la producción, a las que él llama técnicas de fabricación, y participan en el desarrollo de un sistema completo en la planta de producción. De esta forma el individuo puede encontrar valor en el trabajo”.

El nuevo sistema fue un gran facilitador del flujo continuo y la eliminación de stocks.

²⁶ Heijunka: <https://herramientaheijunka.wordpress.com/2013/11/05/que-es-el-heijunka/>

1.3.4.3- “Kaizen” o Mejora Continua.

Como se expuso anteriormente, el mercado japonés pedía una amplitud de gamas que exigía mucha flexibilidad en la producción. Dado que Toyota en aquellos momentos no podía obtener financiación para la compra de grandes cantidades de máquinas herramienta, se vieron obligados a buscar soluciones económicas, pero inteligentes, de utilizar la misma maquinaria para diferentes modelos, promoviendo el sistema “Kaizen” o de **Mejora Continua**.

Toyota tomó de Deming su ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) o Planificar-Hacer-Comprobar-Actuar como forma de mejora progresiva mediante iteraciones del ciclo.

Uno de los primeros problemas que encaran son las prensas de troquel utilizadas para el conformado de las piezas de carrocería. Dado su alto precio, y el grado de diversificación que les exige el mercado, no pueden comprar una para cada modelo. Por lo que optan por utilizar la misma para varios modelos, intercambiando las matrices (moldes), y buscan la forma de disminuir su tiempo de cambio (que inicialmente era de varios meses) mediante inventos ingeniosos, pero de baja inversión, logrando disminuir el tiempo de cambio a unos escasos minutos gracias a un sistema de rodillos.

Comienzan a producir en pequeños lotes como forma de ir alternando de modelo, pero tras analizar los resultados descubren que esta forma de fabricación es más rentable. Conlleva menos esfuerzos en almacenamiento y transportes. Y otorga una mayor reacción ante la producción de errores, ya que se fabrican pocas piezas de un tipo antes comenzar su ensamblado, y en caso de desperfectos son menos piezas las que han de rectificarse o desechar. Los problemas salen antes a la superficie.

1.3.4.4- Jidoka

Otro de los cambios en la adaptación al estándar japonés y pilar de STP es construir en calidad, deteniendo la producción en caso de anomalías (“Jidoka”), buscar la fuente del error y subsanarlo para evitar que los fallos se propaguen haciendo que la reparación sea mucho más costosa. De este modo se mantiene un alto estándar de calidad que con el tiempo dará lugar a una producción con cero fallos.

1.4- Shigeo Shingo: El “Thomas Edison” del Japón

Fuentes principales del capítulo: [18]–[24].

“Una de las premisas del modelo oriental de calidad, es no tener nada por escrito, ya que cambiamos las cosas día con día”. Shigeo Shingo

1.4.1- Biografía de Shigeo Shingo.

Shigeo Shingo (8 de enero de 1909 - 14 de noviembre de 1990) (Ilustración 13), nacido en Saga, Japón, fue impulsor y divulgador del Sistema de Producción Toyota. Se le atribuye la creación del sistema “**poka yoke**” (“a prueba de errores”), el **cero control de calidad** y **SMED** o “Single-Minute Exchange of Die” (cambio rápido de instrumento). Contribuyó a la expansión del TPS asesorando multitud de compañías (Toyota, Peugeot, Bridgestone).

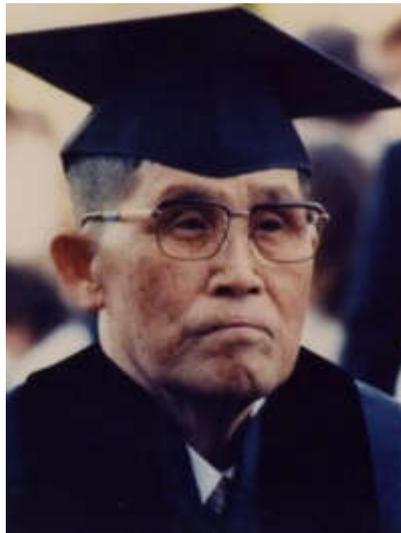


Ilustración 13: Retrato de Shigeo Shingo²⁷.

Estudió Ingeniería mecánica en el Colegio Técnico Yamanashi, donde entró en contacto con las teorías sobre "Organización Científica del Trabajo"²⁸ de Frederick Taylor²⁹, creador de la “Administración científica.”

²⁷ Fuente Ilustración 13: http://evaluador.doe.upv.es/wiki/index.php/Shigeo_Shingo

²⁸ Respecto a la “organización del trabajo” el taylorismo trata de aumentar el rendimiento en las diferentes tareas de un proceso, estandarizando tiempos, herramientas y movimientos.

²⁹ https://es.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor

Tras graduarse en 1930 es contratado como técnico ferroviario en la Compañía de Ferrocarriles de Taipéi³⁰, donde aplicó las teorías de la administración científica y la administración del flujo de operaciones para mejorar la productividad de los operadores y la dinámica del proceso.

En la década de los 40 investigó y aplicó el “control estadístico de la calidad” para determinar los errores que podían darse en cada lote a inspeccionar.

En 1943 fue nombrado asesor de la Japan Management Association (JMA), de forma que pudo trabajar con las empresas más importantes de Japón: Mazda, Mitsubishi. Durante su colaboración con Mitsubishi, logra la reducción del tiempo de ensamblado del casco de un petrolero de cuatro a dos meses. [18]

Comienza a colaborar con Toyota en 1955 como asesor de ingeniería y formador de empleados, tanto de Toyota como de una centena de sus empresas proveedoras. Trabaja estrechamente con Taiichi Ohno (director de producción de Toyota) para desarrollar métodos para mejorar la administración de la producción.

A partir de 1959 Shingo abandona la JMA y se establece como asesor de empresas independiente.

Recibe la Medalla Yellow Ribbon en 1970 por su aportación a la industria naviera al mejorar el flujo de operaciones.

A lo largo de su carrera plasmó su enfoque de la producción en una veintena de libros. En ellos aboga por la simplicidad y la eliminación de despilfarros en maquinaria, recomendando comenzar por analizar y comprender los procesos para mejorarlos tanto en el procesado, como en el transporte, inspección y retrasos. Suprimiendo los tres últimos que no aportan valor.

Premios Shingo Prize.

Desde 1988 la universidad de Utah ofrece en su honor el “Shingo prize” para premiar las empresas que implantan un sistema de producción World Class con buenos ratios en materia de productividad y calidad. Es considerado una especie de Premio Nobel para la fabricación [25].

³⁰ En aquellos momentos Taiwán estaba bajo ocupación japonesa.

1.4.2- Aportes al SPT.

1.4.2.1- Concepto de operaciones de flujo: “red de procesos y operaciones”

Durante su trabajo como jefe de la Sección de Producción para el Ministerio de municiones (fábrica de Amano, Yokohama, 1943). Comienza a aplicar el concepto de operaciones de flujo. Al intentar evitar colas de artículos en espera de máquina para realizar una operación, comprende la relación entre “procesos” y “operaciones” y los engloba en la “red de procesos y operaciones”. Estas modificaciones suponen un aumento de la productividad de un 100%.

1.4.2.2- Creación del SMED “Single-Minute Exchange of Die”.

En 1950 durante una colaboración con Mazda para mejorar la eficacia crea el sistema **SMED** o “Single-Minute Exchange of Die” (**cambio rápido de instrumento, de un solo dígito, o menor de 10 minutos**), que posteriormente fue integrado al sistema JIT de Toyota. Eliminó los cuellos de botella que se formaban en las prensas de conformado de chapa para las carrocerías, creando un “**procedimiento de preparación externa**” que consistía en unos pernos que avisaban de la disponibilidad de la prensa para el siguiente tipo de modelo. Consiguió reducir el cambio de prensas de 1000 toneladas de 4 horas a 5 minutos.

El SMED permite un mayor aprovechamiento de las máquinas, que pueden destinarse a la fabricación de diferentes piezas y modelos. A su vez los cambios en el diseño se pueden implementar con más facilidad. En resumen, el SMED es parte vital del “Just In Time”, ya que, reduciendo el tiempo de preparación de las matrices, la empresa se puede permitir la fabricación en lotes de piezas más pequeños que se ajusten a la demanda, sin necesidad de almacenamiento de stock.

1.4.2.3- Creación del “Poka Yoke”

Introduce en 1961 el concepto Poka yoke, sistema a prueba de error compuesto de un instrumento mecánico (cuya forma depende de la característica a evaluar) con el que inspeccionar el 100% de la producción y un dispositivo de alarma para avisar al operario y detener la producción en caso de darse un error, evitando su difusión.

1.4.2.4- Introducción de inspección en la fuente. Control de calidad cero.

En 1967 mejora el sistema Poka Yoke al incluir su uso en la línea de montaje, inspección en la fuente, para evitar que los trabajadores realicen operaciones de forma errónea, que den lugar a defectos en el producto. Al detectar el error en la operación antes de que produzca un defecto y corrigiendo el motivo del fallo para evitar su repetición se logra establecer el Control de calidad cero (ZQC) (evitar el 100% de los errores).

Abandona el “control estadístico de la calidad” que resulta innecesario con la correcta implantación de su nuevo sistema de control.

En 1977 implanta su sistema de calidad en la planta de ensamblaje de Matsushita, logrando que no se produzca ningún defecto durante un mes seguido.

1.4.2.5- Modelo Shingo.

El Shingo Model™ [25], [26] propone los 10 Principios Guía Shingo para que las empresas consoliden sus implantaciones de sistemas lean.

Ilustración 14: Modelo Shingo.



Ilustración 14: Modelo Shingo.³¹

³¹ Fuente Ilustración 14 e Ilustración 15: <http://www.opexacademy.net/index.php/shingo-institute/9-modelo-shingo.html>



Ilustración 15: Los principios guía de Shingo.

1.5- Difusión del Sistema de producción Toyota. Principios del STP.

1.5.1- Expansión del STP tras la crisis del petróleo de 1973.

El 16 de octubre de 1973 la OPEP (Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo) tomo la decisión de no exportar petróleo a los países aliados de Israel durante la guerra árabe-israelí de 1973, (en la que se enfrentaron Israel con Siria y Egipto). El embargo de petróleo, que se extendía a Estados Unidos y gran parte Europa produjo una gran recesión económica a nivel mundial, la crisis del petróleo de 1973³² (o primera crisis del petróleo), que duraría hasta principios de los años ochenta.

Las empresas japonesas acostumbradas a una alta tasa de crecimiento económico sufren un gran revés al encontrarse con un crecimiento cero que les obligaba a reducir su producción. La única empresa que resiste a la crisis y sigue

³² https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_del_petr%C3%B3leo_de_1973

obteniendo beneficios (aunque se vieran disminuidos), debido a su flexibilidad y política de eliminación de pérdidas es Toyota. El resto de las empresas japonesas comienzan a imitar su modelo.

1.5.2- Exportación del sistema de producción durante los 80's.

El éxito del STP empieza a ser reconocido en el extranjero. Se comienza a importar a Europa y América, y a aplicarse en otros ámbitos ajenos a la producción. Si bien es cierto que la competencia era consciente de la superioridad de la producción de Toyota, muchas veces el sistema es malentendido, y se atribuía su éxito razones ajenas a posibles fallos en el sistema de producción americana y aciertos en el sistema japonés. Había quién consideraba que la clave de su alta calidad y productividad consistía en que se dedicaban a hacer muchas copias de un mismo modelo, sin entender que era justo lo contrario, una gran flexibilidad para adaptarse y modificar el diseño. También se culpó de la crisis automovilística americana a una competencia desleal, la “invasión japonesa”, una especie de complot entre industria y gobierno para crear barreras a la venta de vehículos americanos en Japón, a la par de una bajada planeada y artificial del precio de los coches japoneses para copar el mercado americano. Convirtiendo su fracaso en un tema de política, no de industria.

A la par comienza a observarse que los automóviles japoneses eran más duraderos y necesitaban menos reparaciones que los europeos o americanos, lo que pone en el foco de mira el sistema de calidad con el que son fabricados.

1.5.3- 1982: creación de NUMMI.

En 1982 Toyota (con Shoichiro Toyoda como presidente y Eiji Toyoda de director ejecutivo) aprueban un acuerdo con GM, creando una fábrica conjunta o “joint venture”, NUMMI³³ (La New United Motor Manufacturing, Inc), situada **en Fremont (California). Mostrando su sistema a uno de sus mayores competidores.** Como posteriormente reconocería Gary Convis [27], Managing Officer de Toyota y Presidente, en la Toyota Motor Manufacturing, Kentucky, en el prólogo del libro “The Toyota Way”, en esta planta observó como gracias al modelo Toyota una de las fábricas que peor funcionaban de la General Motors pasó a ser la mejor de Estados Unidos.

³³ Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/NUMMI>

1.5.4- 1990: Publicación de “The Machine That Changed the World”

J.P. Womack y D.T. Jones realizan este estudio del MIT [1], que compara las industrias con implantación de sistema Lean Manufacturing (término acuñado por Womack) con las de producción en masa, haciendo patente su superioridad sobre estas últimas tanto en productividad, como en calidad. Toyota se convierte en la empresa a imitar e intentar batir.

1.5.5- 1992: Publicación de “los 7 principios directores”

La compañía Toyota procura mantener los valores adquiridos de la familia fundadora, para evitar que los siguientes líderes pierdan el espíritu y los valores adquiridos en los inicios y las etapas más duras de la compañía. Con este fin Toyota publica en 1992 los 7 principios directores (Toyota Guiding Principles) [5], que recogen su filosofía y valores corporativos:

- *Honrar la ley de cada nación, y emprender actividades empresariales justas para ser un buen ciudadano corporativo del mundo.*
- *Respetar la cultura y las costumbres de cada nación y contribuir al desarrollo económico y social mediante actividades empresariales en la propia comunidad.*
- *Dedicar los negocios a proporcionar productos limpios y seguros, que permitan mejorar la calidad de vida en el mundo a través de nuestras actividades.*
- *Crear y desarrollar tecnologías avanzadas y ofrecer productos y servicios excelentes, que satisfagan las necesidades de los clientes en todo el mundo.*
- *Fomentar una cultura corporativa que fomente tanto la creatividad individual, como el valor del trabajo en equipo, reforzando el respeto y la confianza mutua entre la gerencia y los trabajadores.*
- *Buscar el crecimiento en armonía con la comunidad global, a través de una gestión innovadora.*

- *Trabajar junto a los socios comerciales en la investigación y desarrollo, para lograr la estabilidad, el crecimiento a largo plazo y los beneficios mutuos, manteniéndonos abiertos a nuevas colaboraciones.*

1.5.6- 1992: Creación del “The Toyota Production System Support Center (TSSC)”

En 1992 Toyota fundó, para compartir sus conocimientos, una organización sin ánimo de lucro, “el centro de apoyo de proveedores de Toyota” o “Toyota Production System Support Center (TSSC)” [28] afiliada a la “Toyota Motor Engineering & Manufacturing North America, Inc.”, con sede en Plano, Texas. Ilustración 16. El líder, Hajime Ohba, era discípulo de Taiichi Ohno y creó el centro a imagen de la consultora de Toyota en Japón (TPS).



Ilustración 16: Logotipo del TSSC³⁴

Su labor desde entonces ha sido compartir la filosofía del Sistema de Producción Toyota, y la experiencia adquirida, con pequeños y medianos productores (ha colaborado con aproximadamente 320 empresas), entidades gubernamentales y ONG's involucradas en la recuperación de desastres. Ayudándoles a maximizar los recursos disponibles y mejorar la calidad y la seguridad. El TSSC consta de 15 expertos asesores “sensei” que viajan semanalmente por las diferentes empresas de E.E.U.U., realizando unos 50 proyectos de forma anual, que implican la transformación de una línea de producción durante 6 o 9 meses). Con esta colaboración logran que sus socios se mantengan competitivos, a la vez que aprenden también de ellos, en una colaboración cruzada. Impulsando a las personas a que realicen mejoras continuas, y asuman una cultura fundamentada en la filosofía Toyota:

³⁴ Fuente Ilustración 16: <http://www.tssc.com/default.asp>

- El cliente es lo primero: y debe identificarse sus necesidades, para saber qué es lo que aporta valor (¿Qué quieren?, ¿Cuándo lo quieren?, y ¿en qué cantidad?)
- Las personas son el recurso más valioso: han de respetarse e invertir en su formación.
- Mejora continua.
- Shop Floor Focus: ir al lugar donde se realiza el trabajo para encontrar y resolver problemas.

Enseñándoles a utilizar de manera correcta las herramientas, de forma que promuevan realmente:

- Just-in-Time en producción
- Sistema de calidad (Jidoka) con dispositivos de fallo para mejorar la seguridad, calidad, coste y plazo de entrega.

Ayudándoles a crear un liderazgo capaz de inspirar y desarrollar a las personas, con implicación en la resolución de problemas.

1.5.7- 1996: Publicación de “Lean thinking”.

En 1996, Womack y Jones publican un nuevo libro sobre Lean Manufacturing “Lean Thinking” [29] en el que explican con mayor detalle las herramientas Lean que conocieron durante su estudio para “La máquina que cambió el mundo.”

En él se recogen los siguientes principios:

1. **Definir valor:** Desde el punto de vista del cliente, para un producto y características determinadas (incluyendo precio y plazo de entrega).
2. **Identificar la cadena de valor:** Eliminar o disminuir al máximo las tareas que no agregan valor para poder centrarnos en las que sí lo hacen. Teniendo en cuenta que algunos pasos que no agregan valor son inevitables con la tecnología actual (muda uno) y otros no son eliminables de forma inmediata (muda dos). Y debe optimizarse el sistema en su conjunto de forma equilibrada (no se deben eliminar desperdicios en un punto de la fabricación a costa de crearlos en otro),

3. **Crear flujo:** De modo que los procesos fluyan suave y directamente de una operación a otra agregando valor, desde el inicio de la fabricación hasta el cliente. Eso se consigue con cambios y ajustes rápidos de máquinas (SMED), correcto dimensionamiento de la capacidad de máquinas y procesos evitando cuellos de botella. Y distribución en planta (layout) adecuada para que los procesos consecutivos en la secuencia de producción estén lo más próximos posibles.
4. **Producir el “tirón” (“pull”) desde el cliente:** Una vez eliminados los desperdicios del proceso y creado el flujo, se debe adaptar la producción a la demanda real de los clientes (ventas), y no a previsiones ni planificaciones.
5. **Perseguir la perfección:** Una vez se logran poner en marcha los cuatro puntos anteriores, tratar de optimizar el sistema de forma continua: cuestionándose el estado actual de los procesos, haciendo que salgan a la luz mudas y obstáculos en el flujo y buscando formas de solventarlo. En esta mejora continua se debe implicar a todos los trabajadores.

1.5.8- 1997: Creación del “LEI” (Lean Enterprise Institute).

En 1997 J.P. Womack crea una organización sin ánimo de lucro para la difusión de la filosofía Lean, el Lean Enterprise Institute [30], con sede en Cambridge, Massachusetts. Ilustración 17



Ilustración 17: El Lean Enterprise Institute.³⁵

El LEY define su enfoque como práctico “Do Tanks”, en vez del estilo tradicional “think tanks” (grupos de reflexión). Desarrollando nuevas hipótesis y experimentando su funcionamiento real. Difunden sus investigaciones a través de sus publicaciones, su comunidad web y congresos presenciales, con el ánimo de formar a los gerentes de las empresas, para que sean un verdadero agente de cambio “Lean” que se planteen: “¿Qué puedo hacer el lunes por la mañana para lograr un cambio y marcar la diferencia?”

³⁵ Fuente Ilustración 17: <https://www.lean.org/WhoWeAre/?mission=yes>

El LEI es parte de la Lean Global Network (<http://leanglobal.org/>), formada por organizaciones similares de 24 países. En España la organización es el ILM Instituto Lean Management (<http://www.institutolean.org/index.php/es/>), con sede en Sant Cugat del Vallés.

1.5.9- 2001: Creación del “Manual de Estilo Toyota” o “Toyota Way”

En 2001 la empresa lanza el documento interno “el Manual de Estilo Toyota” “Toyota Way”, [31]

Recogiendo su filosofía y valores, que se apoyan en los pilares “Respetar a las personas” y “Mejora continua”.

Los cinco términos clave para llevarla a cabo son (Ilustración 18):

- **Desafíos o retos.** Visión a largo plazo y afrontar los retos para hacer realidad esa visión.
- **Kaizen.** Mejora continua. Ningún proceso puede considerarse perfecto, siempre queda espacio para la mejora.
- **Genchi Genbutsu.** ir al origen para descubrir los hechos y así tomar decisiones correctas para alcanzar los objetivos marcados ”.
- **Respeto.** Respeto hacia las personas, comprensión rija las relaciones dentro de la empresa y con el exterior, aceptando sus responsabilidades y haciendo todo lo posible para crear confianza mutua a partir de una comunicación honesta.
- **Trabajo en equipo.** Estimular el crecimiento personal y profesional, ofreciendo a los trabajadores oportunidades para su desarrollo que maximicen su rendimiento individual y de los equipos.

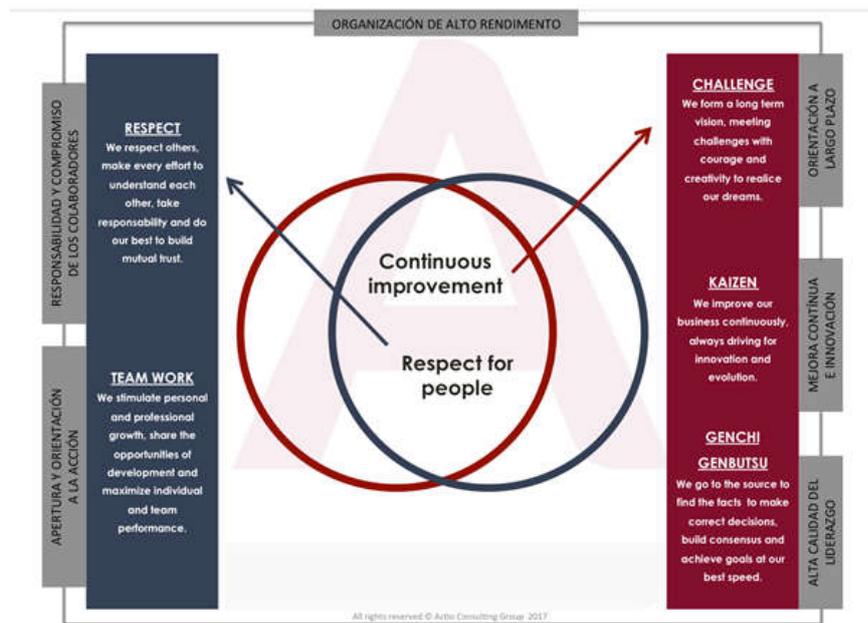


Ilustración 18: Los 2 pilares y los 5 términos clave del Toyota way.³⁶

«La clave del modelo Toyota, y lo que hacía del éxito de Toyota algo único, no eran sus elementos individuales... lo importante era tener todos esos elementos juntos en un solo sistema. Esto debe ser practicado a diario de manera muy constante y no en sprints.»: Fujio Cho, presidente de Toyota motor Co.

1.5.10- 2004: J. Liker publica el libro “The Toyota Way”.

Jeffrey K. Liker, profesor de Ingeniería industrial en la universidad de Michigan (Ann Arbor), fundó junto a John Campbell, en 1991, el JTMP (Japan Technology Management Program), para investigar las técnicas japonesas mediante programas de inmersión en su cultura. Tras obtener una beca de investigación del gobierno, y estudiar durante años el sistema de producción Toyota a condición de transferir sus técnicas a empresas americanas, publica en 2004 el libro “The Toyota way” (en castellano :“Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo”) [27]. En el libro recoge su estudio, de más de 20 años, del modelo Toyota en 14 principios que permiten comprender y llevar a cabo la implantación del sistema en una empresa.

Los catorce principios del estilo Toyota identificados por Liker, se agrupan en el llamado Modelo 4P: **Problemas, Personas, Procesos y Philosophy**, que a su vez

³⁶ Fuente Ilustración 18: <https://www.actio-consulting.es/the-toyota-way/>

relaciona con los principios del manual del estilo Toyota de 2001: **Desafíos, Kaizen, Genchi Genbutsu, Respeto y Trabajo en equipo**. Ilustración 19.

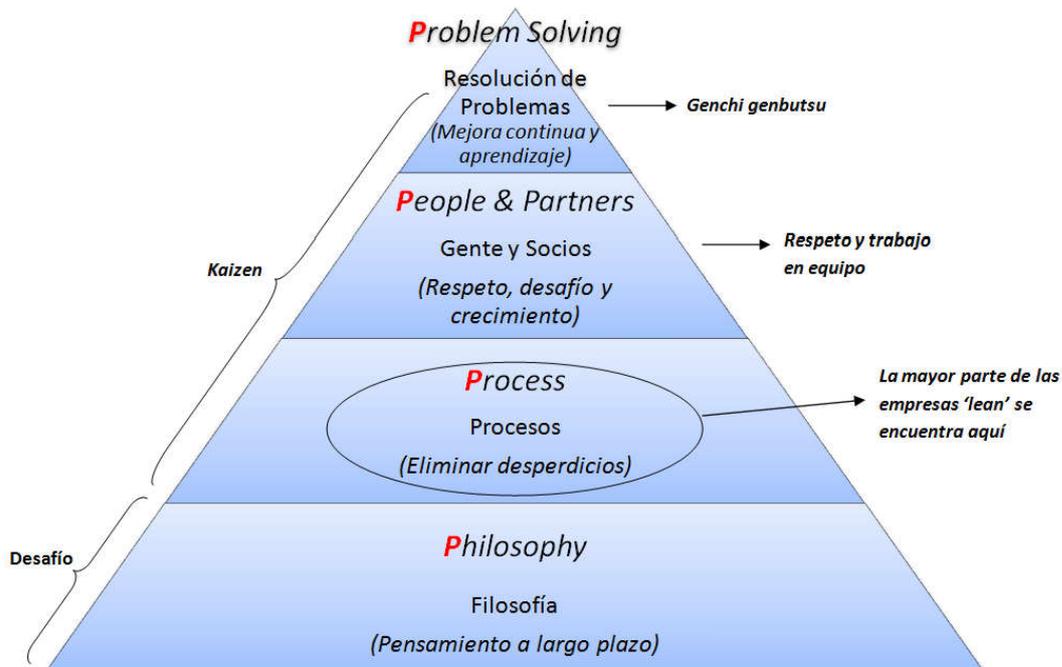


Ilustración 19 Modelo 4P de J. Liker.³⁷

La mayoría de las empresas solo cumplen el nivel 1 de proceso.

Sección I: Filosofía a “largo plazo”.

- Principio 1: Basar las decisiones de gestión en el “largo plazo”, incluso si supone pérdidas financieras a corto plazo.

Sección II: El proceso correcto producirá los resultados correctos.

- Principio 2: Crear flujos de proceso continuo que hagan que los problemas se hagan visibles.
- Principio 3: Uso de sistemas “Pull” que eviten la sobreproducción.
- Principio 4: Nivelado de la carga de trabajo (HEIJUNKA)

³⁷ Fuente Ilustración 19: “The Toyota Way” (J. Liker 2004), obtenido de: <http://arrizabalagauriarte.com/las-claves-del-sistema-de-produccion-toyota-tps-las-4p-y-los-14-principios/>

- Principio 5: Parar la producción cuando aparezca un problema de calidad hasta dar con la fuente del error. (JIDOKA)
- Principio 6: Estandarizar las tareas para propiciar la mejora continua y la autonomía de los operarios. (KAIZEN).
- Principio 7: Empleo de controles visuales para que los problemas no se mantengan ocultos.
- Principio 8: Uso de tecnologías fiables y comprobadas que sean de utilidad para el personal o el proceso.

Sección III: Añada valor a la organización mediante el desarrollo de su personal y de sus socios.

- Principio 9: Formación de líderes que comprendan el trabajo, asimilen la filosofía y se la transmitan a los demás.
- Principio 10: Desarrollar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de la empresa.
- Principio 11: Respetar a la red de suministradores y colaboradores (KEIRETSU). Ayudándoles a mejorar y proporcionándoles nuevos retos.

Sección IV: La resolución continua de los problemas fundamentales impulsa el aprendizaje organizativo.

- Principio 12: Vaya a verlo usted mismo para entender el conflicto. (GENCHI GENBUTSU, GEMBA KAIZEN)
- Principio 13: Tomar las decisiones de forma consensuada y calmada, tener a consideración todas las opciones. Implementar las acciones rápidamente.
- Principio 14: Conversión de la organización hacia un aprendizaje de Herramientas del Lean Manufacturing.

Capítulo 2- Las MUDAS o desperdicios.

“En tu empresa, en tu profesión, en tu vida; lo que no hace falta sobra; lo que no suma resta”

Masaki Imai³⁸ (1930)

Según Taiichi Ohno [27]:

“Lo que todos controlamos es la cronología desde el momento del pedido del cliente hasta que cobramos. Durante el proceso todos estamos reduciendo ese tiempo y eliminando el desperdicio que no añade valor”

Entendiendo como desperdicio según él:

"Todo lo que exceda la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas y tiempo de trabajo que sea absolutamente esencial para la producción de cualquier producto.”

El valor de un producto se define al mirarlo desde la perspectiva del cliente final. Son las características y requisitos por las que está dispuesto a pagar, y en el momento, cantidad y calidad que desee.

No aportan valor los procesos intermedios que no son visibles para el cliente, como procesos para clientes internos, movimientos del operario...

Si analizamos las secuencias de la cadena de Valor³⁹, unas producen valor añadido y otras no. Las actividades que no generan valor son las que denominamos “MUDA” o “despilfarro”.

Estos despilfarros se clasifican en dos tipos:

- **Tipo 1:** despilfarros que son inevitables dado el estado actual de la tecnología y medios disponibles en la producción.
- **Tipo 2:** despilfarros que pueden ser eliminados.

Dentro de las mudas de tipo 2 (las que se pueden suprimir inmediatamente), Taiichi Ohno las clasificó en 7 clases: Sobreproducción, Tiempo de espera,

³⁸ Masaki Imai: teórico de la organización japonesa y consultor de gestión de calidad, conocido por sus estudios sobre Kaizen http://maestrosquality.blogspot.com/p/blog-page_4245.html

³⁹ Cadena de valor: incluye todas las actividades necesarias de diseño, fabricación y pedidos para crear un producto que satisfaga las necesidades del cliente.

Transporte, Sobre procesos. Inventario, Movimientos y Defectos. Aunque algunos autores como J. Liker reconocen una octava muda: Las Habilidades.

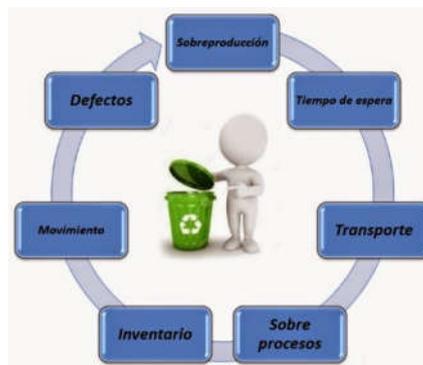


Ilustración 20: Los 7 tipos de mudas⁴⁰.

2.1- Las 3M

En el manual de Estilo Toyota se describe la eliminación de las 3M. Muda (despilfarro), Mura (irregularidad) y Muri (tensión).

Muda (desperdicios): (como se había precisado en el punto anterior) son los desperdicios producidos por sobreproducción, tiempos de espera, transportes, sobre procesos, inventarios, movimientos, defectos y la octava muda, las habilidades.

Mura (irregularidad): irregularidades del proceso productivo como interrupciones, cuellos de botella que acaban generando stock, han de eliminarse haciendo que el proceso esté equilibrado para que sea efectivo el sistema pull y el Just In Time.

Muri (trabajo tensionante): tensiones que se producen el lugar de trabajo, como enfrentamientos entre compañeros o con mandos superiores, fatiga laboral, asignación de una tarea a un operario sin estar suficientemente formado. La insatisfacción que producen estas tensiones puede desembocar en una mayor tasa de accidentalidad, absentismo y rotación en los puestos. Lo que conlleva a su vez una bajada de la productividad y un aumento de fallos y desperdicios.

Las 3M están muy relacionadas entre sí y son consecuencia directa las unas de las otras y dando lugar a un mayor nivel de Muda. Deben observarse y subsanar las tres para evitar una espiral de desequilibrio en el sistema.

⁴⁰ Fuente Ilustración 20: <http://magentaig.com/la-manufactura-esbelta-o-ajustada/>

2.2- Tipos de muda:

2.2.1- Sobreproducción.

Es el despilfarro de producir antes de ser necesario o en más cantidad de la demandada por el cliente. Es causa de los otros desperdicios.

Se debe principalmente al tipo de gestión desempeñada por los directivos de la empresa, o una mala planificación sin ajustes de calendario. Muchas veces atiende a un intento de abaratar el coste por unidad procesando grandes lotes, con el inconveniente de que gran parte puede no ser vendida, o quedará obsoleta. Se produce de más para suplir defectos o la fábrica tiene una capacidad de producción excesiva que ha de ajustarse.

Herramientas del Lean que evitan sobreproducción: Nivelado de producción, SMED, JIT, KANBAN...;

2.2.2- Tiempo de espera.

Tiempos de pérdida en los que operarios o máquinas están parados sin realizar tareas de valor añadido, con la consecuente pérdida de producción. Pueden deberse a averías, falta de material, espera de órdenes, cuellos de botella, espera de finalización de ciclo de la máquina.

Las esperas se eliminan o reducen con: TPM, polivalencia de puestos...

2.2.3- Transporte.

Movimiento del material a los almacenes o a etapas del proceso de producción, por necesidades del layout, maquinaria o logística. Se pueden deber a errores en el diseño del layout, crecimiento mal planificado de la planta que deja maquinaria de procesos consecutivos muy separada entre sí.

Técnicas Lean: reorganizar el layout haciendo un estudio previo con diagramas de espagueti, aplicar las 5S.

2.2.4- Sobre procesos.

Realización de operaciones innecesarias en el producto, que no aportan valor desde el punto de vista del cliente o que posteriormente son desechadas en otra operación posterior del proceso. Se suelen deber a una deficiente planificación, y a presencia de defectos en el producto.

Sus consecuencias son las pérdidas de tiempo, productividad y el aumento de los costes.

Las herramientas para evitar sobreprocesos son: reingeniería (estudio de los procesos y la búsqueda e implementación de métodos más adecuados tanto para el proceso en sí como para la organización de las etapas). Capacitación adecuada de los empleados para evitar que se produzcan defectos.

2.2.5- Inventario.

Almacenamientos de cantidades superiores al mínimo necesario de materia prima, piezas en proceso o producto terminado. Se da tanto en almacenes como entre procesos o puestos de trabajo.

Como relata Taiichi Ohno [15] consideraba los materiales acumulados como si tuvieran la misma impaciencia que las personas, a las que no les gusta quedarse arrinconadas.

Este tipo de desperdicio, a parte de los costes que supone, mantiene ocultos los verdaderos problemas de la fábrica, ya que el stock puede estar supliendo ineficiencias en el flujo.

Se solventa con las mismas herramientas que la sobreproducción: Nivelado de producción, SMED, JIT, KANBAN...

2.2.6- Movimientos.

Movimientos físicos innecesarios realizados por el personal en los puestos de trabajo para coger herramientas, materiales, o revisar la documentación.

Es un despilfarro si para la misma operación y resultado, existe un movimiento más corto o menos costoso. Suele deberse a la mala organización del puesto de trabajo o de la planta.

Se solventa del mismo modo que los transportes: reorganizar el Layout, las 5S...

2.2.7- Defectos.

Los defectos que se producen en piezas durante los procesos o al manejar los materiales de forma inadecuada suponen pérdidas de tiempo y dinero en clasificación de piezas, reprocesados y eliminación de piezas inservibles (chatarra). Sus causas van desde el fallo humano, mantenimiento preventivo inadecuado, diseño erróneo de productos o procesos y la falta de calidad en materias primas que no han sido inspeccionadas. Los defectos se propagan hasta que se da con la causa raíz.

Las herramientas para evitar los defectos son los sistemas de CALIDAD TOTAL en productos y procesos, JIDOKA (andon, poka yoke, causa raíz, Separación hombre-máquina...)

2.2.8- Las Habilidades.

Liker identificó una octava muda, las “habilidades”, que consiste en no aprovechar la creatividad y la inteligencia de los empleados. Se puede dar por falta de formación, de canales de comunicación, o de sistemas de motivación para que los empleados se sientan implicados en los procesos y sus mejoras. En los modelos clásicos de empresa se debe en gran parte a la subestimación de las capacidades del resto de los empleados por parte de los altos cargos de la empresa. La filosofía Lean apuesta por el respeto hacia las personas y la implicación de todos sus empleados en las mejoras de la empresa, ya que por más que observe un supervisor un proceso nunca estará tanto tiempo en contacto con él como uno de sus operarios.

Capítulo 3- La casa del STP y sus herramientas.⁴¹

“La base del sistema de producción Toyota es la eliminación absoluta de excedente. Los dos pilares necesarios que sustentan el sistema son: Justo a tiempo y Automatización con un toque humano.”

[15] *Taiichi.*

Fuentes consultadas en este capítulo: [27], [32]–[42].

“La casa del Lean” es una representación gráfica del sistema de producción Toyota realizada por Taiichi Ohno. El simbolismo de la casa con el tejado (metas a conseguir), que se sustenta en los pilares y estos a su vez por unos cimientos sólidos representa claramente las herramientas del lean, su interrelación y la forma en que implica todas las áreas de la producción, y como un fallo en una de las zonas afecta a la estabilidad de todo el sistema.

- **Cimientos:** la filosofía Toyota, la gestión visual, los procesos estables y estandarizados y la producción nivelada.
- **Interior:** La mejora continua en la que se implican las personas y el trabajo en equipo con el objetivo de la eliminación de desperdicios.
- **Pilares:** metodologías para mejorar la calidad a nivel de fabricación (JIDOKA) y organizativo (Just In Time).
- **Tejado:** Resultados de la correcta aplicación del sistema: mayor calidad, menores costes, y plazos de entrega más competitivos.

⁴¹ Fuentes consultadas en este capítulo:

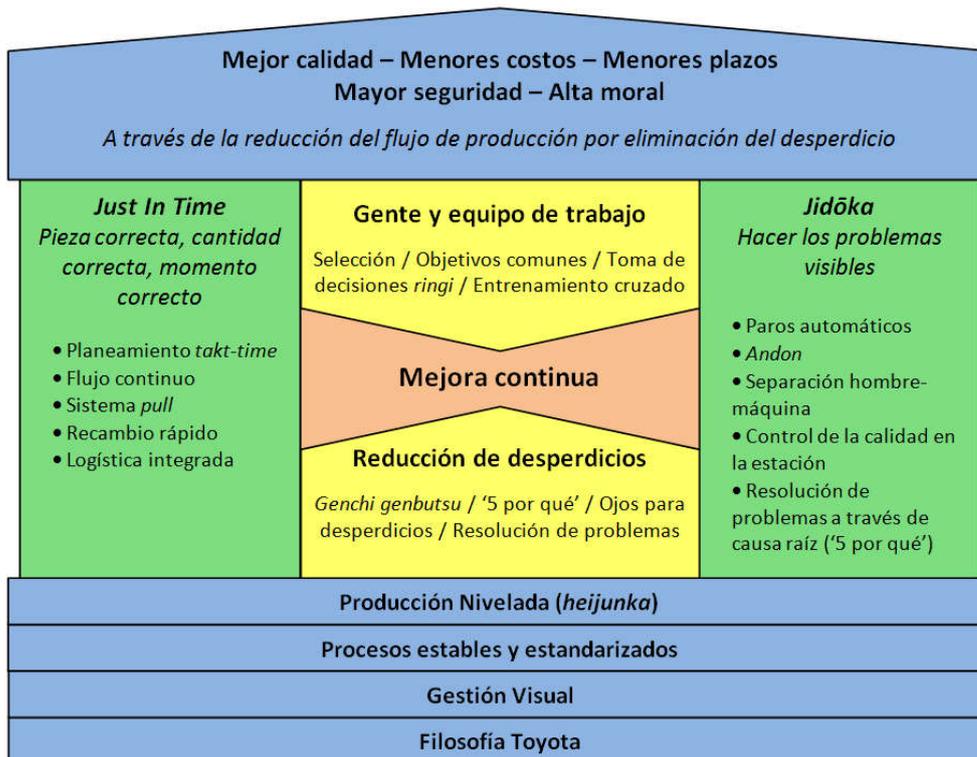


Ilustración 21: La casa del Lean⁴².

3.1- Cimientos

Los cimientos son las bases del sistema Lean, cuyos principios se expusieron en el capítulo 2. La empresa debe tener estos elementos totalmente asentados antes de tratar de implantar el resto de las herramientas.

3.1.1- Procesos Estables y estandarizados

Estandarizar consiste en definir la metodología a seguir para realizar los procesos con las mejores prácticas. Debe formarse y concienciar a todo el personal para que trabaje siguiendo y respetando el estándar, ya que es el principio fundamental de la mejora continua y de la autonomía de los trabajadores.

⁴² Fuente Ilustración 21: "The Toyota Way" (J. Liker 2004), obtenido de: <http://arrizabalagaUriarte.com/las-claves-del-sistema-de-produccion-toyota-tps-las-4p-y-los-14-principios/>

Sirve para la consolidación de las mejoras realizadas, dejando documentadas las buenas prácticas para evitar errores y accidentes en las operaciones. Formar a los trabajadores siguiendo estándares aumenta la calidad y la seguridad en la línea de producción, reduce el tiempo de ejecución de las operaciones, se armonizan los tiempos de operación de los diferentes trabajadores de cada puesto y sirve de base para posibles mejoras en el futuro.

Los supervisores de cada área deben conocer los estándares y velar porque sean respetados por el personal. En caso de aparecer un error siguiendo el estándar este debe revisarse y optimizar para evitar la propagación del error.

Según Taiichi Ohno [15], se hizo patente la necesidad de dejar por escrito como se realizaba cada operación cuando los trabajadores habituales se iban al campo de batalla y eran sustituidos por trabajadores sin experiencia, el estandarizado de la operación punto por punto permitía formar rápido al sustituto y que la rotación no tuviera un fuerte impacto en la calidad o la producción.

Para el estandarizado se implementa la “hoja de trabajo estándar”, una herramienta visual, que ha de posicionarse en una zona visible cerca del puesto de trabajo en ella se refleja la interacción de materiales, trabajadores y máquinas.

En la hoja de trabajo estándar de un proceso es esencial que se refleje:

- **Tiempo de ciclo:** tiempo asignado para hacer una pieza o unidad. Si el tiempo de ciclo es superior al Takt-time (cadencia a la que debe ser fabricado un producto para satisfacer la demanda del cliente), no se podría satisfacer la demanda del cliente, por lo que el proceso entero y su estándar debe ser revisado para disminuir el tiempo de ciclo hasta estar dentro de los objetivos.
- **Secuencia del trabajo.** Clara y sencilla. No debe suponer más de 3 días formar a un operario en el proceso con ella
- **Stock standard.** El mínimo necesario en el puesto de trabajo (incluyendo las piezas en máquina) para que el flujo de producción se mantenga.

Hoja de trabajo estandarizada					Fecha: 9/1/20__	
Planta:	Grupo: Moldeado de parachoques		Parte Nombre	Trasero Parachoques	Preparado por: Rodrigo Nava	Cantidad requerida por turno: 190
Departamento: Plásticos	Operación: Operador de parachoques trasero		Parte #:		WIP estándar Ninguno	Tiempo takt: 135 segundos
#	Elementos de trabajo	Tiempo de trabajo	Tiempo de caminado			
1	Desmolde lado derecho	4	3			
2	Quitar lado izquierdo	4	3			
3	Poner el nido de ribeteado	2	3			
4	Aplicar spray centro derecho	14	3			
5	Aplicar spray centro izquierdo	14	3			
6	Retirar rodillo y empezar el ciclo	4	3			
7	Ribetear lado izquierdo	13	2			
8	Ribetear compuerta	7	2			
9	Ribetear lado derecho	13	2			
10	Lijar línea de separación lado derecho	14	0			
11	Lijar línea de separación lado izquierdo	14	3			
12	Poner el parachoques en el estante	4	2			
			2			
			28	Trabajo en proceso estándar	Verificación de calidad	Seguridad
Total		107		Página 1 de 1		

Figura 7-1. Hoja de trabajo estandarizada para la operación de modelado de parachoques.

Ilustración 22: Hoja de trabajo estandarizada⁴³

HOJA DE DESGLOSE DE TRABAJO			Fernando Alarcón	Albeto Aguirre
FECHA: 20/7/20__			Líder del equipo	Supervisor
ÁREA: Moldeado de Parachoques	TRABAJO: Operador de moldeado de parachoques trasero-recorte	Elaborado por: Jaime López		
PASOS IMPORTANTES	PUNTOS CLAVE SEGURIDAD: Evitar lesiones, ergonomía, puntos de peligro CALIDAD: Evitar defectos, revisar puntos, estándares TÉCNICA: Movimiento eficiente, método especial COSTO: Uso apropiado de los materiales	RAZONES PARA LOS PUNTOS CLAVE		
Paso # 1 Recorte la bola de rebaba en el lado izquierdo	1. Sostenga la rebaba derecha y apretada 2. Recorte lejos del cuello y del brazo 3. Navaja nivelada con la superficie superior	1. Hace el recorte más fácil 2. Evita lesiones-cortes 3. Superficie visible, línea de excedente máx. 1mm		
Paso # 2 Recorte la rebaba central del lado izquierdo	1. Empiece en la línea de recorte, variación 1mm 2. La navaja debe estar perpendicular 3. Siga la línea de recorte, variación 1mm 4. Movimiento curvado mientras recorta	1. Superficie visible, especificaciones de calidad 2. Corte en ángulo no aceptable 3. Superficie visible, especificaciones de calidad 4. Técnica para hacer el recorte más fácil		
Paso # 3 Recorte la rebaba de la entrada	1. Mantenga la compuerta hacia arriba horizontalmente 2. Descanse la navaja en el borde del parachoques horizontalmente 3. Oriente el mango del cuchillo hacia atrás (la navaja está horizontal) 4. Un movimiento continuo	1. Evita que el parachoques se tuerza durante el corte 2. Ayuda a hacer el corte horizontal y derecho 3. El corte es más fácil 4. Detenerse causará un corte irregular		
Paso # 4 Recorte de bola de rebaba del lado derecho	1. Sostenga la rebaba derecha y apretada 2. Recorte lejos del cuello y el brazo 3. Navaja nivelada con la superficie superior	1. Hace el recorte más fácil 2. Evita lesiones-cortes 3. Superficie visible, línea de excedente máx. 1mm		
Paso # 5 Recorte la rebaba central del lado derecho	1. Empiece en la línea de recorte, variación 1mm 2. La navaja debe estar perpendicular 3. Siga la línea de recorte, variación 1mm 4. Movimiento curvado mientras recorta	1. Superficie visible, especificaciones de calidad 2. Corte en ángulo no aceptable 3. Superficie visible, especificaciones de calidad 4. Técnica para hacer el recorte más fácil		

Figura 10-3. Hoja del desglose de trabajo para recortar a mano un parachoques trasero.

Ilustración 23: Hoja de desglose de trabajo

⁴³ Fuente Ilustración 22 e Ilustración 23:

<http://leanlogisticsexecution.blogspot.com/2016/11/son-los-mismo-los-procedimientos-que-el.html>

Es vital que los trabajadores implicados en un puesto puedan aportar ideas para mejorar el estándar es un agente motivador y su aporte es de gran valor para realizar mejoras en el método ya que son los que mejor lo conocen.

3.1.2- Producción nivelada (Heijunka).

Heijunka (producción nivelada o suavizada), adapta la producción a la demanda de los clientes tanto en cantidad como en variantes del producto de forma que se produce en flujo continuo pieza a pieza (One piece flow).

Nivelar la producción (heijunka) es necesario para el flujo, los sistemas pull y minimizar el inventario. Debe amortiguarse el volumen de mezcla de referencias producidas de modo que solo haya una pequeña variación en la producción de un día a otro.

Para la producción en flujo continuo de una pieza es necesario:

3.1.2.1- Flujo continuo de una pieza:

Organizar la distribución de la planta (layout) en función de la secuencia de procesos a realizar.

Las estaciones de trabajo de procesos consecutivos deben ubicarse en ese orden y lo más próximas posibles las unas de las otras para que el producto avance en orden en que se le aplican las transformaciones y sin demasiados transportes.

Es recomendable utilizar células flexibles en forma de U o “Chaku-chaku” (Ilustración 24) en el que las estaciones de trabajo para los diferentes procesos están muy próximas y la entrada y salida de las piezas se produce por una misma zona para que pueda realizar su vigilancia un mismo operador, de modo que se pueda adaptar la cantidad de operarios en función del takt time (**shojinka**⁴⁴).

⁴⁴ **Shojinka**: flexibilizar los procesos en función de la demanda mediante la reorganización de la cantidad de operarios y los procesos que realizan. Requiere la multiespecialización de los empleados en diferentes puestos.

El flujo continuo implica que el proceso anterior fabrique a petición de la necesidad del siguiente, creándose el empuje o “pull” que es sincronizado mediante el uso de Kanban.

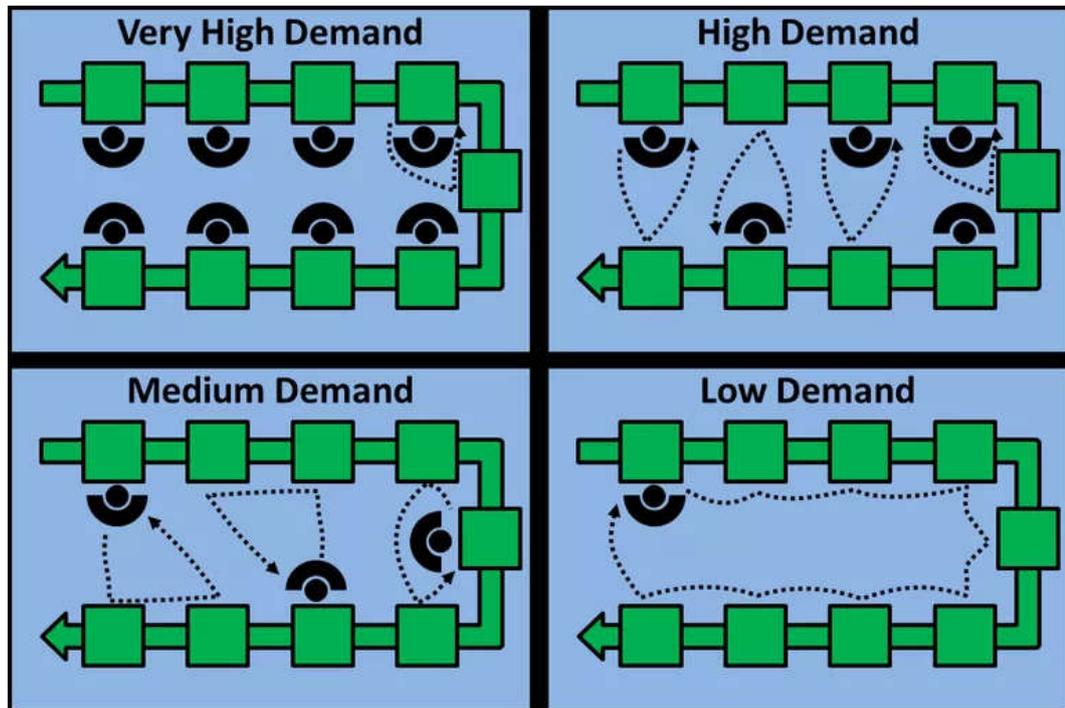


Ilustración 24: Layout en U o Chaku Chaku⁴⁵.

3.1.2.2- Línea balanceada:

3.1.2.2.1- Tiempo de ciclo.

Este parámetro se define para cada proceso. Es el tiempo que requiere un proceso para transformar (agregándole valor) una materia prima en un producto acabado para ese proceso. El tiempo que se tarda en producir el producto entero viene marcado por el proceso más lento o cuello de botella, ya que no se puede fabricar en menos tiempo que el que conlleva esa operación.

⁴⁵ Fuente Ilustración 24: <https://www.allaboutlean.com/line-layout-i-s-u-l-lines/>

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades producidas}}$$

3.1.2.2.2- Takt Time

La palabra “TAKT” procede del alemán y significa “ritmo”. El Takt Time es el ritmo al que debemos producir para cubrir la demanda. Se calcula dividiendo el tiempo disponible de producción entre las unidades demandadas:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades demandadas}}$$

3.1.2.2.3- Balanceo de la línea

Han de distribuirse los elementos de cada proceso para que sus tiempos de ciclo alcancen el takt time, haciendo que la carga de trabajo de los operarios sea homogénea (evitando que unos tengan que trabajar más que otros).

Si el tiempo de ciclo es inferior se crean tiempos de espera y sobreproducción.

Si el tiempo de ciclo es superior al takt time no se puede cubrir la demanda, generando retrasos en la entrega.

En caso de que haya una fluctuación en la demanda la línea se debe volver a balancear. Ilustración 25

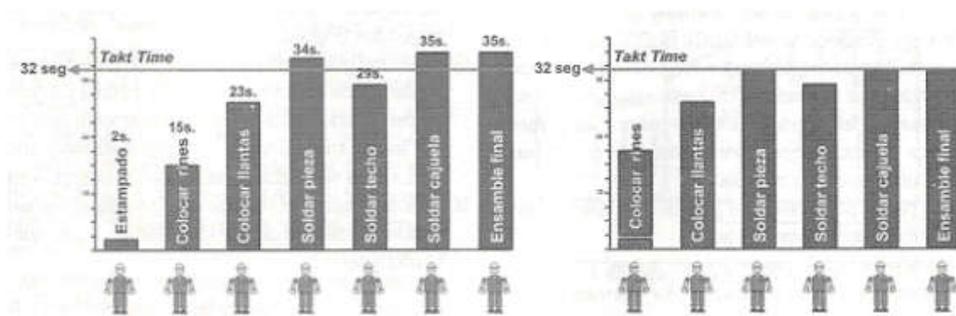


Ilustración 25: línea no balanceada vs balanceada⁴⁶

⁴⁶ Fuente Ilustración 25: [42]

3.1.2.3- Nivelado de variantes:

[43][27] En vez de fabricar en función al flujo exacto de pedidos realizados, se considera el volumen total de pedidos en un periodo de tiempo y se distribuye la producción de forma equilibrada para que cada día se fabriquen las mismas cantidades de cada variante del producto y con la misma secuencia. De este modo se evita la “Mura” de falta de uniformidad y el “Muri” de sobrecarga y uso inadecuado de recursos. Ilustración 26.

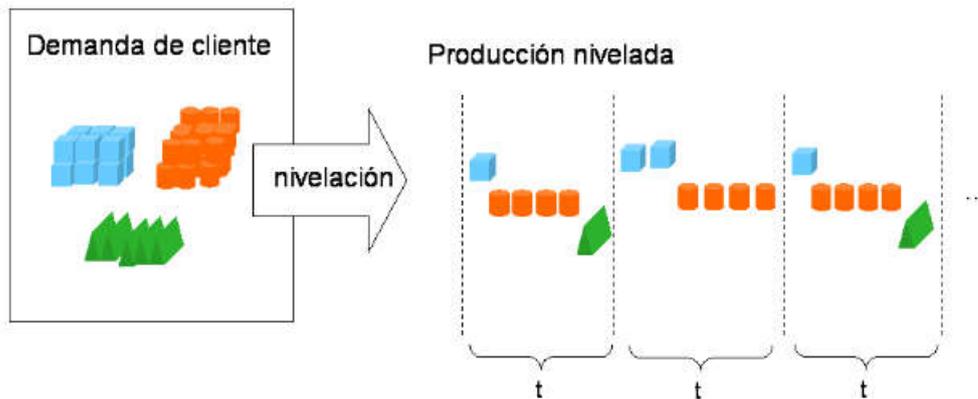


Ilustración 26: Nivelación de la producción.⁴⁷

Los beneficios principales de la producción nivelada son:

- Flexibilidad para ajustarse a la demanda de los clientes sin necesidad de inventario.
- Al fabricar bajo pedido se elimina el riesgo de fabricar productos que pueden no venderse.
- El trabajo se estandariza teniendo en cuenta los tiempos y esfuerzos de la fabricación de cada variante de modo que con el nivelado de producción el uso de recursos está totalmente equilibrado y sin sobreesfuerzos.
- La demanda a los proveedores se equilibra haciendo que los pedidos sean siempre similares, permitiendo a los proveedores ajustarse también al ritmo de la demanda y evitar inventarios innecesarios

⁴⁷ Fuente Ilustración 26: <http://leanroots.com/heijunka.html>

El problema del heijunka es la alta exigencia que requiere a nivel técnico y organizativo para poder fabricar distintas referencias. Un sistema SMED eficaz y gran flexibilidad en los medios de producción y polivalencia de los operarios.

3.1.2.3.1- Heijunka box

La planificación de la producción a corto plazo se realiza con el casillero Heijunka o “Heijunka box”. Ilustración 27. Sirve para identificar de un vistazo los productos que se deben fabricar en un intervalo de tiempo. En él se representa una línea de tiempo que se dividirá en intervalos de producción. En cada uno de esos intervalos se puede adoptar una combinación diferente de variantes de producción siempre y cuando la carga de trabajo que conlleve pueda ser absorbida en ese intervalo de tiempo.

El cálculo de los volúmenes de producción que se pueden incluir en un intervalo de tiempo se basa en la información proporcionada por el Takt time (tiempo empleado para fabricar un producto o componente). El Takt time se graba en un histórico para llevar el control de tiempos de ciclo de trabajo y se monitorea para organizar el plan de producción.

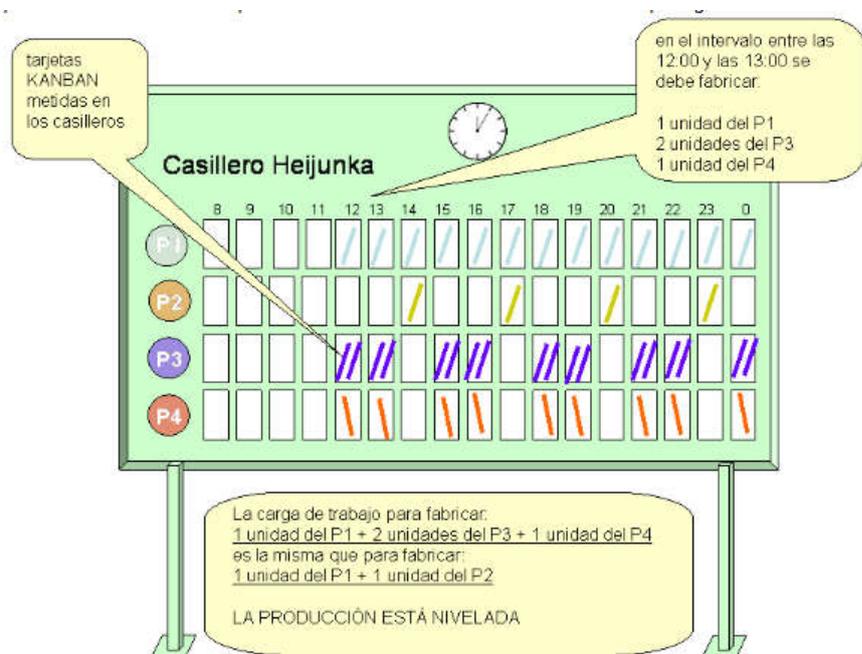


Ilustración 27: Casillero heijunka⁴⁸

⁴⁸ Fuente Ilustración 27: <http://leanroots.com/heijunka.html>

3.1.3- Gestión visual

La filosofía Lean utiliza herramientas de gestión visual para indicar si los procesos se desarrollan con normalidad o si hay anomalías. Monitorizar esta información evita que los problemas se mantengan ocultos o pasen desapercibidos.

3.1.3.1- 5 S

Introduzco las 5s en el apartado de gestión visual, dado que esta filosofía además de mantener el orden y estandarizarlo tiene la función de hacer visual cada elemento y herramienta de la fábrica al asignarle una colocación fija y delimitarla con marcas visuales.

Mantenimiento y respeto del orden y limpieza en el puesto de trabajo.

Se limpia y ordena el lugar de trabajo de la forma más eficiente posible, causando un impacto positivo en la mejora continua, eliminación de desperdicios y seguridad laboral.

El nombre 5s proviene de las iniciales del nombre de cada una de las etapas del sistema: seiri (eliminar), seiton (ordenar), seiso (limpiar), seiketsu (estandarizar), y sisisuke (respetar y mejorar).



Ilustración 28: Las 5s⁴⁹.

⁴⁹ Fuente Ilustración 28: <https://leanbox.es/que-hacemos/sistemas-de-produccion-lean/5s/>



Ilustración 29: Fases de las 5s⁵⁰.

3.1.3.2- Seiri (eliminar).

Se clasifican los elementos en imprescindibles o no para la actividad y se eliminan los innecesarios, ya que este stock ocupa espacio dificultando el paso y la gestión visual en los puestos.

En los puestos de trabajo solo ha de estar lo necesario, en la cantidad y el momento que se necesita.

Los elementos innecesarios se marcan con una tarjeta roja (Ilustración 30) y se acumulan en una zona seiri correctamente delimitada, a no ser que sean demasiado pesados o voluminosos.

⁵⁰ Fuente Ilustración 29: <https://leanbox.es/fases-de-la-herramienta-5s-del-sistema-lean-manufacturing/>

TARJETA ROJA	
ARTÍCULO:	
CANTIDAD:	FECHA CLASIFICACIÓN:
PROPIEDAD:	DECIDE DESTINO:
CATEGORÍA	RAZÓN
Máquinas	No se necesita
Accesorios y herramientas	Defectuoso
Materiales	Uso desconocido
Material de oficina	Material de desperdicio
Producto terminado	No se usará pronto
Producto en proceso	Otros: _____
DESTINO	
Enviar a cuarentena	Reciclar
Destruir/Tirar	Ajustar cantidad
Enviar a almacén	Compartir
Reubicar	Otros: _____

Ilustración 30: tarjeta roja del seiri⁵¹

3.1.3.3- Seiton (ordenar):

Se busca para cada objeto que hemos considerado necesario en el seiri el lugar más adecuado, visible y de fácil acceso en función de su uso. Se delimita la posición exacta para que sea más fácil mantener el orden y saber de un vistazo si algo no está en su lugar.

3.1.3.4- Seiso (limpiar):

La limpieza en los puestos de trabajo es esencial para trabajar de forma adecuada, mantener en condiciones óptimas la maquinaria y evaluar de un vistazo si se ha producido algún tipo de fuga y de dónde proviene.

Se debe elaborar un plan de limpieza identificando los focos de suciedad y marcando los niveles deseados de limpieza para cada zona en función de su importancia y de los medios de los que se dispone. El plan tiene que incluir las zonas a limpiar, los responsables, los medios, y la frecuencia con la que debe hacerse la limpieza.

3.1.3.5- Seiketsu (estandarizar).

Elaboración de estándares para estabilizar y afianzar lo realizado en las 3 s anteriores. El estandarizado permite a su vez la fácil comprensión del sistema

⁵¹ Fuente Ilustración 30: <https://sgmspanish.wordpress.com/tag/5s/>

de orden a los trabajadores involucrados en el puesto, aunque no hayan participado en el proceso 5s.

Deben incluirse controles visuales como líneas con códigos de colores (Ilustración 31) que delimiten dónde situar los elementos, y fotos del “antes y después” para mostrar cómo debe organizarse y como no.



Ilustración 31: líneas con código de colores para el estandarizado.⁵²

3.1.3.6- Shitsuke (disciplina).

Mantener los cambios realizados formando hábitos positivos de mejora y eficiencia en el trabajo. Para que la transformación sea profunda deben proceder de un deseo personal y no de la obligación, por lo que la labor más efectiva que puede hacer la empresa es la concienciación en importancia del orden para trabajar con seguridad y calidad.

A su vez deben realizarse evaluaciones periódicas, y se publicarán los logros obtenidos. Ilustración 32 ejemplo de impreso de una auditoría 5s.

⁵² Fuente Ilustración 31: <https://sgmspan.wordpress.com/tag/5s/>

5S Audit <small>5s.niftysol.com</small>								
Department Name:				Date:				
Company Name:				Auditor Name:				
1S	#	Check Item	Description	Score				
				0	1	2	3	4
S O R T	1	Materials or parts	Does the inventory or in-process inventory include and unneeded materials or parts?					
	2	Machines or equipment	Are there any unused machines or other equipment around?					
	3	Jigs, tools, or dies	Are there any unused jigs, tools, dies or similar items around?					
	4	Visual control	Is it obvious which items have been marked as unnecessary?					
	5	Written standards	Has establishing the 5Ss left behind any useless standard?					
			Sub Total					
2S	#	Check Item	Description	Score				
				0	1	2	3	4
S E T T I N G O R D E R	6	Location Indicators	Are shelves and other storage areas marked with location indicators and addresses?					
	7	Item Indicators	Do the shelves have signboards showing which items go where?					
	8	Quantity Indicators	Are the maximum and minimum allowable quantities indicated?					
	9	Demarcation of walkways and in-process inventory areas	Are white lines or other markers used to clearly indicate walkways and storage areas?					
	10	Jigs and tools	Are jigs and tools arranged more rationally to facilitate picking them up and returning them?					
			Sub Total					
3S	#	Check Item	Description	Score				
				0	1	2	3	4
S H I N E	11	Floors	Are floors kept shiny clean and free of waste, water and oil?					
	12	Machines	Are the machine wiped clean often and kept free of shavings, chips and oil?					
	13	Cleaning and checking	Is equipment inspection combined with equipment maintenance?					
	14	Cleaning responsibilities	Is there a person responsible for overseeing cleaning operations?					
	15	Habitual cleanliness	Do operators habitually sweep floors, and wipe equipment without being told?					
			Sub Total					

0=Very Bad 1=Bad 2=Average 3=Good 4=Very Good

Ilustración 32: auditoría 5s⁵³

3.2- Pilares

3.2.1- Just In Time (JIT)

El primer pilar del Lean es el “Just In Time” o Justo a Tiempo, es una filosofía que engloba un conjunto de herramientas y conceptos con el objetivo final de

⁵³ Fuente Ilustración 32: <https://www.pinterest.es/pin/349591989819716565/>

cumplir con la demanda, entregando el producto con las especificaciones adecuadas, en la cantidad y en el plazo correctos.

Las piezas se incorporan a la cadena en momento y cantidad que se requieren, cada proceso recibe justo lo que necesita para surtir al proceso siguiente con la cantidad justa respondiendo al pull, y creándose un flujo continuo de una sola pieza (One Piece Flow).

Con este sistema se eliminan las mudas de sobreproducción, almacenamiento, traslados, inventario de productos intermedios y finales.

Para poder implantar el sistema JIT efectivo la empresa debe primero hacer mejoras para adoptar el resto de las técnicas del Lean que le permitan funcionar como un mecanismo perfecto: lograr fabricar en flujo, operarios formados en manejo multiproceso (un operario para varias máquinas que completan un proceso), Kanban para establecer el “pull” de arrase desde el final de la línea de producción hasta el principio, SMED, control visual, nivelación de la producción, fabricar en calidad, estandarizado, Jidoka, TPM...

A parte del JIT interno de la organización existe un JIT externo que engloba las relaciones con los clientes y los proveedores. Debe haber una comunicación adecuada y un trabajo conjunto con los proveedores para que adapten el ritmo de su suministro al requerido.

3.2.1.1- Sistema pull

Como se ha indicado con anterioridad un proceso PULL es aquel que produce en función de la demanda del cliente, entendiendo como cliente tanto a los externos como a los internos, el siguiente proceso es el cliente (**atokotdwa o-kyakusama**).

La etapa 1 de un proceso no debe reponer sus piezas hasta que la etapa 2 (siguiente) agota las piezas proporcionadas por la etapa 1 (hasta que solo le queda un pequeño stock de seguridad). En ese momento la etapa 2 dispara una señal de pedido de piezas a la etapa 1 (tarjeta Kanban), (como si se tratara de una aguja de indicación del nivel de gasolina, avisando de que está bajo el depósito). De este modo podemos aproximarnos a un stock 0. Sustituyendo el tradicional “push” o empuje de los materiales a la línea de producción por “pull” o tirado continuo en cascada (según demanda) hasta el puesto en el que se inicia la producción.

Uno de los principales esfuerzos será encontrar suministradores que se adapten al sistema y envíen de forma continua las materias primas, adaptándose a sus necesidades.

3.2.1.2- Kanban.

El kanban o tarjeta, es un sistema de visual de control de la producción, que permite limitar y programar el trabajo en curso (WIP o Work In Progress). Avisa al proceso anterior o a los proveedores de las cantidades que deben producir y entregar al puesto siguiente, de forma que se sincroniza el flujo y no se produce de más ni se hacen transportes de más en ningún proceso de la fábrica, se crea el “pull”. Sirve como pedido de fabricación, todos los productos deben llevar un Kanban. Es una forma eficaz de localizar dónde se producen defectos ya que el Kanban indica de que proceso provienen. Los productos con defectos no se envían al proceso siguiente, de modo que se obtiene el 100% de productos sin errores.

Hay tres tipos de Kanban:

- **Kanban de señal:** Es el primer Kanban que se utiliza cuando se pone en marcha la fábrica, autoriza al último puesto a pedir piezas a los puestos anteriores, de modo que se pone en funcionamiento la producción.
- **Kanban de producción:** WIP o trabajo en proceso. Indica las unidades a que debe producir el proceso anterior.
- **Kanban de transporte** o de retirada de material. Indica las unidades a recoger por el proceso posterior. Esta tarjeta va adherida al contenedor para su transporte.

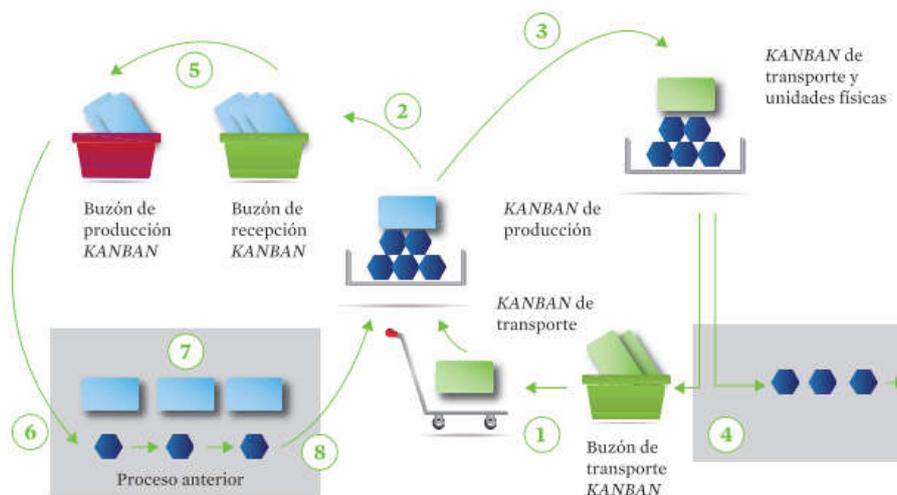


Ilustración 33: Uso del Kanban

Time of Delivery 10:30	Storage Area A 1-1	Toyota Motors Headquarters
Ohashi Iron Works Store Shelf No. I - BOTTOM	Item No. 53018-60011	Identification Assembly No. 2
	Item Name RDD 3/ANY RADIATOR PRESS LH	Used in F7 Car Type CW
	21	Box Type SPECIAL
	Box Capacity 30	50
Parts-ordering Kanban		

Ilustración 34: Ejemplo de tarjeta kanban⁵⁴

Como se vio en el punto 1.3.4- , este sistema lo empezaron a usar en Toyota en 1947, inspirándose en la forma de reponer productos en los supermercados. Aunque este sistema de tarjetas es aparentemente sencillo les llevó unos 10 años consolidarlo, debido a que debe aplicarse de forma muy estricta y sin excepciones para que funcione correctamente el “pull”. Comienzan a pedirle su aplicación a los proveedores en 1963 y tardaron otros 20 años en que todos lo asumieran de forma eficaz.

A veces se utilizan las propias carretillas de transporte como kanban, cuando en un puesto la carretilla con piezas se vacía se lleva al puesto anterior como señal de que debe ser repuesta, y se llevan otra carretilla llena. Un puesto no puede producir piezas hasta que hay una carretilla vacía para ser llenada, de forma que se evita la sobreproducción.

En la actualidad algunas empresas han informatizado el sistema añadiendo códigos QR o de barras a los productos.

3.2.1.3- Value Stream Mapping

El mapeo de la cadena de valor o Value Stream Mapping es una herramienta gráfica que describe en un diagrama tanto los procesos, como el flujo de materiales e información presentes en la transformación del producto, desde que se recibe la petición de fabricarlo hasta que se entrega. Ilustración 35.

Esta herramienta presenta con claridad el estado de las operaciones de forma que es de gran ayuda para visualizar en qué puntos no se agrega valor y debe hacerse una mejora para eliminar desperdicios.

Para realizar el análisis Se debe formar un equipo multidisciplinar con representación de diferentes niveles de la empresa. Este equipo debe ir al

⁵⁴ Fuente Ilustración 34: [34]

taller y “pasear el gemba” (caminar el flujo) para conocer los procesos y como se llevan a cabo

Los pasos habituales para realizar el Value Stream Mapping son:

1. Seleccionar una familia de productos: conjunto de productos con un sistema de producción similar tanto en medios como en procesos.
2. Representar los procesos de producción y anotar sus valores clave: tiempo de ciclo, operarios.
3. Representar el flujo de material tanto entre procesos, como el flujo de materia prima de los proveedores y de entrega del producto acabado al cliente. Anotar si hay inventarios y las cantidades.
4. Representar el flujo de información entre todas las partes involucradas, tanto de la empresa como de proveedores y clientes.
5. Realizar el cálculo de los Lead Time del producto y del proceso.

Tras analizar la situación actual e identificarse los focos de desperdicio que no agregan valor, debe realizarse un mapa de cadena valor futuro con los cambios a realizar aplicando el enfoque del Lean y el plan de acción para implementarlos.

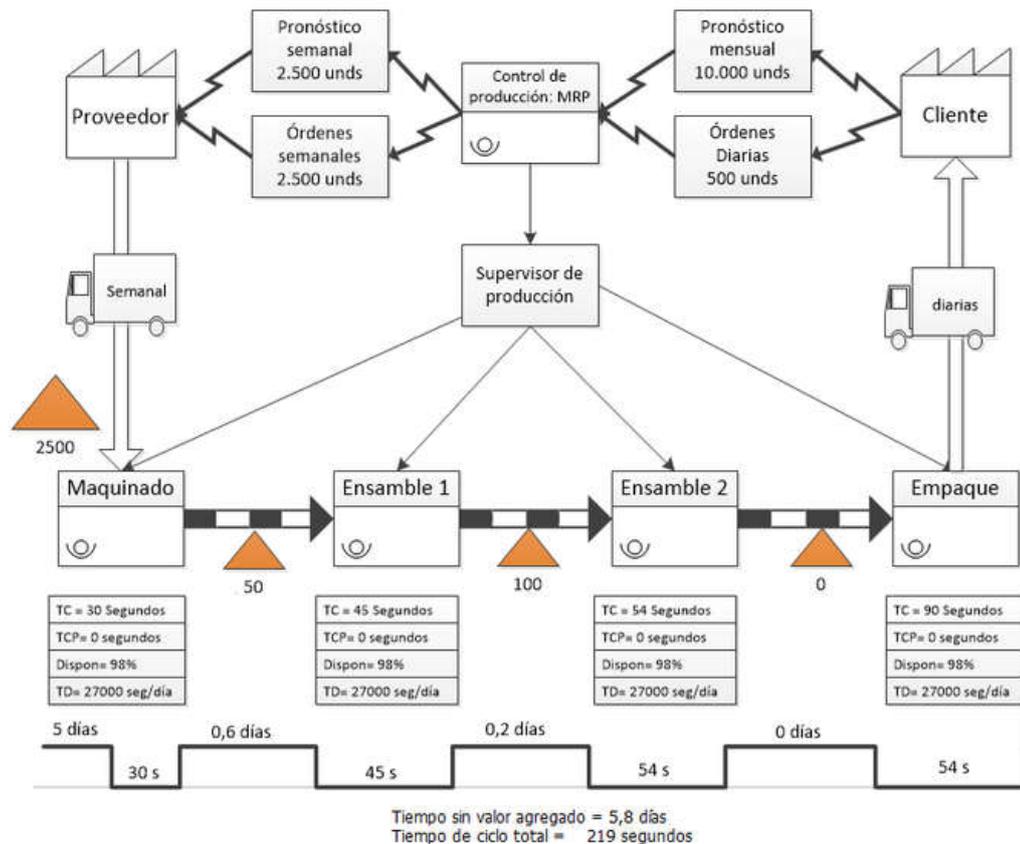


Ilustración 35: Ejemplo de VSM⁵⁵.

3.2.1.4- SMED

El cambio de utillaje “Changeover” de una máquina consiste en el conjunto de operaciones que han de realizarse desde que se para la máquina para cambiar de variante de producto o lote, hasta que se empieza a fabricar la primera unidad de la variante siguiente dentro de los parámetros de tiempo y calidad especificados. El cambio rápido o Quick Changeover agrupa diferentes técnicas para reducir el tiempo necesario para el cambio de utillaje.

SMED (Single-Minute Exchange of Die) quiere decir que un cambio de utillaje no debe durar más de diez minutos.

El SMED es necesario para la producción JIT, reducir los tiempos de cambio permite fabricar en lotes pequeños sin aumentar costes, dotando a la

⁵⁵ Fuente Ilustración 35: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mapas-del-flujo-de-valor-vsm/>

producción de flexibilidad para operar en flujo continuo con variantes de producto sin necesidad de stock.

En la aplicación del SMED deben considerarse los siguientes tiempos:

- **Tiempo de cambio de utillaje:** Tiempo que transcurre desde la fabricación de la última pieza de una variante de producto en condiciones óptimas, hasta la fabricación de la primera pieza correcta de otra variante.
- **Tiempo interno** (IED inside Exchange of Die): Tiempo en el que se realizan operaciones internas, es decir con la máquina parada. Ejemplo de operación interna: cambio de matriz.
- **Tiempo externo** (OED outside Exchange of Die.): Tiempo en el que se realizan operaciones externas, es decir con la máquina en funcionamiento. Ejemplo de operación externa: preparación y ajustes de herramienta.

La implantación de SMED consta de las siguientes etapas:

1. Identificar todas las tareas necesarias para realizar el cambio, tiempos
2. Clasificar las tareas internas y externas.
3. Convertir el mayor número posible de tareas internas en externas

Si no se puede externalizar toda la operación al menos se debe tratar de externalizar parte de ella, para minimizar el tiempo de parada. Algunas acciones para minimizar las paradas serían:

- Utilizar sistemas rápidos de fijación, con menor número de elementos de amarre.
- Reducir desplazamientos y movimientos.
- Realizar varias operaciones en paralelo.
- Uso de transporte de elementos por gravedad, usar control visual, tener ordenados los elementos necesarios (5s)

Debe estandarizarse el método de SMED de cada máquina, y formar al personal para que puedan realizar ellos mismos el cambio de utillaje.

3.2.2- Jidoka

El segundo pilar de la filosofía Lean es el “Jidoka” cuyo significado en “automatización con un toque humano”. Se trata de construir en calidad haciendo que el sistema se autocontrole, deteniendo la producción en caso de anomalías para buscar la fuente del error y subsanarlo evitando que los fallos se propaguen “aguas abajo”, donde la reparación sería mucho más costosa. Este sistema permite mantener un alto sistema de calidad.

El mecanismo del Jidoka se compone de dos elementos:

- Mecanismo de detección de defectos.
- Mecanismo para detener el proceso al detectarse un defecto. La detección puede realizarse de forma **manual** (por el propio operario) o de forma **automática**

No se debe evitar solamente la propagación del error mediante la parada, sino que se debe encontrar la causa raíz que produjo el defecto e implementar mejoras para subsanarla (ver 3.3.2.2.1-Método de las 5 M. Encontrar la causa raíz).

3.2.2.1- Poka-Yoke. A prueba de errores.

El término Poka-Yoke cuyas palabras significan “poka” -> “Error inadvertido que cualquiera puede cometer” y “yoke”-> “prevenir o mostrar” se puede traducir como “a prueba de errores”.

POKA YOKE es un dispositivo de prevención de errores, tanto para evitar que los defectos se produzcan o propaguen, como para garantizar la seguridad de empleados y maquinaria. Son dispositivos sencillos y en contra de lo que puede parecer son bastante económicos, por lo que se pueden implementar sistemas para inspeccionar el 100% de la producción. Ilustración 36

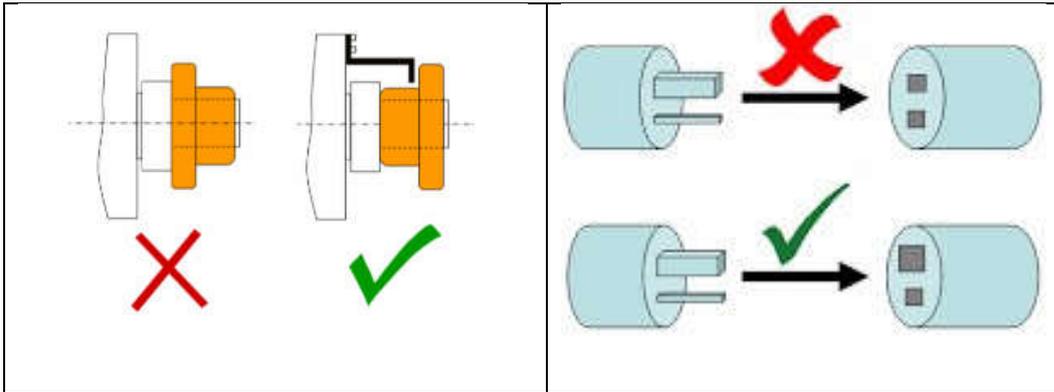


Ilustración 36: Ejemplos de Poka Yoke⁵⁶

Tipos de Poka Yoke en función de la acción que realizan al detectarse el error:

- **Método de desconexión:** Si algún parámetro del proceso se sale del rango de valores aceptables se detiene el proceso indicando que se está produciendo un defecto.
- **Métodos de control:** Evitan que se produzcan los defectos ya que solo permiten realizar el proceso del modo correcto.
- **Métodos de aviso:** Los dispositivos avisan de que se ha producido un defecto, aunque es el operario el que debe parar el proceso, corregir el error y la causa del defecto.

Tipos de poka yoke según su funcionamiento:

- **Método de contacto:** El dispositivo detecta el acabado o las dimensiones de la pieza y diferencia si se producen anomalías. Ilustración 37
- **Método de valor fijo:** Comprueba que se hayan realizado un número concreto de movimientos o actividades.
- **Método de paso movimiento:** Comprueba que los pasos se realizan en el orden correcto.

⁵⁶ Fuente Ilustración 36 a: [34]

Fuente Ilustración 36 b: <http://www.angelantonioromero.com/la-herramienta-poka-yoke/>

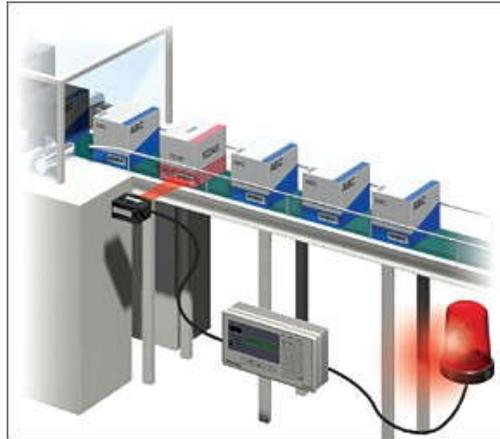


Ilustración 37: Poka Yoke de contacto⁵⁷

3.2.2.2- Andon

En japonés la palabra andon se utiliza para referirse a las lámparas o farolillos de papel típicos de su folklore.

Andon es un sistema de control visual y/o auditivo que permite a los empleados conocer el estado actual del sistema de producción, alertando en caso de que se produzca algún problema para que puedan reaccionar de forma inmediata.

El andon puede ser accionado automáticamente o por un operario para avisar a sus compañeros o el supervisor de un problema en su estación de trabajo. Consiste en un tablero de luces o señales luminosas que indican las condiciones en las que se encuentra el proceso o las operaciones. El andon es una señal, no sirve por sí mismo para evitar la propagación de errores debe avisarse para solventar el error, "Stop-Call-Wait" (Para-Avisa-Espera).



Ilustración 38: Andon⁵⁸

⁵⁷ Fuente Ilustración 37: <http://www.angelantonioromero.com/la-herramienta-poka-yoke/>

⁵⁸ Fuente Ilustración 38: [34]

3.3- Interior de la casa:

3.3.1- Personas y equipos de trabajo

Uno de los puntos fuertes en la filosofía Lean es la capacidad de aprovechar la creatividad e inteligencia de todos sus empleados (la octava muda). A través del principio del respeto a las personas y la búsqueda de compromiso por parte de todos los miembros de la empresa, empezando por los operarios que son los que están más cerca del producto y los procesos. Esta aportación la organización por parte de todos los empleados se realiza con herramientas como los sistemas de sugerencias, soifuko, nemawashi.

Taiichi Ohno [15] usaba el ejemplo de una embarcación de 8 remos en la que si alguno de los ocupantes rema más fuerte la barca comienza a ir en zigzag, Logrando el máximo rendimiento cuando todos reman por igual. Es necesario un entendimiento y compenetración por parte de todos los miembros y una “campaña de asistencia mutua”, de modo que, si un trabajador tiene un problema en su puesto o se retrasa en su proceso, sus compañeros deben ayudarlo a restablecer el correcto funcionamiento la máquina y después volver a su puesto.

Taiichi Ohno [15]:

“En la planta deben de tomar las decisiones los trabajadores, como si de un nervio autónomo se tratara. Esto tomó sentido al introducir el Just In Time y el kanban. Que el negocio tenga reflejos que se adapten a pequeños cambios sin necesidad de usar el cerebro. Las directrices y planes del departamento de control deben modificarse y adaptarse a los cambios mundiales, no ajustarse a un plan”.

3.3.1.1- Sistemas de sugerencias

En las empresas lean se establecen sistemas de sugerencias para aprovechar las ideas de los empleados y evitar así la octava muda el talento y la creatividad de las personas. A su vez este sistema influye positivamente en la motivación.

Se crea un coordinador o comité de sugerencias para gestionar el sistema y hacer seguimiento de las ideas propuestas.

Se marcan objetivos como el número de ideas que han de aportarse por empleado al año. Y se registra el porcentaje de las finalmente implantadas y el

ahorro o beneficio anual que han generado. En muchas empresas se establecen recompensas a las ideas proporcionales al beneficio que suponen, aunque esto no proviene del STP, ya que en las empresas japonesas la realización de sugerencias e implicación en los procesos se considera parte de las tareas.

3.3.1.2- Soifuku

Aprovechamiento de las innovaciones de los trabajadores, incentivos para que propongan formas de reducir la cantidad de operaciones en los procesos de fabricación.

3.3.1- Nemawashi

Consenso en el proceso de toma de decisiones. Es un proceso largo, las ideas deben consensuarse dentro del grupo de trabajo posteriormente con el supervisor y este a vez de be llegar a un consenso con el resto de los supervisores, así sucesivamente hasta llega a la jerarquía de la empresa son las competencias para aprobar la medida.

3.3.2- Kaizen mejora continua:

La palabra kaizen se traduce como “mejora”, esta mejora se aplica a todos los ámbitos de la empresa:

- Mejor de procesos, métodos y productos.
- Mejora de la calidad (desde las expectativas del cliente)
- Reducción de costes
- Mejora del servicio al cliente

Las medidas de mejora continua tienen las siguientes características:

- Las medidas siempre deben ser acordes con la protección del medio ambiente y la seguridad laboral.
- Mejoras sencillas, aunque no supongan una mejora drástica de los beneficios, ir buscando siempre pequeñas mejoras.
- Coste reducido incluso nulo.

- Bajo riesgo al ser fácilmente reversibles a un estado anterior.
- Deben optimizarse los recursos actuales, analizando su utilización y buscando alternativas mejores.
- Se minimizan los procesos burocráticos para que la implementación sea rápida. Si la mejora es compleja se divide en partes más sencillas de resolver.
- El operario en contacto con ese proceso debe estar presente en todas las fases de la mejora (planificación, análisis, ejecución y seguimiento).



Ilustración 39: Kaizen⁵⁹.

3.3.2.1- Técnicas para la mejora continua

3.3.2.1.1- PDCA, ciclo de Deming o de mejora continua

La mejora continua se realiza aplicando de forma iterativa el ciclo de Deming o PDCA (Plan, Do, Check, Act), que consiste en la realización sucesiva de estas 4 etapas:

- Planificar: ¿Qué debemos hacer? ¿cómo hacerlo?
- Hacer: Implementar lo planificado.
- Revisar: ¿Hemos resuelto lo planificado?
- Actuar: ¿Cómo podemos mejorarlo?

⁵⁹ Fuente Ilustración 39: <http://www.asenta.es/realizacion-del-webinar-dinamica-kaizen-mejora-continua>

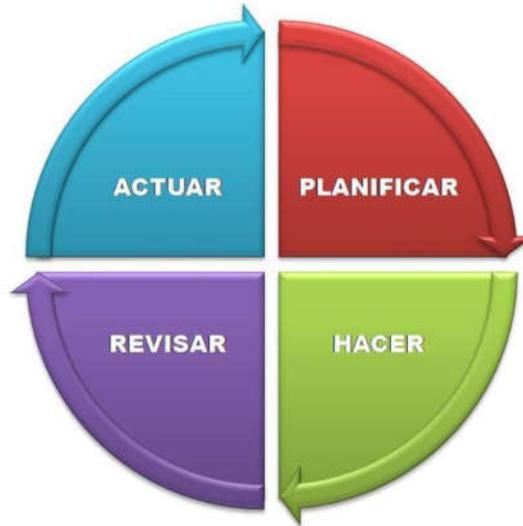


Ilustración 40: Ciclo de Deming.⁶⁰

3.3.2.1.2- Gemba, “lugar actual”

El Gemba es lugar donde se hace el trabajo, se crea el valor y surgen los problemas. En una empresa de producción el Gemba es la fábrica.

El término **Gembutsu**, “producto actual” es el producto o proceso objeto de la mejora continua. Por lo tanto, **Genchi Genbutsu** significa “ir y ver in situ”, es decir ir a la fuente, observar, y comprender. De este modo se puede obtener el **Genjitsu**, o “hechos actuales”, datos obtenidos en el paseo que sirvan para refutar las ideas y mejoras de forma objetiva.

Un paseo por la fábrica sirve para tomar conciencia de la situación y contextualizar, el conocimiento de la situación es el punto de partida de las mejoras, y no se puede lograr desde las oficinas. Conociendo la magnitud de un problema es más sencillo convencer de los cambios a las personas implicadas.

Según J. Womack [29] el paseo por el Gemba tiene 3 pasos:

- **Ir a ver:** Ir a ver el proceso y las personas y si están en sintonía entre ellos.

⁶⁰ Fuente Ilustración 40: <https://metodoss.com/metodologia-pdca-ciclo-shewhart-deming/>

- **Preguntar por qué:** conocer el funcionamiento de las operaciones para poder proponer soluciones. Fomenta la creatividad de los operarios al cuestionarse el proceso.
- **Respeto por las personas:** ser correcto en el trato y el dialogo. Siempre saludar y hacer preguntas cortas y relativas al GEMBA.

Durante el GEMBA debemos observar:

- El **orden y la limpieza** (cumplimiento de las 5S): que los puestos estén limpios, sean seguros, que dispongan únicamente el material necesario, y esté situado en ubicaciones definidas.
- Que el **flujo de material** sea correcto, en las cantidades idóneas y sin acumulaciones, ni esperas y de haberlas indagar en el motivo.
- **Paneles informativos:** En la línea de producción con indicadores y objetivos actualizados y claros. Y en cada puesto de trabajo: instrucciones del proceso, hojas de verificaciones, controles de calidad y seguridad...
- **Mantenimiento de los equipos:** que estén limpios, en buen estado y etiquetados con las hojas de estándares de mantenimiento, y de verificación de su estado.

El Gemba es diferente según quién lo realiza:

- El gerente de la planta ha de realizar el paseo buscando desperdicios y comprobando los estándares del trabajo, preguntando para llegar a las causas de fondo, a su vez a de implicar en el Gemba a los responsables de cada zona.
- Si el Gemba lo realiza un jefe de taller, es ese caso debe de centrarse en su área, hablando con su gente y buscando mejoras. Ha de haber comunicación entre el gerente de planta y los jefes de taller.

Después de cada Gemba debe haber una reunión con los asistentes para establecer las tareas que han de realizarse y quién será el responsable de ello.

3.3.2.1.3- Genchi genbutsu vs jishuken

El Genchi genbutsu y el jishuken son dos términos relacionados con ir a ver “in situ”, pero difieren en quién es la persona encargada de realizar la observación.

- Genchi genbutsu: Ir a ver, trabajar con información verificada personalmente.
- Jishuken: pedir que la observación la realicen otras personas externas, que al no estar influenciadas por conjeturas previas pueden detectar elementos que a la persona que los observa habitualmente se le pueden pasar por alto

3.3.2.1.4- Círculos de Calidad

Se atribuyen al doctor Ishikawa.

Grupo estable de entre cinco o diez voluntarios de la misma unidad de la organización, dirigido por un superior que actúa como animador. El grupo elige un problema a nivel de (ya sea de calidad, seguridad, productividad) analiza sus causas y propone soluciones, participa en la implantación y en el seguimiento de las soluciones adoptadas.

3.3.2.1.5- Círculo de Ohno

Desarrollado por Taiichi Ohno. En consonancia con la filosofía de ir a la fuente en busca de la información y verlo por uno mismo. Taiichi en sus paseos por la fábrica llevaba un trozo de tiza, si surgía un problema o algún colaborador o mando no entendía algún concepto, dibujaba un círculo junto a ese puesto de trabajo y le pedía que se mantuviera allí observando el proceso y el trabajo de los operarios hasta que lo comprendía o diese con las causas del problema.

El círculo de Ohno es realizado por supervisores, mandos intermedios o miembros de departamentos de ingeniería y calidad. No se realiza más de una vez cada tres semanas en la misma zona.

La observación en el puesto de trabajo tiene una duración de una hora, durante la cual se rellena un documento con 30 líneas y dos columnas:

- En la primera media hora se observa el proceso y se anotan hasta un máximo de 30 cosas que se pueden mejorar, una por línea en la columna izquierda del documento.
- La media hora restante se observa y se propone una posible solución para cada punto a mejorar y se anota al lado en la columna de la derecha.

Tras la revisión en el puesto se realiza una reunión con el responsable de la zona para analizar la viabilidad y efectividad de las propuestas y se elabora el

plan de acción para las próximas 3 semanas, tras las cuales de ser necesario se realizaría otro círculo para comprobar que las medidas han sido efectivas.

3.3.2.1.6- Easy kaizen

También llamado Easy- to-do es una herramienta para que cualquier operario pueda realizar pequeñas mejoras en sus operaciones si detectan problemas o anomalías que puedan afectar a la calidad, seguridad o productividad. En caso de detectarse problemas debe avisar al mando directo y analizarlo conjuntamente realizando el ciclo PDCA:

- **Plan:** describir el problema, efectos y analizar su causa raíz aplicando los 5 por qué y el diagrama de Ishikawa, buscando soluciones y marcando unos objetivos de la mejora
- **Do:** Implantar solución
- **Check:** Observar y comprobar que está funcionando la mejora
- **Act:** Estandarizar la mejora aplicada

3.3.2.1.7- Eventos kaizen

Eventos Kaizen son una herramienta de mejora continua.

Se crea un grupo que incluya al responsable del proceso, operarios implicados con el proceso y a poder ser representación de clientes y proveedores, hasta un máximo de 15 personas para no dificultar las reuniones y los consensos. Este grupo analizará un proceso a mejorar (el tiempo habitual es de una semana), propondrá e implementará los cambios.

Los eventos kaizen se componen de tres fases:

- **Fase 1: Preparación.** Determinar el alcance de la mejora y se establecen los objetivos. Se crea un mapa del estado actual que ha de situarse en lugar visible para consulta y modificaciones. Se reúnen los documentos del proceso a mejorar.
- **Fase 2: evento kaizen:** Se revisa la información preparada en la fase uno, y se imparte una formación sobre los conceptos del Lean y la forma de proceder de los eventos kaizen, se realiza el evento kaizen que consiste en un ciclo PDCA: Identificación de las oportunidades de mejora, planificación de las medidas a adoptar (revisión y análisis

realista de esas medidas), implementación de los cambios, verificación (midiendo resultados) y estandarizado de los cambios.

- **Fase 3:** mantenimiento y mejora continua. Finalizado el evento, ha de hacerse un seguimiento semanal para mantener la mejora obtenida. De forma mensual la gerencia de la empresa revisará el estado de la mejora e informará a los participantes del evento de los objetivos que se han cumplido.

3.3.2.1.8- Monozukuri y Warusa-Kagen

Ambos términos implican oportunidades de mejora:

- **Monozukuri:** tener iniciativa para proponer y poner en práctica nuevas ideas
- **Warusa-Kagen** elementos que, aunque no son un problema en el presente, no son del todo correctos y con la evolución en el tiempo pueden llegar a serlo. Se debe animar a los trabajadores a realizar aportaciones de monozukuri e identificar y avisar de los Warusa-Kagen.

3.3.2.1.9- Mejora continua frente a reingeniería

La mejora continua está en contraposición a las mejoras tradicionales que están más en sintonía con la reingeniería de procesos, en las que se realizan cambios drásticos que suponen una gran inversión, el tiempo de implantación es largo, el impacto del cambio en los procesos es grande y el riesgo es elevado ya que los cambios son complicados de revertir en caso de que el resultado no sea satisfactorio.

Mejora continua y reingeniería a veces se combinan ya que los pequeños cambios pueden quedarse cortos, pero igualmente el proceso en el que se aplica la reingeniería posteriormente debe ser mejorado con kaizen y ciclos PDCA.

3.3.2.1.10- Análisis de cuellos de botella

Los cuellos de botella son los procesos que limitan la capacidad de producción de la planta, deben identificarse, analizar y mejorar su rendimiento. Eliminando cuellos de botella mejora la productividad de toda la fábrica al subsanar sus puntos débiles.

3.3.2.1.11- Las 3 k

Kiken (peligroso), kitanai (sucio) y kitsui (estresante). Su existencia dificulta que el puesto de trabajo sea un lugar donde se agrega valor. Ejemplo de ello son la luz, la acústica, la temperatura y el color de los elementos del puesto de trabajo. La luz ha de ser adecuada para potenciar la visibilidad en las zonas donde el operario debe centrarse más

Los colores elegidos influyen en temas de seguridad y el estado de ánimo. Señalización clara de los elementos

En la filosofía Lean es primordial evitar producir con defectos, no aceptarlos, ni entregarlos y en caso de producirse parar y encontrar la causa raíz para que no se propague. Debe realizarse acciones correctivas a la razón de fondo que causa el problema y no solo al problema.

3.3.2.2- PPS: Resolución práctica de problemas

En la filosofía Lean es primordial evitar producir con defectos, no aceptarlos, ni entregarlos y en caso de producirse parar y encontrar la causa raíz para que no se propague. Debe realizarse acciones correctivas a la razón de fondo que causa el problema y no solo al problema.

La Resolución práctica de problemas (PPS o “practical problem resolving”) es una herramienta Lean para solucionar los problemas de los procesos de producción en ocho pasos:

1. Clarificar el problema: Ver el problema en la fuente y evaluar a que grupo pertenece:
 - Desviación del estándar.
 - Gran divergencia entre el estado real y el deseado.
 - Necesidad del cliente no satisfecha.
2. Desglosar el problema.
3. Establecer el objetivo: fijando el tiempo y recursos para solventar el problema.
4. Analizar la causa raíz.
5. Desarrollo de soluciones.
6. Implementación de soluciones.

7. Monitorización de resultados y procesos.
8. Estandarizado del cambio y comunicación de este a la empresa.

3.3.2.2.1- Método de las 5 M. Encontrar la causa raíz

El método de las 5M es un sistema de análisis de que centra su atención sobre los elementos principales (causa raíz) con los que están relacionados la mayoría 5 de los defectos: materiales, mano de obra, método, máquinas y medio ambiente.

- **Máquina:** Se deben analizar las máquinas que intervienen en un proceso que crea defectos, analizando sus entradas y salidas, su funcionamiento y los parámetros de configuración. Se evitan los problemas relacionados con las máquinas implementando un sistema de mantenimiento autónomo en el que todos los trabajadores estén implicados, y el uso de Jidoka que pare el proceso al detectarse un fallo.
- **Método:** Cuando se produce un error en un proceso debe cuestionarse el método de trabajo, ya que desde el momento en que se diseñó puede haber cambiado alguna circunstancia (materiales, condiciones, tecnologías o modificaciones en procesos anteriores) que afecte a alguno de los inputs del proceso haciendo que este falle. Es fundamental la participación de los trabajadores en el seguimiento y las propuestas de mejora de los métodos, aportando sus observaciones.
- **Materiales:** La materia prima es un posible foco de entrada de defectos. Se minimiza mediante un sistema de trazabilidad efectivo a lo largo de la cadena de suministro y almacenaje para identificar rápidamente partidas defectuosas. A su vez debe realizarse una selección minuciosa de proveedores y mantener una colaboración estrecha con ellos para implicarles en el proceso, con los estándares de calidad y los plazos.
- **Mano de obra:** Se pueden originar defectos por fallo humano. Es importante formar adecuadamente a los trabajadores en los estándares, entrenándolos y motivándolos a cumplirlos. Se procura formar a los trabajadores en los estándares de varios puestos para que sean polivalentes y mantener la motivación. Y concienciar de la necesidad de avisar en caso de producirse alguna conformidad, y transmitir esta información en el cambio de turno para que el turno entrante esté al tanto y supervise que no se está repitiendo.
- **Medio ambiente:** Las condiciones ambientales afectan a las máquinas y los procesos. Se deben analizar las interferencias que afectan a la

producción, ver si son temporalidades y buscar métodos de resolución. Ejemplo vibraciones producidas por máquinas cercanas, aislarlas o cambiar la organización del layout....

Es habitual utilizar el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 ¿por qué? para llegar a la causa raíz de un defecto.

3.3.2.2.- Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto

El diagrama de Ishikawa o de causa y efecto es una representación gráfica de la relación de diferentes factores que pueden contribuir a que se dé un defecto o problema, tomando como fuente de ellas las 5M. Ilustración 41

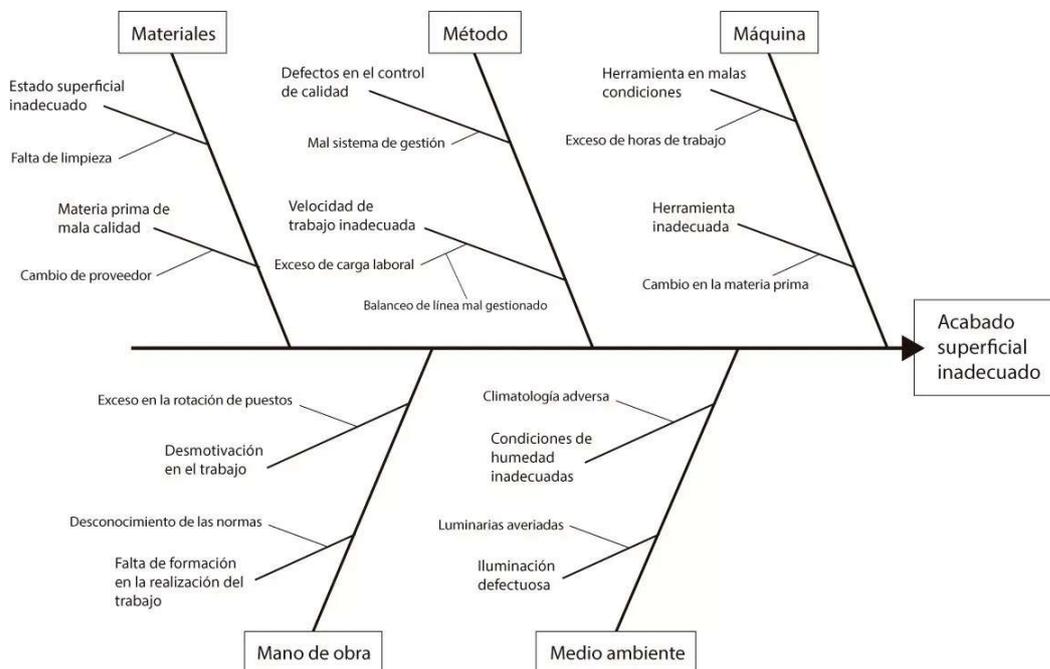


Ilustración 41: Ejemplo de diagrama de Ishikawa⁶¹

3.3.2.2.3- Técnica de los 5 ¿Por qué?

Es una técnica heredada de la observación de Sakichi Toyoda para encontrar la causa raíz de un problema. Consiste en tomar como punto de partida el síntoma del problema (defecto en pieza, parada de máquina...) y realizarnos sucesivas preguntas ¿por qué? hasta llegar a la causa raíz.

La respuesta alcanzada como la causa raíz sirve para establecer medidas correctivas, y preguntarnos por qué no hemos anticipado o previsto la aparición

⁶¹ Fuente Ilustración 41: <http://mariofuenteleon.com/archivos/180>

del problema es la base para para desarrollar un sistema de prevención adecuado.

Un ejemplo de aplicación de los 5 ¿por qué? tras el parado de una máquina para encontrar la causa raíz proporcionado por Taiichi Ohno [15]:

1. ¿Por qué la máquina se ha parado? El fusible ha saltado por una sobrecarga.
2. ¿Por qué se produjo una sobrecarga? El cojinete no estaba adecuadamente engrasado.
3. ¿Por qué no estaba adecuadamente engrasado? La bomba de engrase no bombeaba la cantidad necesaria.
4. ¿Por qué no bombeaba adecuadamente? El manguito vibra y no está en condiciones óptimas.
5. ¿Por qué se ha estropeado el manguito? Entró un fragmento de metal en el manguito al carecer de un filtro.

3.3.2.2.4- Diagrama de Pareto

Gráfico de barras verticales que sirve para diferenciar los problemas más importantes de los menos importantes, su análisis permite establecer prioridades en los problemas a corregir. Se basan en el principio de Pareto o regla del 80-20, el 20% de las fuentes de error causa el 80% de los defectos, mientras que el 80% restante de fuentes de error solo produce el 20 % de los defectos.

3.3.2.3- Hoshin Kanri. Despliegue de objetivos.⁶²

Referencias principales: [44], [45].

Hoshin Kanri (“administración brillante”) es una herramienta que busca alinear las actividades del personal de la empresa (en todos los niveles) con unos objetivos estratégicos claros. Esto permite que ante un problema o un cambio de circunstancias se pueda hacer una respuesta rápida al tener claros los

⁶² Referencias principales

objetivos finales por encima de los intereses enfrentados que puedan surgir entre los distintos departamentos.

Esta herramienta adoptada por Toyota se atribuye al Profeso Yoji Akao, creador del QFD (“Quality Function Deployment” o “Despliegue de las funciones de calidad”), dentro del Sistema de Calidad Total (“Total Quality Control”).

Aunque se ideó como herramienta de mejora de calidad (basado en el PDCA de Deming) Hoshin Kanri ahora es empleado por la dirección de las empresas como método de planificación de estrategia empresarial. Esta estrategia proporciona los planes para implementar los objetivos de niveles superiores de la organización, y los traduce en acciones y objetivos claros para mandos intermedios y operadores [46].

La herramienta habitual para encontrar los objetivos principales y desplegarlos en cascada es la matriz-x, Ilustración 42. Su nombre proviene del cuadrante central que está dividido por una x en cuatro zonas:

- Objetivos a largo plazo (abajo).
- Objetivos anuales (izquierda).
- Proyectos clave (arriba).
- Métricas o KPI'S (derecha).

La cuadrícula exterior muestra gráficamente los puntos de conexión entre los elementos de los cuadrantes,

HOSHIN PLANNING MATRIX (X-MATRIX)											
<ul style="list-style-type: none"> Pilot culturally diverse idea incubators that drive ideation and disruption Increase customer engagement in product design Reduce customer complaints Increase customer loyalty Deploy Performance Excellence Improvement methodologies Increase overall market share in SW territory Increase number of new interactive packing customer accounts Develop new distribution channels for new digital packaging 											
Achieve 25% market share of the new digital packaging service Develop at least 10 new products with a vitality index above 65% Grow total revenue by \$75 million Reduce all process waste by 40% using sustainable improvement methodologies		Top-Level Improvement Priorities Annual Objectives 3-5 Year Breakthrough Objectives Target to Improve		Increase active distribution channels by 6 Achieve 20% of incremental revenue growth from new customer accounts Increase market share in the SW region by 15% Implement Performance Excellence in all B business units Reduce customer complaint calls by 50% Reduce PD Team turnover by 25% Increase customer second product conversions by 25% Increase number of customers with contracts longer than 5 years to 40% Establish three successful incubators Increase the number of ideas going into stage 2 (if feasibility) by 50% Fred Burrellson (Chief Innovation Officer)		Jim Gruber (VP of Quality) Dave Nies (VP of Marketing) Mark Miller (VP of Sales) Nancy Beckley (VP of Accounts)					
<ul style="list-style-type: none"> Achieve world-class quality production as certified by Malcolm Baldrige standards by the end of 2017 Create an empowered culture of collaboration resulting in a 200% increase in new products launched by the end of 2018 Achieve 50% market share of the new digital packaging service by the end of 2018 Grow total revenue by \$250 million with an EBITDA of 18% by the end of 2019 				RESOURCES <ul style="list-style-type: none"> Primary Responsibility Secondary Responsibility Jack Speers (CEO)							

Ilustración 42: Matrix X.⁶³

Una establecidos los objetivos de nivel superior se despliegan en acciones y objetivos concretos de los niveles inferiores, en la Ilustración 43 observamos un plan de acciones del gerente de operaciones, estas acciones se despliegan en acciones concretas de los nivel inferiores, como el jefe de higiene y seguridad Ilustración 44.

Hoshin	Elementos clave	Acciones concretas	Responsable	Objetivo	Cronograma											
					2005						2006					
					4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Reducir los costos de operaciones	1. Trabajar con proveedores. 2. Incorporar una máquina compresora.	1. Negociación constante con proveedores (nuevos y establecidos).	Jefe de suministros.	1 reunión /mes.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		2. Capacitación a los proveedores.	Jefes de ingeniería y suministros.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crear lugares de trabajo aún más seguros	1. Fijarse como objetivo el 'zero accidente'. 2. Actualizar la tecnología de seguridad industrial.	1. Estudio de factibilidad. 2. Implantación de los resultados.	Jefe de ingeniería.	Reducir derroches 25% al menor costo posible.			▲	▲								
		1. Capacitar. 2. Revisar accidentes pasados y sus causas.	Jefe de seguridad industrial.	3 cursos /año. 3 cursos /año.			■					■			■	
		1. Contratar expertos externos.	Gerente de operaciones.	1 vez /año, auditoría de seguridad completa.						*						
					P	P	D	D	D	C	A	A	A	A	A	A

Ilustración 43: Plan de acción del gerente de operaciones ⁶⁴.

⁶³ Fuente Ilustración 42: <https://www.leanmethods.com/resources/articles/seven-steps-hoshin-planning/>

⁶⁴ Fuente Ilustración 43 e Ilustración 44: [45]

Hoshin	Elementos clave	Acciones concretas	Responsable	Objetivo	Cronograma												
					2005						2006						
					4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
Cero accidente	1. Capacitar al personal.	1. Plan de capacitación.	Supervisor con experto de RR.HH	1 vez/ año para cada empleado.				*									
		2. Ejecución.	Supervisor.	Etc.													
	2. Revisar accidentes y sus causas.	1. Recopilar datos.	Asistente seguridad.	Etc.	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
		2. Analizarlos desde el punto de vista científico.															
3. Difundir hallazgos.																	
Actualizar tecnología	Etc.	Etc.	Etc.														

Ilustración 44: Plan de acción del jefe de higiene y seguridad industrial.

3.3.2.4- DAFO

El análisis DAFO es una herramienta que no proviene directamente del STP (surge en Estados Unidos en los años 70), pero es habitualmente utilizada en las empresas Lean. Este análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades sirve para para conocer el punto en el que se encuentra la empresa y ver hacia dónde dirigir las mejoras.

Antes de realizarse el DAFO deben concretarse tanto el objetivo principal como los secundarios que se persiguen. La estrategia para obtenerlos surge tras examinar las debilidades y fortalezas internas en la organización y las amenazas y oportunidades externas que componen el entorno empresarial que rodea la organización.



Ilustración 45: DAFO⁶⁵.

⁶⁵ Fuente Ilustración 45: <https://www.cerem.es/blog/claves-para-hacer-un-buen-dafo-o-foda>

3.3.2.5- TPM

“El mantenimiento productivo total no es una técnica, sino una filosofía mediante la cual se trata de inculcar en todos los trabajadores de una organización que las labores de mantenimiento de productos y maquinas no son exclusivas del personal de mantenimiento o de servicio. La intención del TPM es que labores de mantenimiento menores que no requieren un nivel especial de conocimiento o habilidad pueden ser realizadas por todas las personas.”

Seiichi Nakajima.

El TPM Mantenimiento Productivo Total o Total Productive Maintenance es una metodología de mejora que se basa en los conceptos de mantenimiento preventivo, de forma que permite la fiabilidad y disponibilidad de la maquinaria.

Se mejora la eficiencia del equipo y se reducen costes de fabricación mediante el control continuo de las máquinas a cargo de sus operarios, lo que a su vez mejora la habilidad de los operarios en el manejo de la maquinaria.

Es divulgado en Japón en 1971 por Seiichi Nakajima.

Se originó en *Nipondenso*, empresa proveedora del sector de la automoción. Tras implantar un sistema de producción automatizado de transferencia rápida, se hizo patente la necesidad de una alta fiabilidad en los procesos, para ello en 1961 transfirió la responsabilidad del mantenimiento rutinario de la maquinaria a los operarios de los procesos, en vez de limitar estas tareas al departamento de mantenimiento como se venía haciendo.

El TPM considera que los operarios de producción que manejan la maquinaria son quienes conocen mejor el estado de las máquinas y son los que pueden prevenir las averías, por ello es necesaria su participación en el mantenimiento. A su vez liberar al departamento de las tareas rutinarias de mantenimiento les permite poder enfocarse en estudiar los problemas específicos de cada máquina e introducir mejoras.

3.3.2.5.1- Los Pilares del TPM

1. **Mantenimiento autónomo (JISHU HOZEN):** se realiza con la participación de los operarios de la máquina y no requiere especialización. Son tareas de prevención que contribuyen a la preservación de la máquina en estado óptimos, como limpieza,

inspecciones, lubricación o pequeños ajustes.

2. **Mejoras enfocadas (KOBETSU KAIZEN):** Mejoras continuas (kaizen) que involucran a todo el personal de la empresa. Su función es mejorar la eficiencia de los equipos eliminando limitaciones, se aplica el método PDCA.
3. **Mantenimiento planificado (KEIKAKU HOZEN):** Se trata de actividades planificadas de revisión y reparación de maquinaria en función de las recomendaciones del fabricante y el histórico de averías. Este mantenimiento preventivo evita muchos fallos que causan grandes alteraciones si surgen durante la producción.
4. **Mantenimiento de la Calidad (INSHITSU HOZEN):** Mejoras y mantenimiento de condiciones adecuadas de los equipos para asegurar el nivel de calidad en la producción, ya que las averías a veces pueden hacer que, aunque la máquina no se pare, si se modifique el resultado final del producto.
5. **Prevención del mantenimiento:** actividades de mejora durante la fase de diseño y fabricación de los equipos en vista a que su mantenimiento sea sencillo.
6. **Educación y entrenamiento:** formar a los operarios para que desarrollen las habilidades y conocimientos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento. La formación incrementa la motivación y la implicación en el proceso de mantenimiento.
7. **TPM en tareas administrativas:** una vez implantados el resto de los pilares se deben mejorar las funciones administrativas de apoyo al proceso, identificando las pérdidas causadas por la mala gestión de los canales de comunicación e información, con los sobrecostes por inactividad o acciones urgentes que desencadenan.
8. **Seguridad y Medioambiente:** Es importante lograr que no haya accidentes, evitar los daños para la salud de los trabajadores y los daños ambientales.

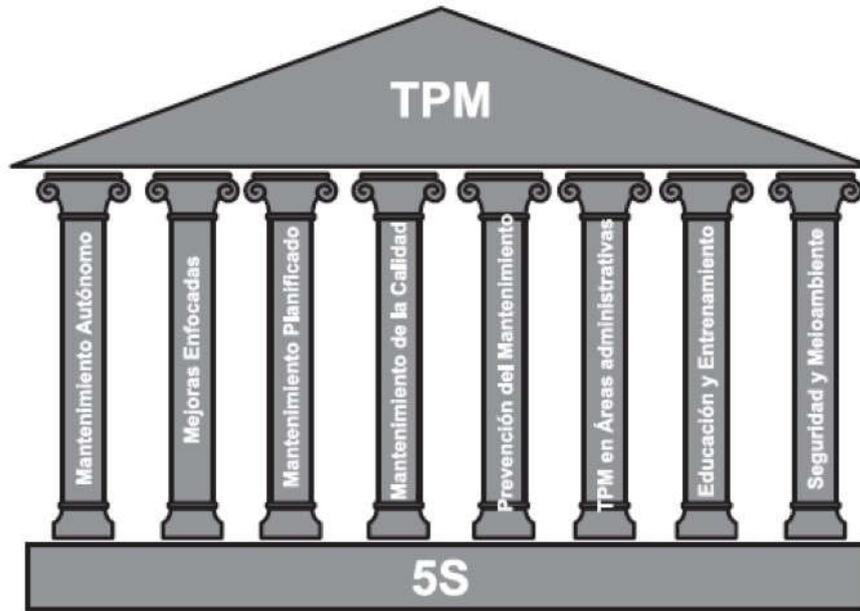


Ilustración 46: los pilares del TPM⁶⁶

3.3.2.6- Gestión de la calidad total (TQM)

La gestión de la calidad total o “Total Quality Management” (TQM) fue creada por Deming. Su objetivo es la satisfacción de requisitos de calidad solicitados por el cliente durante todos los procesos productivos y organizativos de la empresa.

El TQM Busca la implicación de todos los miembros de la organización en la mejora continua para conseguir la satisfacción de los clientes (internos o externos).

3.3.2.6.1- Cinco ceros

Los cinco ceros (Ilustración 47) son la meta para que el sistema esté optimizado: cero stocks, cero defectos, cero averías, cero plazos y cero burocracias.

- **Cero defectos:** Fabricar en calidad y hacer las cosas bien a la primera ahorra costes de reparaciones, paradas de maquinaria, stock y pérdida de imagen para la marca.

⁶⁶ Fuente Ilustración 46:[32]

- **Cero averías:** Las averías hacen que las máquinas estén paradas y esto conlleva retrasos en la producción, e incluso que no pueda cubrirse la demanda de los clientes a tiempo. La herramienta para prevenir averías es el TPM (mantenimiento productivo total), a su vez aplicar las 5s también tiene un impacto positivo en el mantenimiento de maquinaria y detección de averías.
- **Cero stocks:** Tener recursos inmovilizados provoca costos por depreciación ya que pueden sufrir desperfectos durante el almacenamiento o no llegar nunca a venderse, a ello hay que incluir los costes de la logística e infraestructuras para su almacenaje.
- **Cero retrasos:** Los retrasos producen acumulación de stocks. Y si son muy prolongados en el tiempo se corre el riesgo de no cumplir con la demanda, haciendo que la imagen de la empresa se vea afectada y se pierdan clientes.
- **Cero plazos:** Producir en el momento y al ritmo de la demanda permite a la empresa ser más flexible en caso de fluctuaciones en el mercado. No alargar el plazo de entrega es parte fundamental de la calidad en el servicio al cliente.
- **Cero burocracias:** Se debe eliminar o reducir al máximo la burocracia para que la empresa sea más ágil en la implantación de cambios y mejoras. A su vez el sistema administrativo debe optimizarse para permitir disponer de la información que se requiera con rapidez y evitar duplicidad de documentos.

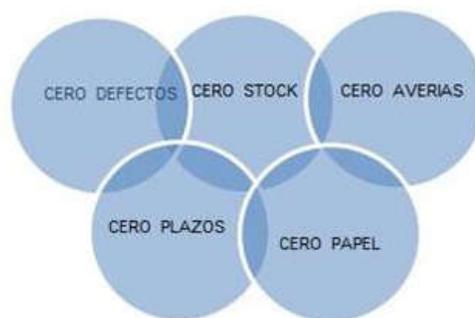


Ilustración 47: 5 ceros⁶⁷

⁶⁷ Fuente Ilustración 47: <https://simpleproductividad.es/blog/just-in-time-teoria-de-los-5-ceros/>

3.3.2.6.2- Matriz MQA

La matriz de autocalidad (Ilustración 48) ayuda en las tareas de gestión de calidad. Sirve para anotar de forma gráfica dónde se producen los defectos en un proceso y hasta dónde llegan los defectos (dónde se detectan).

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

Objetivo: Diagonalizar la matriz aquí. Los defectos se detectan donde se producen.

Ilustración 48: Matriz MQA.⁶⁸

Al final de cada turno se transcriben en ella los defectos que han surgido y se han anotado durante el turno en las hojas de registro de defectos. Una vez anotados los defectos en la matriz se debe analizar cada situación y elaborar un plan de acciones adecuado para cada uno de ellos. El objetivo de la matriz es llegar a detectar los defectos en el mismo punto dónde se generan (deben marcarse en la diagonal principal) y sobre todo evitar que se propaguen aguas abajo hasta llegar al cliente.

3.3.2.7- Indicador OEE

OEE (Overall Equipment Effectiveness), o índice de eficiencia Global del equipo, sirve para medir la eficiencia cuantificando las pérdidas de un proceso, máquina o línea de producción. Se calcula de forma diaria para ver la relación entre los productos que se podrían haber fabricado de no haber incidencias y el número de piezas sin defectos que se fabricaron realmente, de este modo se puede medir el éxito obtenido tras la implantación de mejoras ya que en este índice se evalúan todos los parámetros fundamentales de la fabricación.

⁶⁸ Fuente Ilustración 48: [40].

El OEE (Ilustración 49: Cálculo del OEE) cuantifica todas las pérdidas que impiden lograr el 100% de eficiencia.

- Pérdidas de disponibilidad: los equipos no producen durante todo el tiempo planificado de producción debido a paradas:
 - Paradas no previstas: debido a averías o falta de recursos (energía, materiales o personal).
 - Paradas previstas: Arranques y paradas de cadena (de comienzo y finalización de la producción), cambios de variante de producto, realización ajustes, limpiezas, verificaciones de calidad y mantenimientos.
- Pérdidas de rendimiento: Los equipos producen por debajo de su capacidad:
 - Microparadas.
 - Velocidad reducida.
- Pérdidas de calidad: pérdidas de tiempo que conlleva fabricar piezas con defectos. En el cálculo del OEE se descuentan tanto las piezas que han de desecharse como las que requieren retrabajos

$\text{OEE (\%)} = (\text{ratio de disponibilidad}) \times (\text{ratio de rendimiento}) \times (\text{ratio de calidad}).$



Ilustración 49: Cálculo del OEE⁶⁹

⁶⁹ Fuente Ilustración 49: [40]

Se considera un buen OEE cuando está por encima del 85%, entrando en valores de World Class. Por encima del 95% se considera la excelencia en competitividad.

3.4- Techo del STP

Aplicando las herramientas del Lean, en consonancia con la filosofía Toyota, se logra la reducción del flujo de producción mediante la eliminación del desperdicio, proporcionando mejoras en calidad, costes, plazos y seguridad. Los buenos resultados mantienen la moral alta de las personas que componen la organización, aumentando la motivación y la implicación en el trabajo.

Womack and Jones en su libro "Lean thinking" [29] recogen los siguientes datos de mejora en empresas convertidas al Lean, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

	Conversión inicial al Lean	Mejora continua
Productividad de la mano de obra	Doble	Doble otra vez
Tiempos de producción	90% reducción	50% reducción
Inventarios	90% reducción	50% reducción
Errores que llegan al cliente	50% reducción	50% reducción
Chatarra	50% reducción	50% reducción
Plazo de comercialización (productos nuevos)	50% reducción	50% reducción

Tabla 1: Mejoras tras la conversión al Lean.

Los resultados de la conversión inicial son los obtenidos tras la reestructuración del Flujo de Valor. Los resultados de mejora continua son las mejoras posteriores obtenidas de los esfuerzos continuos de optimizar el sistema sobre la base sostenible del nuevo flujo de valor.

Según J. Kilpatrick [47] los beneficios obtenidos por la implantación del sistema Lean no se limitan al área operacional, también se obtienen numerosos beneficios a nivel administrativo y estratégico.

- Mejoras operacionales:
 - Tiempo de trabajo (Tiempo de ciclo) reducido en un 90%.
 - Productividad incrementada en un 50%.
 - Inventario de trabajo-en-proceso reducido en un 80%.
 - Calidad mejorada en un 80%.
 - Utilización del espacio reducida en un 75%.

- Mejoras Administrativas: (algunas de las mejoras observadas de la aplicación Lean)
 - Al estar ajustado el flujo necesario de materias primas mediante el Kanban se producen menos errores en los pedidos a los proveedores.
 - La documentación y estandarización de los procesos permite la externalización de las funciones no-críticas para, centrando los esfuerzos únicamente en lo que proporciona valor al cliente.
 - Reducción del movimiento de mercancías y los costes de eliminación natural resultantes-
 - La implementación de estándares en las operaciones permite definir con exactitud el perfil requerido por los candidatos en las ofertas de empleo, obteniendo contrataciones más exitosas.
- Mejoras estratégicas:

Las mejoras de los márgenes operativos, y el aumento de flexibilidad en la producción permite a la empresa centrarse en las oportunidades de negocio del mercado y responder mejor a ellas.

Capítulo 4- Problemas para adaptarse al Lean.

El principal de los problemas al tratar de adaptar el sistema de producción al Lean Manufacturing es una comprensión deficiente de la filosofía de producción japonesa, que lleva a no aplicar correctamente sus herramientas o no dar importancia a alguno de sus principios haciendo que todo el sistema tenga un resultado peor de lo esperado.

El Sistema Lean Manufacturing está ampliamente extendido, pero en muchos casos es una adaptación superficial, con aspiraciones y terminología de la producción esbelta, pero arrastrando las viejas costumbres de la producción en masa. Las diferencias culturales, económicas, sociales y de políticas empresariales, entre otros factores, dificultan la asimilación plena de una filosofía que surgió de forma progresiva en un marco muy concreto.

4.1- Las herramientas STP sin la filosofía no funcionan.

Según el director general de Daiho Industries, Akira Shibata:

“Muchas personas en el mundo se contentan con meramente entender el “know-how, aun cuando las mejoras efectivas son imposibles sin captar firmemente “conocer por qué”. Realmente no se puede lograr mejoras significativas solamente mediante una imitación superficial. Deben entenderse los conceptos subyacentes y persistir en realizar mejoras fundamentales”

En el libro “The Toyota Way” [27], J. Liker narra un ejemplo de implantación superficial del sistema. En 1996 el TSSC (ver apartado 1.5.6-) colaboró en un proyecto con una empresa americana que era considerada un referente de prácticas “Lean”, y había sido galardonada con un “Shingo Prize” por sus avances en fabricación y sus buenos ratios de producción y calidad.

Se realizaron profundas modificaciones en una de sus líneas durante 9 meses: establecimiento de células de producción y grupos de resolución de problemas, dedicación de parte del tiempo, dentro de los turnos, para que los trabajadores colaboren en la resolución de problemas (con incentivos), y la creación de un centro de capacitación y desarrollo para los empleados.

Los resultados obtenidos fueron abrumadores: reducciones del 93% del lead time (de 12 días a 6,5 horas), 83% de inventario en proceso (de 9 a 1,5 horas), 91% en el inventario de piezas acabadas (de 30.500 a 2.890 unidades), 50%

en las horas extras (de 10 a 5 horas semanales por persona). Y una mejora de la productividad de un 83% (de 2,4 a 4,5 piezas por operario hora).

Muestra de que siempre es posible la “mejora continua”. La planta estaba siendo un referente de fabricación de primer nivel, aunque sus resultados distaban bastante de serlo, esto refleja una falta real de conocimiento de STP tanto por parte de esta empresa, de las empresas que realizaban prácticas de aprendizaje en ella, como de los observadores del “Shingo Prize”.

Otro de los problemas observados en las empresas que han recibido la ayuda del TSSC, es que no solo no logran extender las mejoras de la línea piloto al resto de la planta, si no que en muchos casos van relajando los métodos y la línea perfeccionada progresivamente vuelve al sistema y resultados anteriores.

4.2- Puntos clave para el funcionamiento de una implantación Lean

Según el estudio realizado por R. A. Hamid [48], los factores más críticos para el éxito del Lean Manufacturing en una empresa son:

- Factores internos de la organización: "la dirección superior", "la capacitación y la educación", "el desarrollo del pensamiento", "empleados", "cultura del trabajo", "comunicación", "recursos" y "planificación de negocios".
- Los factores externos a la organización son: "enfoque del cliente" y "la intervención del gobierno".

Tomando como punto de partida los factores críticos reconocidos por Hamid, M.Alefari y K. Salonitis [46] realizaron entrevistas a 48 empresas de distintos sectores para conocer la importancia que le adjudicaban a cada uno de estos factores, *Tabla 2*, se concluyó que para la mayoría de las empresas el factor más importante para el éxito en la implantación del Lean era la dirección superior.



Tabla 2: Factores críticos de la introducción lean según Hamid.⁷⁰

4.2.1- Errores observados en la transformación al Lean.

A continuación se exponen algunos de los problemas observados en la implantación al Lean Manufacturing relacionados con los factores críticos anteriormente mencionados.

4.2.1.1- La dirección superior

La dirección superior es la encargada de marcar el rumbo de la empresa, alineando la organización con los objetivos, movilizándolo a las personas y propiciando el proceso de asimilación cultural. Se detalla en el punto 4.3- La importancia del liderazgo en el Lean Manufacturing. Aplicación del Lean Management.

4.2.1.1.1- El peligro en la rotación de la dirección

La implementación y adaptación plena al lean requiere muchos años por lo que suele haber una rotación en los puestos de dirección, antes de que se asimile

⁷⁰ Fuente de Tabla 2: [46].

como parte de la cultura. Es necesario que las personas que relevan la dirección comprendan la importancia y el funcionamiento de la transformación para que la valoren y sean capaces de mantenerla. Un mal cambio en la dirección de la empresa puede hacer que se deseche el esfuerzo y trabajo de muchos años de la dirección anterior.

4.2.1.2- La capacitación y la educación

La capacitación y la educación de las personas que integran la organización influye en la forma de asimilar los cambios e implicarse en las mejoras, es necesario que la empresa invierta en la formación y desarrollo de sus empleados.

4.2.1.2.1- La resistencia al cambio

El lean cambia drásticamente la cultura de la empresa, afectando a los trabajadores de todas las áreas y jerarquías. El cambio produce incomodidad y surgen inconformidades y resistencia hacia él. Muchas empresas no son capaces de motivar e impulsar a las personas a adoptar cambios de gran magnitud.

La forma de compensarlo es formando líderes que inspiren y motiven en el cambio. El mayor problema es cuando las personas resistentes al cambio son parte de la dirección, por ello es muy importante que las personas que promocionan a los puestos de dirección estén formadas y concienciadas en la importancia de la transformación. En el caso de la resistencia a los cambios en los operarios de mayor edad, esta puede ser compensada por la interacción con los trabajadores jóvenes sin problemas para adaptarse a los cambios que les pueden ir empujando con el ejemplo a las buenas prácticas.

4.2.1.1- Formación

A pesar de la gran importancia de la formación en el Lean algunos autores han observado que una excesiva formación e implicación de los operarios puede conllevar que sean fichados por otras empresas. Para contrarrestarlo algunas empresas aportan una formación muy especializada que no permite al trabajador tener una visión global para implicarse en las mejoras.

4.2.1.1.1- Cuesta pasar a la acción

En ocasiones la empresa invierte mucho tiempo y dinero en entrenamiento para la implantación del Lean, pero no se realizan acciones o empiezan en el lugar erróneo.

4.2.1.2- El desarrollo del pensamiento

Para la implantación correcta del lean debe asimilarse su filosofía y comenzar a pensar de forma acorde con ella.

4.2.1.2.1- Organización tradicional vs. Lean.

Los conceptos del Lean distan mucho de del modo tradicional de trabajo de los puestos de gerencia y contabilidad. En la siguiente tabla se recogen las diferencias detectadas por J. Kilpatrick [47].

CONCEPTO	ORGANIZACIÓN TRADICIONAL	ORGANIZACIÓN LEAN
Inventario	En la terminología de contabilidad se define como un activo.	Un despilfarro, absorbe capital y aumenta el tiempo de ciclo.
Pedido ideal (económicamente) Cantidad y tamaño del lote	Muy grande. Grandes tamaños de lote para compensar el tiempo de inactividad del proceso	Flujo continuo de una pieza para reducir el tiempo de inactividad a cero
Utilización de las personas	Toda la gente debe estar ocupada en todo momento.	El trabajo se realiza directamente en función de la demanda del cliente, las personas podrían no estar ocupadas en algún momento.

Utilización del Proceso	Utilizar procesos de alta-velocidad y ejecutarlos todo el tiempo	Los procesos sólo deben diseñarse para estar a la altura de la demanda
Planificación del trabajo	Se produce en base a previsiones.	Se produce en función de la demanda
Costes laborales	Variables	Fijos
Grupos de trabajo	Departamentos funcionales tradicionales.	Equipos Multifuncionales.
Contabilidad	Según las directrices tradicionales de la FASB ⁷¹	Through-put Accounting ⁷² (velocidad del ciclo efectivo)
Calidad	Trabajos de inspección al finalizar los procesos para encontrar todos los errores	Procesos, productos y servicios diseñados “a prueba de errores” para evitarlos o detectarlos y eliminarlos en la fuente del error.

Tabla 3. Organización tradicional vs. Lean

4.2.1.2.2- Orden erróneo en la introducción de las herramientas.

La gran variación en los conceptos al pasar de la fabricación tradicional a la esbelta hace que al principio sea confusa la estrategia a seguir y por dónde empezar. En algunas ocasiones la empresa introduce las herramientas Lean en la secuencia incorrecta y los resultados obtenidos son peores que los iniciales. Como ejemplo: si se reducen los tamaños de lotes antes de reducir

⁷¹ Junta de Normas de Contabilidad Financiera.

el tiempo de cambio de herramienta, y estos tiempos son grandes, se reducirá la capacidad de producción y no se podrá satisfacer la demanda a tiempo.

Recomendaciones para el orden de la implantación Lean.

Hay múltiples recomendaciones sobre el flujo de implementaciones:

Según Womak y Jones [29], el primer paso es definir el valor desde el punto de vista del cliente y la identificación de la secuencia de valores. Posteriormente se aplican las acciones para que el producto fluya y el sistema de “pull” para que sea la demanda la que haga el “tirón” en el flujo. El último paso es el esfuerzo de mejora continua en los procesos.

Feld [49] Considera que se debe realizar la evaluación Lean, después identificar el estado actual y diseñar e implementar un mapa del estado futuro. La etapa final es la capacitación del personal y la mejora continua.

Algunos expertos sugieren que debe implantarse el Lean. primero como estudio piloto en solo una parte de la empresa.

4.2.1.2.3- No se ha adoptado la cultura de parar la producción.

En muchas empresas occidentales sigue muy presente la cultura de “mover el metal”, vestigio de la producción en masa, con penalizaciones por paradas de fabricación que hacen que se evite al máximo su duración. Retomando la producción, aunque no se haya encontrado la fuente del error, con la consecuente imposibilidad de llegar al cero control de calidad.

Aunque el JIT está asumido y se produce bajo pedido, el no hacer las paradas necesarias provoca una gran acumulación de productos fabricados a espera de reparaciones que llevarán días y un elevado coste.

Es más productivo parar la maquinaria evitando sobreproducción y propagación de defectos.

4.2.1.2.4- Percepción de stock como mal necesario.

Otro problema es la percepción del stock, los europeos y americanos consideran el stock como un mal necesario, en vez de un mal absoluto como en Japón. Relajando la política de eliminar desperdicios para suplir los problemas de la instalación o del proceso: piezas extra en cadena, repuestos.

Es habitual que tengan stock de materias primas por temor de que se rompa el stock por un fallo en los plazos de entrega por parte del proveedor.

4.2.1.2.5- La idea tradicional de que el empleado tiene que estar siempre ocupado

No debe ser prioritario mantener a los operarios haciendo piezas solo por mantenerlos ocupados toda la jornada laboral. Se debe producir al ritmo de la demanda para no caer en sobreproducción.

4.2.1.2.6- Incorrecta aplicación del Kanban.

La técnica del Kanban requiere una aplicación muy estricta y minuciosa que cuesta asimilar en la cultura occidental. Se han reportado múltiples casos de problemas en su implantación.

4.2.1.3- Empleados

Para el correcto funcionamiento del Lean todas las personas que conforman la organización desde los operarios a la dirección deben implicarse en la transformación y participar en la sugerencia de ideas de mejora. Para ello son esenciales las labores de formación y concienciación, así como el reconocimiento a sus aportaciones de trabajo en grupo e individuales.

4.2.1.3.1- Eventualidad de los trabajadores.

La razón por la que cuesta más la implicación del personal es que crean que van a ser despedidos.

Las actuales políticas de no contratación indefinida han roto el acuerdo bilateral empresario-trabajador propio del sistema de producción de Toyota.

Implicación →← Trabajo Vitalicio

Esta eventualidad de los trabajadores no permite una correcta capacitación, ni la implicación necesaria en la empresa para el aporte de soluciones con el fin de evitar los errores de producción. Incluso llegando a dar situaciones de que el error de operación se debe a un boicot por parte del trabajador.

4.2.1.3.2- Los incentivos

En la cultura del STP las aportaciones no suelen conllevar incentivos materiales, ya que se asimilan como parte del trabajo. No obstante, cuando la cultura no está tan asumida, los incentivos materiales en función de las mejoras obtenidas con la aportación tienen gran acogida, ayudando a iniciar la cultura de la mejora continua.

4.2.1.3.3- Críticas sobre el nivel de estrés

Sobre la situación de los empleados en el Lean hay al respecto varios estudios críticos. Según Papadopoulou y Ozbayrak [50] un estudio realizado en la Universidad de Cambridge en 2003 financiado por el EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council) indica que la producción Lean produce niveles de estrés elevados, incrementando la rotación de los trabajadores y el ausentismo, repercutiendo de forma negativa en el rendimiento de la producción. Landsbergis y Cahill [51] consideran que hay pocas pruebas que corroboren la hipótesis de que los trabajadores de la producción Lean estén más empoderados.

Estos estudios no han tenido un gran apoyo por parte de otros autores, y en mi opinión es difícil concretar en qué proporción es responsable el sistema Lean en sí o un sistema Lean mal implementado, pero es un factor que puede darse en la transformación Lean y debe ser tenido en cuenta. En contraposición al estudio muchos autores coinciden en la orientación del factor humano en el Lean a través de la motivación, el empoderamiento y el respeto.

4.2.1.4- Cultura del trabajo

Para que las transformaciones e implantaciones Lean sean exitosas y perduren en el tiempo deben asumirse los cambios como cultura de la empresa, esta tarea como se verá en el apartado 4.3-La importancia del liderazgo en el Lean Manufacturing. Aplicación del Lean Management. requiere de años para lograrse y de una estrategia adecuada de la dirección.

4.2.1.5- Comunicación

Es necesario usar todos los canales de comunicación disponibles para transmitir los objetivos de la transformación y las medidas adoptadas. Una comunicación deficiente conlleva a la malinterpretación de los objetivos y de las medidas a implementar por parte de los trabajadores. A su vez es necesario

crear canales de comunicación para que todos los empleados puedan participar en sugerencia de mejoras, especialmente los operarios que son los que están más en contacto con los procesos.

4.2.1.6- Recursos

El equipo a cargo de la transformación Lean depende del presupuesto que le otorgue la dirección para el cometido.

4.2.1.6.1- No se obtienen apoyos en el cambio si no se traducen las métricas de rendimiento a beneficio.

La empresa no relaciona con exactitud las métricas de mejora en las operaciones con los estados financieros (resultados económicos), que son los datos con los que trabaja la dirección. Esto falta de comunicación desencadena que el departamento o el área en la que se está implementando el Lean no reciban el apoyo necesario para continuar con el esfuerzo [47].

4.2.1.6.2- La creencia de que todo debe estar automatizado.

Algunas de las implantaciones más caras son las que tienen que ver con los sistemas informáticos y la automatización, y este tipo de inversiones requieren de una cantidad de presupuesto que la empresa puede que no esté dispuesta a destinar a la implantación Lean en un inicio.

T. Ohno [17] consideraba que en algunas situaciones puede ser preferible utilizar procesos manuales en vez de sistemas informáticos o automatizaciones, en ocasiones su coste es superior al de la mano de obra y las personas son el recurso más flexible de la empresa. Si el proceso manual no se ha optimizado no es posible conocer los puntos más adecuados para aplicar la automatización.

4.2.1.7- Planificación de negocios

Algunos problemas observados respecto a la planificación del negocio:

4.2.1.7.1- Falta de estrategia de negocio.

En muchas implantaciones Lean el programa se centra en el proceso de fabricación sin tener demasiado conocimiento sobre el proceso a nivel

estratégico necesario para pasar del estado actual al estado futuro, esta desconexión entre procesos y negocio ha hecho que muchos programas de implantación Lean fracasen por falta de sostenibilidad [52].

4.2.1.7.2- Adaptación a la variabilidad

El exceso de lead time tanto en la fase de fabricación como de diseño no permiten a las empresas tener la flexibilidad requerida por el mercado.

A su vez es difícil medir en el mapa de flujo de valor la estacionalidad, la variabilidad de la demanda. Según Kilpatrick y Osborne [53] en ocasiones las empresas vinculadas en la creación de valor no tienen armonía entre sí debido a las relaciones de poder asimétricas, o que una empresa pueda estar integrada en múltiples corrientes de valor con su respectivo “pull”.

Para solventar esto se crearon los modelos mixtos y la nivelación de la producción. Pero estos remedios se quedan cortos en la tendencia actual a la fabricación ágil con gran variedad de productos y personalización que requiere de procesos muy flexibles, para lotes muy pequeños y capacidad de trabajar sin Lead time para adaptarse a la demanda de un mercado muy inestable.

4.2.1.7.3- En algunos tipos de fabricación no hay mucho margen en las operaciones para la transformación

Algunos tipos de fabricación como la realizada con procesos continuos (productos químicos) tiene poco margen de modificación en sus procesos de producción, y la implantación del Lean no tendría mucho impacto. Kilpatrick [47].

4.2.1.7.4- Dificultad para expandir el lean a la cadena de suministro.

No lograr expandir la implementación del lean a las empresas que conforman la cadena de suministro para que realicen el abastecimiento en el tiempo, cantidad y calidad requerida es uno de los riesgos en la transformación al Lean para Kilpatrick [47]. Los beneficios de la aplicación del Lean disminuyen en gran proporción hasta desaparecer si los proveedores no entregan a tiempo y en lotes más pequeños (adaptados a la demanda de fabricación). Una empresa esbelta debe tener una cadena de suministro esbelta.

4.2.1.7.5- Dilema en la elección del primer proyecto lean

Kilpatrick [47] subraya el dilema en la elección del primer proyecto Lean entre un proyecto complicado y ambicioso o uno más simple, pero de bajo impacto. Dado que si no tiene éxito la implantación (debido a la complejidad del proyecto) o los resultados no son relevantes respecto a la inversión (al elegir un proyecto de bajo impacto), será difícil obtener apoyo para futuros proyectos.

4.3- La importancia del liderazgo en el Lean Manufacturing. Aplicación del Lean Management.

En todos los factores críticos internos antes expuestos, un liderazgo adecuado puede marcar la diferencia. Incluso en los factores externos como "enfoque del cliente" y "la intervención del gobierno", un liderazgo adecuado es el catalizador para que la organización logre adaptarse a las nuevas situaciones que se generen (a nivel político, económico o de la demanda del mercado).

En una transformación Lean es vital el compromiso de la dirección superior que anime a la participación de todos los trabajadores en la mejora, un liderazgo eficaz que movilice a las personas mantiene el compromiso y la implicación, mejorando el rendimiento de toda la organización.

Según O.Reges [54] la causa raíz por la que pocas organizaciones logran implantar el sistema Lean de forma exitosa es no haber adoptado previamente el Lean Management como estrategia de gestión. Ha de adoptarse el pensamiento "Lean Thinking" antes de aplicar cualquier técnica del STP. Liderar la organización marcando un rumbo y objetivos claros en los que se debe implicar y movilizar a todas las personas, siendo todos parte activa en la mejora continua. Debe estar bien definido lo que aporta valor para el cliente, anteponiendo la cadena de valor cambios que suponen una optimización global, frente a mejoras locales que aportan menos valor al cliente. El liderazgo no es valor añadido para el cliente, pero es el que debe establecer el marco para que los empleados los agreguen de forma eficiente.

Para hacer mejoras en la competitividad del negocio (cuánto), debe de partirse de un proyecto de empresa definido y desarrollado (misión /visión /valores), en el que estén clara la estrategia de gestión (cómo) y la estrategia de negocio (qué).

4.3.1- Los retos y errores habituales liderando el Lean.

Según el estudio de John P. Kotter [55], exprofesor de Harvard Business School, los 8 pasos para llevar a cabo la transformación de una organización (Ilustración 50) son:

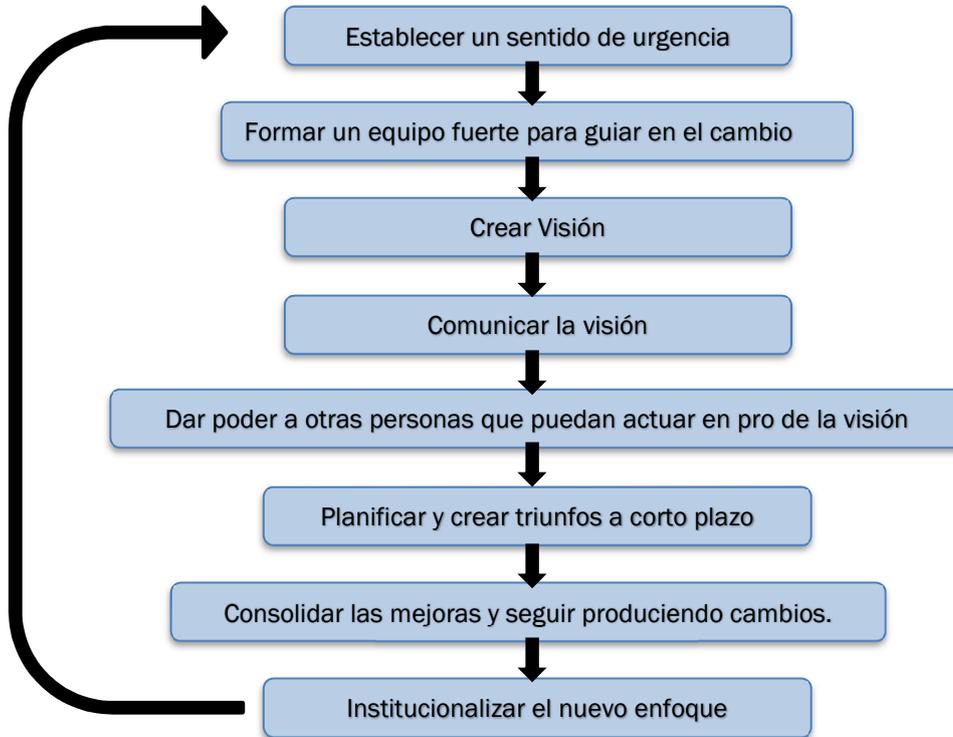


Ilustración 50: Los ocho pasos de una transformación de J. Kotter.

Los retos y los errores habituales en el liderazgo, correspondientes a cada fase, que pueden suponer el fracaso en una transformación Lean son:

1. Falta del suficiente sentido de la urgencia:

Debe examinarse el mercado y la competencia para encontrar posibles crisis y oportunidades. Siendo conscientes de la dificultad que conllevará sacar a las personas de su zona de confort y la tentación de parar los cambios al enfrentarse a riesgos. La fase uno no suele funcionar hasta que no son promocionados o contratados líderes que apuesten por la transformación a puestos senior, que rompan la dinámica habitual de los puestos de gestión de mantener el sistema operativo minimizando riesgos. Las transformaciones grandes de empresa suelen empezar con un cambio de CEO en la organización. Si el consenso a favor de asumir el riesgo y cambiar el estado actual es de menos del 75% de directivos de la empresa el cambio suele fallar en las siguientes etapas.

2. Falta de un grupo suficiente grande y fuerte para empujar el cambio:

Debe reunirse un equipo que comparta el compromiso y trabaje en equipo (sin jerarquías) con el suficiente poder para liderar el cambio. Aunque en pequeñas y medianas empresas basta con de 3 a 5 personas en el inicio del cambio, se aconseja que en grandes empresas sea un grupo de entre 15 y 50 personas lideradas por el presidente de la división. Aunque suelen sumarse personas según avanza la transformación, si el equipo inicial no tiene la suficiente fuerza como para movilizar al resto de la organización, la transformación flaquea. También es habitual que el trabajo en grupo falle por la falta de experiencia en trabajo en al mismo nivel por parte de los miembros del equipo provenientes de jerarquías más altas, relegando la dirección de la transformación a un equipo de recursos humanos o planificación en vez de un gerente de jerarquía alta (con más poder de toma de decisiones).

3. Falta de una visión:

Sin una visión clara y el desarrollo de estrategias para llegar a ellas, puede caerse en el error de presentar una visión excesivamente complicada o abstracta para poder desplegarla en acciones concretas. Si la visión no puede explicarse en como mucho 5 minutos y obtener interés y comprensión no está aún desarrollada para pasar a la siguiente fase.

4. Fallos en la comunicación de la visión:

Deben usarse todos los canales de comunicación posibles para comunicar la visión y las estrategias para lograrla, evitando que sea incomprendida o malinterpretada. El equipo impulsor debe mostrar con el ejemplo el cumplimiento estricto de los cambios, si su comportamiento es contrario a la visión y estrategias no lograrán que el resto de la empresa se conciencie de la necesidad de cumplirlas. La visión no será bien aceptada si incluye recortes de personal, las visiones exitosas suelen incluir nuevas posibilidades de desarrollo o condiciones justas en el caso extremo de despido.

5. No eliminar los obstáculos a la nueva visión:

Debe capacitarse a más personas a actuar sobre la visión y eliminarse o modificarse las estructuras que obstaculizan su logro. Debe animarse a asumir riesgos al adoptar ideas y acciones novedosas. El principal problema es cuando la resistencia al cambio proviene de un alto cargo y su falta de compromiso haga que actúe de forma incoherente respecto a la visión, generando una sensación de cinismo que hará que los niveles inferiores pierdan la motivación de apoyar los cambios. Si el obstáculo es una persona debe dársele un trato justo y acorde a la visión. Es necesaria la acción tanto para capacitar a las personas, como para mantener la credibilidad y coherencia del esfuerzo de

6. No crear triunfos a corto plazo:

Definir y diseñar mejoras visibles de rendimiento y otorgar reconocimiento a los empleados que contribuyen en las mejoras. Deben crearse objetivos claros a corto plazo en los que se puedan medir resultados para que los cambios sigan tomando fuerza. Deben obtenerse resultados positivos entre los 12 a 14 meses desde la implantación del cambio. Cuando un proceso de cambio no tiene resultados a corto plazo se pierde el nivel de urgencia, es conveniente tener resultados y etapas intermedias que mantengan la urgencia y la necesidad de analizar y revisar los cambios.

7. Declarar victoria demasiado pronto:

Aunque los cambios comiencen a dar mejoras de rendimiento, se puede acabar regresando a las antiguas prácticas si realmente no se asimila la transformación como parte de la cultura de la empresa, este es un proceso largo que puede llevar de 5 a 10 años. Deben consolidarse los cambios y seguir buscando la mejora continua. Utilizar la credibilidad ganada con los primeros resultados positivos para cambiar las políticas que debilitan la visión. Contratar, formar y ascender a empleados capaces de implementar la visión y revitalizar el proceso de cambio con nuevos proyectos.

8. Descuidar anclar los cambios firmemente en la cultura corporativa:

Deben institucionalizarse los nuevos enfoques. Los cambios quedan plenamente fijados en la organización pasan a ser "la manera en que hacemos las cosas aquí". Hasta ese momento en que pasan a formar parte de las normas sociales y valores compartidos los cambios son susceptibles de revertirse una vez que se pierde la presión de cambio. Para lograr la consolidación se debe actuar en dos vías: concienciar a las personas y crear planes de desarrollo de liderazgo acordes al nuevo enfoque. Es vital formar y concienciar a las personas en el funcionamiento real de los cambios introducidos respecto a la mejora lograda, ya que a veces el personal malinterpreta el funcionamiento y adjudica la mejora de rendimiento a factores erróneos, pasando a segundo plano en sus prioridades los factores relevantes. A su vez para mantener la transformación en el tiempo debe asegurarse que la próxima generación de altos cargos de la empresa personifican el nuevo enfoque, para ello ha de invertirse en planes de desarrollo de liderazgo acordes al enfoque adoptado. La futura dirección de la organización debe entender en profundidad el cambio para poder mantenerlo.

“Los líderes que transforman exitosamente negocios hacen ocho cosas bien (y las hacen en el orden correcto)”

P.Kotter [55].

Capítulo 5- Evolución del Lean

5.1- Aplicación del Lean Manufacturing en nuevos sectores.

Aunque el sector en el que surgió el lean Manufacturing es la fabricación esta filosofía es aplicable a muchas otras áreas funcionales de una empresa recursos humanos, contabilidad, servicio al cliente....

“El sistema de producción Toyota es más que un sistema de producción” “Revela su fuerza como sistema de dirección adaptado a la era actual de los mercados globales”

(Taiichi Ohno).[15]

A través del Lean Management podemos llevar la filosofía de “ligero” a todo tipo de empresas de cualquier sector [56]:

- **Lean Logistics o Lean Supply Chain:** en toda la cadena de suministro.
- **Lean Service:** para todo tipo de empresas de servicios:
 - comerciales (**Lean Retail**),
 - asistenciales (**Lean Healthcare**)
 - turísticas (**Lean Hotel**).
- **Lean Office:** para los procesos administrativos de cualquier tipo de empresa: Finanzas, Contabilidad, Costes, Recursos Humanos...
- **Lean Sales:** para procesos comerciales: Marketing, Ventas, Postventa...
- **Lean Product Development:** aplicable a departamentos y procesos de creación de producto: Investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), Marketing,
- **Lean Education,** para implantarse en cualquier escuela u organización docente.
- **Lean Startup:** desarrollo y progreso de empresas (en fase piloto)
- **Lean Government:** Administración Pública.
- **Lean Software Development:** para el desarrollo de software.

5.2- Nuevas tendencias.

A su vez están surgiendo nuevas tendencias para adaptar el Lean a los requerimientos de la industria actual:

5.2.1- Combinación Lean Six Sigma.

Aunque de origen diferente y posterior al Lean Manufacturing, la herramienta Six Sigma se utiliza como herramienta complementaria en muchas empresas con implantación de Lean Manufacturing.

5.2.1.1- Six-sigma

Six Sigma (Seis Sigma en la traducción española) es una técnica de análisis y resolución de problemas. Fue desarrollada en EE. UU. por Motorola y comenzó a aplicarse en 1986 en las mejoras de fabricación de componentes electrónicos.

Esta metodología de mejora de procesos se basa en la realización de análisis estadísticos con el objetivo de minimizar o solucionar la causa raíz de un problema, eliminando defectos y reduciendo la variabilidad de los procesos.

Se puede considerar desde tres puntos de vista:

- **Medida estadística** del funcionamiento y los resultados de un proceso o de un producto.
- **Meta para la mejora** de los resultados y acercarnos a la perfección.
- **Sistema de gestión** para lograr un liderazgo duradero.

Actualmente el Six Sigma no está solo asociado a empresas de manufactura ya que no se enfoca solo en el aspecto de producción y es aplicable en el sector servicios y áreas como administración, recursos humanos, marketing...

5.2.1.2- Lean Six Sigma, altamente compatibles.

Aunque los orígenes del Lean y Six Sigma son muy diferentes y tienes distintas aplicaciones, son completamente compatibles y complementarias.

[57] El Lean se enfoca en la eliminación de desperdicios y la optimización del flujo de material, mientras que Six Sigma se centra en eliminar defectos y

disparidades en los procesos, lo cual hace que no colisionen. A su vez el carácter multidisciplinar de los operarios de los sistemas Lean y las reuniones diarias de equipos dónde la información fluye ascendentemente desde la línea de producción, a las jerarquías más altas, permiten la realización de proyectos sigma complejos que demanden coordinación entre departamentos y personal interdisciplinar.

La Ilustración 51 muestra el ciclo del sistema Six Sigma.



Ilustración 51: Ciclo Six Sigma.⁷³

5.2.2- Lean Manufacturing 4.0.

Actualmente se habla del Lean Manufacturing 4.0, consistente en la aplicación de tecnologías de la industria 4.0 en los sistemas Lean.

5.2.2.1- ¿Qué es la Cuarta Revolución Industrial?

Los avances tecnológicos de los últimos años hacen prever que nos encontramos al borde de una nueva revolución industrial. Tras las anteriores revoluciones industriales (Ilustración 52):

- Primera revolución industrial (1760-1830): con la introducción de la máquina de vapor y la mecanización.

⁷³ Fuente de la Ilustración 51: <https://www.progressalean.com/conoces-la-diferencia-entre-lean-y-seis-sigma/>

- Segunda revolución industrial (finales del s. XIX): introducción de la electricidad y el petróleo. Comienzo de la fabricación masa.
- Tercera revolución industrial (1970): fruto de la electrónica, las tecnologías de la información y telecomunicaciones. Con la consiguiente automatización de la producción.



Ilustración 52: Revoluciones industriales⁷⁴.

Esta revolución que apunta a ser tan disruptiva como las anteriores, es la primera que ha sido prevista, ya que las otras fueron establecidas a posteriori de producirse su impacto debido a la falta de canales masivos de comunicación y sistemas que pudieran pronosticar el alcance de su impacto. En la Industria 4.0 (al igual que en la tercera revolución industrial) el cambio no lo produce la introducción de una nueva tecnología, si no la convergencia y aplicación conjunta de diversas tecnologías ya existentes. La cuarta revolución industrial consiste en la informatización y digitalización de los procesos. Por lo tanto, la Industria 4.0 (término que se acuñó en Alemania en el 2011) es un sistema de producción automatizada e interconectada mediante sistemas ciberfísicos, fábricas inteligentes.

Las tecnologías que confluyen en la Industria 4.0 (Ilustración 53) son [58]:

- **Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things):** objetos físicos son conectados a través de internet para transmitir información sobre su funcionamiento. Para ello estos sistemas contienen disponen de

⁷⁴ Fuente de la Ilustración 52:
<https://www.nsolver.com/noticias/industria-4-0.html>

electrónica, software embebido y conectividad por lo que se les denomina sistemas ciberfísicos (CPS o Cyber Physical Systems).

- **Big Data:** adquisición y procesamiento de grandes cantidades de información mediante modelos matemáticos y técnicas de inteligencia artificial.
- **Cloud Computing:** es un paradigma que permite prestar servicios de computación a través de una red sin necesidad de realizar descargas en el dispositivo.
- **Ciberseguridad:** protección de la infraestructura computacional y la información que circula en una red.
- **Sistemas de integración:** aplicaciones para gestionar la información empresarial y de la cadena de valor de forma integrada (ERP, CRM...)
- **Robots colaborativos:** (HRC o Human Robot Collaboration).
- **Realidad aumentada,** añade capas de información visual sobre la imagen real de lo que nos rodea.
- **Fabricación aditiva o impresión 3D:** tecnología que permite la fabricación por adición de material a partir de un modelo digital 3D produce objetos físicos a partir de modelos digitales 3D, permite la fabricación en lotes muy pequeños o unidades únicas a bajo coste.
- **Simulación:** entornos virtuales diseñados para simular y predecir el comportamiento de máquinas, procesos o personas permitiendo la experimentación a tiempo real en entornos controlados.



Ilustración 53: Industria 4.0.⁷⁵

5.2.2.2- Adaptación del Lean Manufacturing al 4.0.

La aplicación de las tecnologías 4.0 en el sistema Lean supone un nuevo potencial para la planificación y optimización de la producción. La informatización y digitalización de los procesos genera información de gran valor a tiempo real para su análisis. El Big Data, Cloud Computing y el internet de las cosas nos ayudan en la obtención de esta información y su procesamiento. Estos datos serán de gran utilidad para la resolución práctica de problemas (PPS), y el hecho de disponer de estos datos en el Gemba mediante pantallas permite la toma de decisiones inmediatas.

La información también será utilizada por los sistemas de planificación de recursos empresariales, trazabilidad, calidad y demás áreas de la empresa.

La posibilidad que nos da el internet de las cosas de monitorizar múltiples características del hardware con datos fiables de su estado resulta a su vez de gran ayuda para el mantenimiento preventivo, con su consecuente impacto en la seguridad y calidad.

Las tecnologías 4.0 que pueden aplicarse en cada método del Lean son (Tabla 4|Error! No se encuentra el origen de la referencia.) [59]:

⁷⁵ Fuente Ilustración 53: <https://www.formacad.es/formacion-online/industria-4-0/>

Lean methods	JIT/ JIS	Hei- junka	Kanban	VSM	TPM			SMED	VM			Poka- yoke
					1*	2**	3***		5 S	Zoning	Andon	
Additive manufacturing (AM)	x					x		x				
Plug and play							x	x				
Automated guided vehicles (AGV)	x		x									
Human-computer interaction (HCI)			x	x	x				x	x	x	x
Virtual representation (e.g. VR, AR)	x				x			x	x	x		x
Intelligent bins	x		x									
Auto-ID	x		x	x	x			x	x	x		x
Digital object memory	x				x			x				x
Digital twin/simulation	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Cloud computing	x			x	x	x						x
Real-time computing	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Big data & data analytics	x	x	x	x		x						x
Machine learning				x	x			x				x

* autonomous maintenance, ** planned maintenance, *** early product and equipment management

Tabla 4: Herramientas 4.0 aplicables a los métodos Lean.⁷⁶

5.2.2.2.1- Just-in-time 4.0

Con el 4.0 el JIT se vuelve más transparente y el tiempo de entrega disminuye.

- Uso de Agv's (Vehículos guiados automatizados) para el transporte de materiales en flujo reduciendo errores humanos y viajes en vacío. Contenedores inteligentes dotados de software para almacenar los parámetros de fabricación
- Con el sistema RFID ⁷⁷ (de identificación por radio frecuencia) se puede localizar cada pieza a tiempo real mejorando la trazabilidad y permitiendo afinar y automatizar los procesos de reposición de piezas.
- Reconocimiento de piezas con sensores.
- Big data y análisis de datos

5.2.2.2.2- Heijunka 4.0

Se puede optimizar en nivelado de la producción con el análisis de datos del histórico de fabricación y de la situación del mercado. Existen aplicaciones para automatizar la planificación de la producción en función de las especificaciones de los productos y las ventas.

⁷⁶ Fuente Tabla 4: [59]

⁷⁷ Los sistemas de identificación por radiofrecuencia RFID son un tipo de Auto-Id (automatic identification, o identificación automática)

5.2.2.2.3- Kanban 4.0

Se pueden utilizar sistemas de simulaciones a tiempo real de los objetos físicos con un gemelo digital para analizar los parámetros más adecuados de tamaño de lote, frecuencia de entrega. Tener en cuenta factores externos para que se reajuste el sistema de forma automática. Hacer seguimiento de forma más precisa de los materiales mediante las etiquetas Auto-ID, permitiendo ajustar más el inventario.

5.2.2.2.4- Value Stream Mapping 4.0

Despliegue de dispositivos HCI (interacción persona ordenador) para la visualización a tiempo real del flujo de valor permitiendo identificar los desperdicios en los procesos de forma más exacta

5.2.2.2.5- Mantenimiento productivo total 4.0

Realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) sirven para formar mediante simulaciones a los operarios en la correcta realización del mantenimiento. Pantallas en las máquinas servirán de guía y ayuda durante el proceso real.

Internet de las cosas y Big data servirán para saber el estado actual de la máquina y definir acciones de mantenimiento preventivo más exactas.

5.2.2.2.6- SMED 4.0

Sistemas de plug and play para el cambio de utillaje y realidad aumentada para formar a los operarios en el proceso. En algunos procesos se puede cambiar la fabricación con moldes y matrices por fabricación aditiva que no requiere de tiempos de cambio entre cada variante de producto

Conclusiones

La historia de Toyota comienza con Sakichi Toyoda, el fundador de la empresa textil de los Toyoda y creador del primer telar automático de Japón, en el cual introdujo el sistema Jidoka (automatización con un toque humano) para el autocontrol de calidad. Sus preceptos se mantienen como parte de la filosofía corporativa de Toyota.

Tras él, su hijo Kiichiro Toyoda realiza la incursión en la industria de la automoción y funda la Toyota Motor Company, en la que apuesta por la investigación. Debe dimitir tras la crisis financiera de 1949. Como medida compensatoria por el despido de la cuarta parte de los empleados, se firma un acuerdo con los sindicatos: empleo vitalicio y pasar a formar parte de la comunidad Toyota, a cambio de la participación en las actividades de mejora en la empresa y la flexibilidad en las asignaciones laborales. Este acuerdo sería fundamental para el desarrollo del TPS.

Eiji Toyoda y Taiichi Ohno (creador del JIT), junto con las aportaciones de Shigeo Shingo desarrollarán tras la segunda guerra mundial el Sistema de Producción Toyota. El sistema surge buscando formas de mejorar la producción y reducir costes para competir con la industria automovilística de occidente, cuyo sistema de producción en masa no podían imitar (el mercado Japonés no podía asimilar el volumen de producción de la fabricación a gran escala y requería de mayor variación de producto).

Crean el sistema Just in time para ajustar la producción a la demanda mediante un flujo continuo en el que el “pull” lo realiza el cliente, extendiendo la definición de cliente también al proceso siguiente y gestionando las peticiones de piezas mediante tarjetas kanban. El cambio rápido de SMED o “Single-Minute Exchange of Die” creado por Shigeo Shingo permite la fabricación en pequeños lotes sin aumentar costes, dotando a la producción de la flexibilidad para trabajar en flujo continuo sin necesidad de stock.

Se revisan las operaciones y los procesos para eliminar todo lo que no añade valor al producto (despilfarros) desde el punto de vista del cliente: sobreproducción, tiempos de espera, transporte, sobreprocesos, inventario, movimientos y defectos.

De la obligación de buscar soluciones eficaces y económicas para adaptar la misma maquinaria para la producción de varios modelos surge el “Kaizen” o mejora Continua, inspirado en el ciclo de Deming (Plan-Do-Check-Act).

Se mantiene la filosofía de construir en calidad introducida por Sakichi Toyoda con el sistema “Jidoka”, deteniendo la producción en casos de producirse una

anomalía, analizando y subsanado la fuente del error para que no se propaguen los defectos. El Jidoka es mejorado con el sistema creado por Shigeo Shingo “poka yoke” (a prueba de errores) y la inspección en la fuente que permite establecer el cero control de calidad (evitar el 100% de los errores).

La expansión del STP comienza tras la crisis del petróleo de 1973, cuando el resto de las empresas japonesas comienza a imitar el modelo de Toyota, la única empresa que resistía a la crisis y seguía obteniendo beneficios.

El STP comienza a ser conocido en el resto del mundo en los años 80 y en el 82 se crea NUMMI, una fábrica conjunta de Toyota Y GM en California, en la que Toyota muestra su sistema a una empresa estadounidense.

Tras la publicación del libro “The Machine That Changed the World” de J.P. Womack y D.T. Jones el STP se convierte en sistema a imitar y se le empieza a denominar “Lean Manufacturing”.

Los principios de sistema Toyota están recogidos en manual de la empresa “Toyota Way”: **Desafíos, Kaizen, Genchi Genbutsu, Respeto y Trabajo en equipo**. A su vez J.Liker en su libro “The Toyota Way” recoge la filosofía Toyota en 14 principios, para comprender e implantar el sistema, agrupados en las categorías: **Problemas, Personas, Procesos y Filosofía**.

Taiichi Ohno agrupa las herramientas y los principios del STP de forma gráfica en la casa del STP reflejando su interrelación y como se apoyan unas en otras. Los cimientos: la filosofía Toyota, la gestión visual, los procesos estables y estandarizados y la producción nivelada (heikuna). Los pilares: metodologías para mejorar la calidad a nivel de fabricación (JIDOKA) y organizativo (Just In Time). El interior: La mejora continua en la que se implican las personas y el trabajo en equipo con el objetivo de la eliminación de desperdicios. Y el tejado: Los resultados de la correcta aplicación del sistema: mayor calidad, menores costes, y plazos de entrega más competitivos.

Hay que recalcar en la filosofía Lean la importancia del respeto a las personas y la búsqueda de compromiso por parte de todos los miembros de la empresa, participando activamente en la sugerencia de ideas y la mejora continua. Y el concepto “Gemba”, el lugar dónde se crea el valor y surgen los problemas, al que hay que acudir en busca de información.

En cuanto a la implantación del sistema Lean en las empresas es de vital importancia adoptar primero la filosofía para que la transformación sea exitosa y se puedan mantener los resultados en el tiempo. Desarrollar el pensamiento lean dejando atrás la manera tradicional de hacer las cosas. Siendo primordial el liderazgo y el compromiso de la dirección con la transformación, que debe encargarse de establecer el sentido de urgencia de la transformación, formar

un equipo fuerte para guiar el cambio, crear visión, comunicar la visión, dar poder a otras personas para que puedan actuar en pro de la visión, planificar y crear triunfos a corto plazo, consolidar las mejoras.

En definitiva, el “Lean Manufacturing” es una filosofía de hacer bien las cosas, ver la empresa de forma global y hacer que funcione su engranaje con la precisión de un reloj para satisfacer la demanda de los clientes, eliminando todo lo que no les aporte valor. Esto es atemporal, aplicable a todos los sectores y complementario con las nuevas tecnologías (industria 4.0) que pueden apoyar y reforzar este modo de hacer. Es un cambio profundo que supone replantearse por completo el estado actual de la organización, que no tiene “medias tintas” y en el que no basta con un cambio parcial. Debe haber una transformación completa empezando por las personas y abarcando todas las áreas de la empresa.

Bibliografía

- [1] J. Womack, D. Jones, y D. Roos, *La máquina que cambió el mundo*. Barcelona, 2017.
- [2] «Toyota Motor Corporation Global Website| 75 Years of Toyota| A 75-Year History through Text». [En línea]. Disponible en: http://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/index.html. [Accedido: 20-may-2018].
- [3] «¿Cuáles son las cinco ideas que han formado la filosofía Toyota?» [En línea]. Disponible en: <https://medium.com/@paradoxconsultoria/cuáles-son-las-cinco-ideas-que-han-formado-la-filosofía-toyota-e1a6e689a7df>. [Accedido: 20-may-2018].
- [4] «El sistema de producción de Toyota. La historia». [En línea]. Disponible en: <http://kailean.es/la-historia-de-toyota-y-de-lean-parte-i/>. [Accedido: 20-may-2018].
- [5] «Toyota Global Site | Vision & Philosophy». [En línea]. Disponible en: http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/. [Accedido: 20-may-2018].
- [6] «Corporate Philosophy | Toyota Industries Corporation». [En línea]. Disponible en: <https://www.toyota-industries.com/company/philosophy/index.html>. [Accedido: 20-may-2018].
- [7] «History - Toyota Industries Corporation». [En línea]. Disponible en: <https://www.toyota-industries.com/company/history/index.html>. [Accedido: 20-may-2018].
- [8] «The Story of Sakichi Toyoda | Toyota Industries Corporation». [En línea]. Disponible en: https://www.toyota-industries.com/company/history/toyoda_sakichi/. [Accedido: 20-may-2018].
- [9] «Historia y biografía de Sakichi Toyoda». [En línea]. Disponible en: <https://historia-biografia.com/sakichi-toyoda/>. [Accedido: 20-may-2018].
- [10] «Sakichi Toyoda biography and quotes, founder of 5 times why | ToolsHero». [En línea]. Disponible en: <https://www.toolshero.com/toolsheroes/sakichi-toyoda/>. [Accedido: 20-may-2018].
- [11] «Historia de Toyota (1): del telar a los automóviles». [En línea]. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/historia-de-toyota-1-del-telar-a-los-automoviles>. [Accedido: 20-may-2018].

- [12] «Sistema Lean MDC | MDC Manejo de Materiales». [En línea]. Disponible en: <http://www.leanmdc.com/historia-lean-manufacturing.html>. [Accedido: 20-may-2018].
- [13] «Carlos Ruiz: Eiji Toyoda - Revista Empresarios AEM». [En línea]. Disponible en: <http://www.empresariosaem.com/carlos-ruiz-eiji-toyoda/>. [Accedido: 20-may-2018].
- [14] «Eiji Toyoda (1913-2013) – Altacuncta». [En línea]. Disponible en: <https://altacuncta.wordpress.com/2013/09/21/eiji-toyoda-1913-2013/>. [Accedido: 20-may-2018].
- [15] T. Ohno, *El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala*. Barcelona: Gestión 2000, 1991.
- [16] «Personajes influyentes: Taiichi Ohno | Trilogiq». [En línea]. Disponible en: https://trilogiq.es/personajes-influyentes-taiichi-ohno/?_ga=2.262983950.305207121.1526826372-757032204.1526608263. [Accedido: 21-may-2018].
- [17] «Taiichi Ohno in memoriam», 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.asenta.es/src/uploads/2015/05/ENSENANZAS_DE_TAIICH_OHNO.pdf. [Accedido: 20-may-2018].
- [18] S. B. Vardem, «The Impact of Dr. Shigeo Shingo on Modern Manufacturing Practices», *Biogr. An Interdiscip. Q.*, pp. 1-7, 2010.
- [19] «Shigeo Shingo». [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Shigeo_Shingo. [Accedido: 20-may-2018].
- [20] «Shigeo Shingo». [En línea]. Disponible en: <http://maestrosdelacalidadac103611.blogspot.com.es/p/shigeo-shingo.html>. [Accedido: 20-may-2018].
- [21] «Personajes influyentes: Shigeo Shingo | Trilogiq». [En línea]. Disponible en: <https://trilogiq.es/personajes-influyentes-shigeo-shingo/>. [Accedido: 20-may-2018].
- [22] «Shigeo Shingo in memoriam», 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.asenta.es/src/uploads/2015/12/ENSENANZAS-DE-SHIGEO-SHINGO.pdf>. [Accedido: 20-may-2018].
- [23] S. Shingo, *El sistema de producción de Toyota desde el punto de vista de la ingeniería*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, 1990.
- [24] S. Shingo, *Producción sin stocks: el sistema Shingo para la mejora continua*. Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción, 1991.
- [25] «The Shingo Model - Shingo Institute». [En línea]. Disponible en: <http://www.shingoprize.org/model>. [Accedido: 22-may-2018].
- [26] «SHINGO | Excelencia Operacional | Lean | Mejora Continua | Kaizen - MODELO SHINGO». [En línea]. Disponible en:

<http://www.opexacademy.net/index.php/shingo-institute/9-modelo-shingo.html>. [Accedido: 22-may-2018].

- [27] J. Liker, *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Barcelona: Gestión 2000, 2006.
- [28] «Toyota Production System Support Center, Inc. (TSSC)». [En línea]. Disponible en: <http://www.tssc.com/about.asp>. [Accedido: 25-may-2018].
- [29] J. Womack y T. Daniel, *Lean Thinking : cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000, 2005.
- [30] «lean.org - Lean Enterprise Institute | Lean Production | Lean Manufacturing | LEI | Lean Services». [En línea]. Disponible en: <https://www.lean.org/>. [Accedido: 25-may-2018].
- [31] «The Toyota Way - El Sistema Toyota». [En línea]. Disponible en: <https://www.actio-consulting.es/the-toyota-way/>. [Accedido: 25-may-2018].
- [32] «Curso: Introducción al Lean Manufacturing». Plataforma de formación e-learning del Cogiti.
- [33] J. Müller, «SMED aplicado a matrices de conformado en frío en una autopartista», Universidad Nacional de Córdoba, 2015.
- [34] C. Reconocimiento, «Fundamentos del Lean Manufacturing Dirección de Operaciones Fundamentos del Lean Manufacturing», pp. 1-12, 2011.
- [35] M. Moreno, «Lean aplicado a la Ingeniería del Software», Trabajo fin de Master, Escuela Técnica Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla, 2010.
- [36] M. Gómez, «Aplicación de metodología Lean en un taller de mecanizado.», Trabajo de fin de grado, Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid, 2017.
- [37] «herramientas - leanroots». [En línea]. Disponible en: <http://www.leanroots.com/wordpress/category/herramientas/>. [Accedido: 18-may-2019].
- [38] M. Ayabe, «Sistema de Producción Toyota (tps), eficiencia en la producción a través de la reducción de improductividad en todos sus niveles.», vol. 58, pp. 28-31, 2012.
- [39] «Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación medio ambiente industria y energía».
- [40] J. C. Hernández y A. Vizán, *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación medio ambiente industria y energía*. Madrid, 2013.

- [41] G. MALDONADO, «Herramientas y técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad», p. 144, 2008.
- [42] Editorial Limusa, Ed., *Manual de Lean Manufacturing guía básica*, Primera ed. México D.F., 2007.
- [43] «Documento sin título». [En línea]. Disponible en: <http://leanroots.com/heijunka.html>. [Accedido: 02-jun-2019].
- [44] D. Alfonso, «Seminario de Integración Hoshin Kanri – Despliegue e Implementación», Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires, 2010.
- [45] E. Yacuzzi, «La gestión hoshin: Modelos, aplicaciones, características distintivas», Buenos Aires, 316, 2005.
- [46] M. Alefari, K. Salonitis, y Y. Xu, «The Role of Leadership in Implementing Lean Manufacturing», *Procedia CIRP*, vol. 63, pp. 756-761, 2017.
- [47] J. Kilpatrick, «Lean Principles», *Transportation (Amst)*., pp. 1-5, 2003.
- [48] R. A. Hamid, «Factors influencing the success of lean services implementation: conceptual framework.», en *2nd ICBER.*, 2011.
- [49] W. M. Feld, *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. CRC Press., 2002.
- [50] T. C. Papadopoulou y M. Özbayrak, «Leanness: experiences from the journey to date», *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 16, n.º 7, pp. 784-807, oct. 2005.
- [51] P. A. Landsbergis, J. Cahill, y P. Schnall, «The impact of lean production and related new systems of work organization on worker health.», *J. Occup. Health Psychol.*, vol. 4, n.º 2, pp. 108-130, 1999.
- [52] V. Simoes, «Critical Factors of Lean Implementation in Manufacturing Environments», Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [53] J. Kilpatrick y R. Osborne, «The R(E)volution of Lean», n.º 801, pp. 1-9, 2006.
- [54] O. Reges, «Lean Management - Estrategia para Transformar Organizaciones | Actualidad | ASENTA», *Asenta Management Consultants*, 2016. [En línea]. Disponible en: http://www.asenta.es/src/uploads/2016/06/Lean_Management.pdf. [Accedido: 23-may-2018].
- [55] K. John, «Leading Change: Why Transformation Efforts Fail», *Harv. Bus. Rev.*, vol. 73, n.º 2, pp. 59-67, 1995.
- [56] «Consultores en Lean Management». [En línea]. Disponible en: <https://www.actio-consulting.es/lean-management/>. [Accedido: 28-

may-2018].

- [57] «¿Conoces la diferencia entre Lean Manufacturing y Seis Sigma? | Progressa Lean. Expertos en Lean Manufacturing, Kaizen y Mejora Continua.» [En línea]. Disponible en: <https://www.progressalean.com/conoces-la-diferencia-entre-lean-y-seis-sigma/>. [Accedido: 30-jun-2019].
- [58] «Industria 4.0: ya ha llegado la cuarta revolución industrial». [En línea]. Disponible en: <https://www.iebschool.com/blog/industria-cuarta-revolucion-industrial-business-tech-logistica/>. [Accedido: 30-jun-2019].
- [59] A. Mayr et al., «Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0», en *Procedia CIRP*, 2018, vol. 72.