



Capítulo 2. SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA O MANUFACTURA ESBELTA.



El objetivo de este capítulo es poner de manifiesto los lineamientos generales del Sistema de producción Toyota extendido posteriormente como “*Lean Manufacturing*”, traducido al castellano como “Manufactura esbelta ó ajustada”; así como las principales herramientas de la filosofía relacionadas con la herramienta objeto de este proyecto.

Se considera fundamental incluir este capítulo para permitirle al lector contextualizar el objeto del proyecto, “La herramienta SMED” dentro de la filosofía Lean Manufacturing.

1. Introducción.

El sistema de producción Toyota es una filosofía de mejoramiento de los procesos de manufactura y de servicios, basado en la eliminación de desperdicios, entendiendo como tal, toda actividad que no agregue valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. Esta filosofía permite alcanzar resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad de cualquier empresa.

El sistema de producción Toyota fue posteriormente popularizado como “*lean Manufacturing*”. El término fue utilizado por primera vez por *John Krafcik*, miembro del Instituto técnico de Massachusetts, MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), tratando de explicar que la producción ajustada es *lean* o magra en castellano, porque utiliza menos recursos en comparación con la producción en masa.

Taiichi Ohno expresa en el prólogo del “*Just in time hoy en Toyota*” de Yasuhiro Mondem (1996):

Uno de nuestros fines más importantes fue el aumento de la productividad y la disminución de los costes. Para alcanzar este objetivo, pusimos el acento en la idea de eliminar de las fábricas toda clase de funciones innecesarias. Hemos centrado nuestra atención en investigar una por una las causas de las diversas <<superfluidades>> existentes en las actividades de fabricación y en idear métodos para remediarlas, a menudo de manera totalmente empírica.

*“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, 1988).



2. Contexto en el que se desarrolla el Lean manufacturing.

Como relata Rajadell Carreras M. y Sánchez García J.L, (2010), después de la segunda guerra mundial se produjo una gran expansión de las organizaciones de producción en masa, en parte alentada por la política exterior norteamericana, que respondía a criterios puramente economistas de aumento de la demanda y estabilidad de sus mercados. Esto generó gigantescas y rígidas estructuras.

Las empresas occidentales al intentar basar su estrategia en el liderazgo en costes, habían accedido a sistemas de fabricación en masa altamente especializados en cuanto a mano de obra y equipos por lo que contaban con una estructura demasiado rígida para dar respuesta rápida a los cambios que sufría el mercado.

Por otro lado, en el oriente, el crecimiento rápido de Japón fue notable a principios de los 70. Se considera que el crecimiento se logró por la producción en masa de artículos de alta calidad que resultaron por la inversión en tecnología, la organización empresarial para participar en el mercado, la estabilidad económica en el exterior y que se mantuvo un tipo de cambio estable.

Entre las innovaciones de los japoneses que incorpora el *toyotismo* a la organización del proceso de trabajo se encuentran algunas salidas a la falta de flexibilidad de la estructura burocrática de la producción en masa.

J.A.D Machuca (1995) detalla algunas características globales:

- A nivel de mercado, la competencia se hace cada vez más dura y la calidad se convierte en un requerimiento fundamental del cliente.
- A nivel de producto se demanda mayor variedad y mejores prestaciones, mientras que se acorta el ciclo de vida útil de los mismos.
- Hay un gran avance en Investigación y desarrollo con lo cual el riesgo de obsolescencia es cada vez mayor.
- A partir de la crisis del petróleo los costes de los recursos productivos y recursos energéticos sufren rápidos incrementos.

“Durante varias décadas, América había reducido los costes mediante la fabricación en serie de unos pocos modelos de coches. Era un estilo de trabajo americano, pero no Japonés. Nuestro problema era como reducir costes mediante la fabricación de pequeñas cantidades de muchos modelos de coches”

(Taiichi Ohno, 1988, p1)



Según Nakamura (1985), la crisis del petróleo en 1973, fue un golpe fuerte para la economía Japonesa que dependía del 75% de este para su energía. Por ello se tuvieron que adoptar medidas de reestructuración Industrial y ahorro de energía, sobretodo en manufactura y mano de obra, lo que ayudo a dar inicio a la liberación de capitales.

Según Aguirre (1996), el gobierno Japonés se volvió más flexible en cuanto a las restricciones de inversiones de capital al exterior, lo cual llevo a que en la década de los 70 las empresas nacionales ampliaran sus mercados de venta y producción tanto en Japón como en el Este asiático.

Entre 1966 y 1977, mientras el proteccionismo estadounidense aumentaba de manera notoria, el valor de la inversión extranjera Japonesa en el este asiático primero igualo y finalmente supero el volumen norteamericano.

De esta manera se fue conformando la economía Japonesa caracterizada por una expansión del comercio y el incremento de su inversión a nivel mundial, lo que permitió la modernización y el crecimiento el país.

La expansión en mercado global de los productos Japoneses (principalmente automóviles y componentes electrónicos) que basaban su competencia en buena calidad y en bajos precios; provocaba una admiración temerosa en el empresario occidental: Admiración por el propio fenómeno en sí mismo y temor por la imposibilidad para reaccionar y conservar sus mercados.

Michael Borrus (1992) identifica el desempeño de firmas Japonesas con los siguientes rasgos:

- Jornadas de producción más cortas, ejecutadas por trabajadores con habilidades múltiples, que operan maquinaria de aplicación general, menos costosa y que puede ser adaptada a otro tipo de producción, con tiempos muertos mínimos.
- Mayor responsabilidad asignada los trabajadores de línea sobre los procesos de control sumamente estrictos para eliminar variaciones de manufactura (fuente principal de defectos).
- Adaptaciones rápidas y eliminación de defectos que permiten reducir o suprimir la necesidad de inventarios, y hacer posible que las partes o componentes puedan ser suministradas “justo a tiempo” para la producción, abatiendo aún más los costos de inventarios y producción.
- Estrictos controles de procesos en combinación con equipos de trabajo con habilidades múltiples, que contribuyen a eliminar costos de mantenimiento, supervisión, limpieza y control de calidad asociados con la producción en masa.



3. Sistema de producción Toyota o *Lean manufacturing*:

Taiichi Ohno define la metodología de producción de Toyota como un sistema de producción cuya base es la eliminación del excedente.

“Los dos pilares necesarios que sustentan este sistema son: Just In Time (JIT) y automatización, o automatización con un toque humano”

(Taiichi Ohno, 1988, p4)

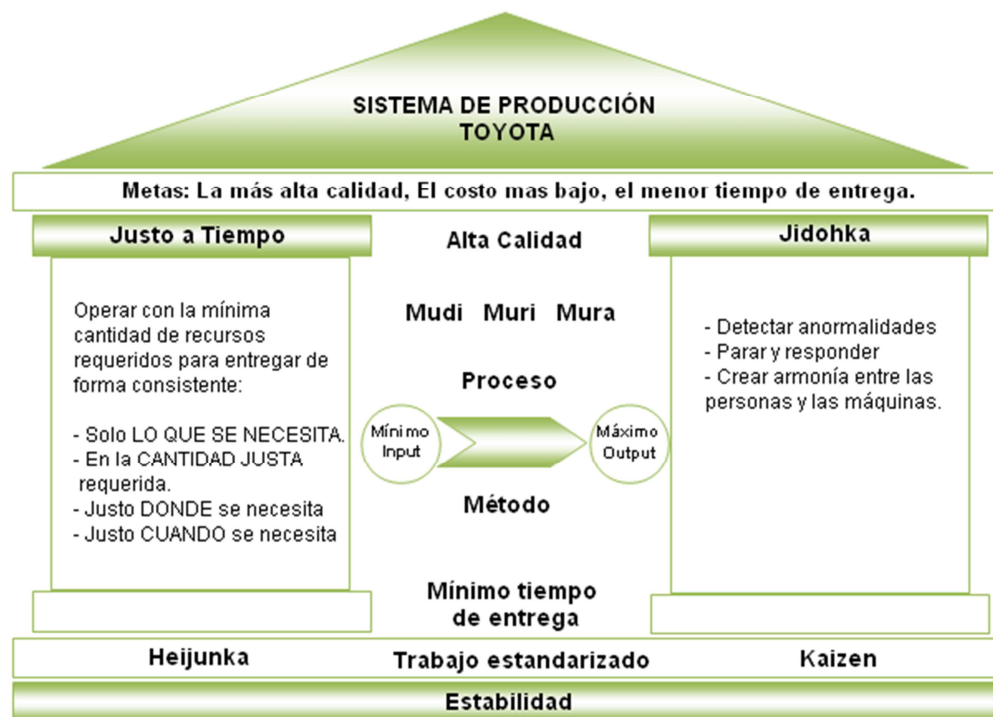


Figura 2.1: Esquema del Sistema de Producción Toyota.

“La técnica que denominamos <<sistema de producción de Toyota>> nació, después de la segunda guerra mundial de nuestros diversos esfuerzos por ponernos al nivel de la Industria automovilística de las naciones occidentales avanzadas, sin la ventaja de disponer fondos ni de espléndidas instalaciones”

(Taiichi Ohno, 1988, prólogo).



Para Rajadell Carreras M. (2010):

El principio fundamental del lean manufacturing es que el producto o servicio y sus atributos deben ajustarse a lo que el cliente quiere, y para satisfacer estas condiciones es necesario la eliminación de despilfarros. En general, las tareas que contribuyen a incrementar el valor del producto no superan el 1% del total del proceso productivo, o lo que es lo mismo 99% de las operaciones restantes no aportan valor.

Tradicionalmente, los procesos de mejora se han centrado en el 1% del proceso que aporta valor al producto. Resulta evidente que, si se acepta el elevado porcentaje de desperdicio en el que se incurre en un proceso productivo, se deduce que existe una gran oportunidad de mejora (p6)

En los procesos tradicionales cuando se quiere incrementar el valor, se invierte en personal, equipos y tecnologías; de esta forma también se incrementan las actividades que no agregan valor. Con el enfoque *lean*, se incrementa el valor eliminando desperdicios de los recursos existentes generando mayores beneficios a más bajo costo.

La mayor cantidad de tiempo, trabajo y dinero invertido en un proceso productivo, no aporta valor al producto o servicio desde el punto de vista del cliente (Son las actividades sin valor agregado).

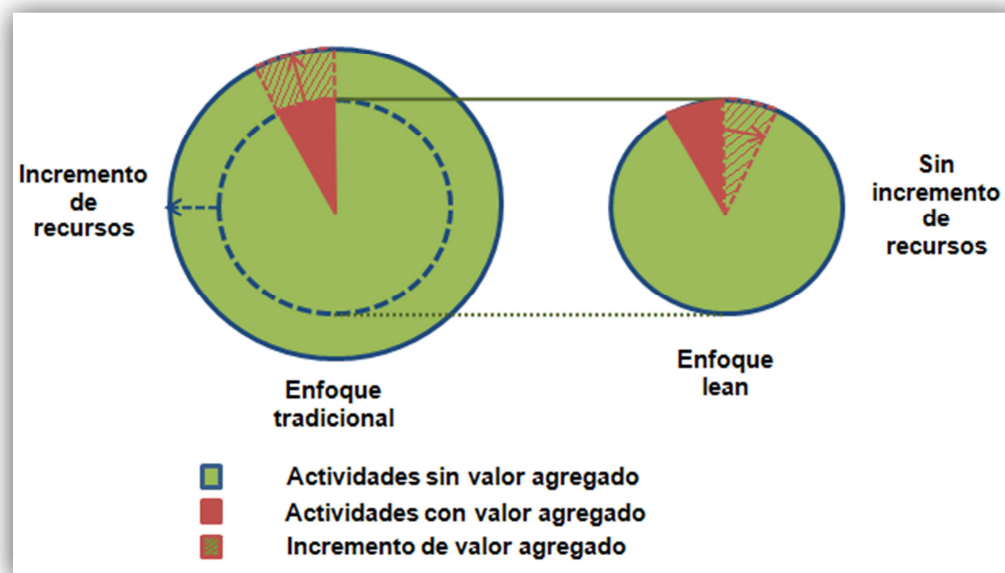


Figura 2.2: Esquema del incremento de valor en una empresa con enfoque Tradicional y otra con enfoque al LEAN.



Las empresas pueden incrementar su competitividad, mediante la innovación y/o la mejora continua.

La innovación tecnológica proporciona grandes mejoras espaciadas en el tiempo, pero sin continuidad, mientras que las técnicas del *lean manufacturing* proporcionan pequeñas y frecuentes mejoras porque agrupan técnicas que lo hacen posible. Por ello las empresas innovadoras, y a además seguidoras de esta filosofía, logran un ritmo de mejora y de incremento de competitividad, óptimo y sostenido en el tiempo.

Otro argumento a favor de la implantación del *lean manufacturing* es la reducción de los costes globales (especialmente indirectos) mientras se mantienen los estándares de calidad y disminuyen los tiempos de ciclo de fabricación.

4. Estrategias de la filosofía Lean.

Rafael Carlos Cabrera Calva R.C. (2012) considera que las estrategias de la filosofía pueden resumirse en:

Reconocimiento de desperdicios:

Establece que todo el personal tenga perfectamente claro que actividades añaden valor desde la perspectiva del cliente y cuales no lo hacen. Consecuentemente se pretende buscar o eliminar o al menos reducir lo que no aporte satisfacción para el cliente.

Estandarización de procesos:

Fija procedimientos y normas de producción, estableciendo métodos para la secuencia, ritmo y cronometraje de todas las acciones de los operadores; eliminando la variabilidad en que puedan incurrir los operadores o empleados en general al realizar sus tareas diarias dando lugar al trabajo estandarizado.

Flujo continuo:

Busca la implementación de un flujo continuo de producción, libre de restricciones, gestionando los cuellos de botella, eliminando interrupciones o demoras. Busca reducir el ciclo de operación y con ello los costos, mejorando los tiempos de entrega a través de pequeños lotes con inventarios reducidos en un proceso donde no se pueda lograr el flujo continuo completo.

Producción Pull:

Pretende guiar la producción partiendo de la demanda del cliente. Se enfoca a producir la cantidad exacta, entregándose en el momento preciso que es requerida. Reduce inventarios, y con ello, gastos innecesarios y un sin número de riesgos operativos.

**Calidad desde la fuente:**

Elimina los defectos en la fuente; se pretende que los mismos operadores de manufactura realicen una autoinspección como parte de su responsabilidad normal. Elimina la necesidad de inspectores externos que solo inspeccionan y e incrementan los costos innecesariamente y alargan el tiempo de ciclo.

Mejora continua:

Se enfoca a buscar la perfección global y eliminar constantemente los desperdicios, requiriéndose un alto nivel de involucración de todo el personal, emitiendo sugerencias o realizando mejoras sin importar que sean pequeñas pero si continuas por parte del personal, desde la dirección hasta el obrero.

Polivalencia:

Busca la participación de los operadores capacitándolos y motivándolos a buscar su auto capacitación en el aprendizaje de diversos equipos y maquinaria para desempeñar eficientemente las labores que requiera la empresa en cualquier área, en cualquier momento.

Trabajo en equipo:

Promueve y motiva para que todo el personal sea parte integral del grupo de equipo de trabajo. Se busca colaboración permanente en cualquier momento en cualquier área como parte integral de un equipo de trabajo unido buscando el bien común, con disposición a enseñar y entrenar a sus compañeros.

5. Principios elementales de la filosofía Lean.

Landeghem (2007) define los principios fundamentales para la aplicación de la Manufactura Esbelta:

Definir el valor desde el punto de vista del cliente:

Los clientes quieren comprar una solución que resuelva su necesidad, no solo buscan un producto o un servicio. El enfoque es la satisfacción del cliente, dar justo con lo que necesita, cuando y como lo necesita.

Identificar la cadena de valor:

Eliminar desperdicios, reducir u optimizar actividades que no agregan valor, ya que algunos de ellos son inevitables por políticas, seguridad, salud, entre otros. Reducir cualquier actividad que no sea indispensable en equipos, materiales, espacio y esfuerzo para crear valor para el cliente.

Una vez analizados los flujos de materiales e información que se requieren para poner a disposición del cliente un producto o servicio, e identificados los



procesos de valor, se puede apreciar sus niveles de eficiencia, productividad y necesidad. De esta manera se identifican oportunidades de mejora, simplificación o eliminación de desperdicios o pasos que no agregan valor dentro de un proceso.

Crear el flujo óptimo:

Hacer que todo proceso fluya sin tropiezos, de un paso que añade valor agregado a otro que también agrega valor. Desde el proveedor que suministra materia prima hasta el cliente que consume el producto o hace uso del servicio.

Perseguir la perfección:

Añadir la eficiencia siempre es posible. Buscar la mejora permanente, tanto en forma individual como dentro del equipo de trabajo al que se pertenece. Debe buscarse como parte de la forma de vida diaria dentro y fuera del trabajo, para lograr la superación constante.

Las estrategias se fundamentan en los principios elementales de la metodología, machacando el conocimiento y haciéndolo redundante para formar el hábito.

6. Los desperdicios: MUDA, MURI, MURA.

Como se mencionó al comienzo del capítulo, la manufactura esbelta es una filosofía de mejoramiento continuo, basado en la eliminación de desperdicios.

La expresión japonesa para designar el concepto de desperdicio es Muda.

無駄 (Muda): Es cualquier actividad en el proceso de manufactura que no agregue valor al producto o servicio desde la perspectiva del cliente.

El concepto de MUDA viene acompañado de otros dos, que podrían explicar la aparición del desperdicio en un proceso.

- **Mura:** Hace referencia a la variabilidad en los procesos productivos (por falta de estandarización, formación, disciplina, constancia en la disposición de medios y recursos, etc.), que da lugar a diferencias en los tiempos de los procesos, productividad, cantidad defectos y tiempos de entrega. Como consecuencia, obliga a sobredimensionar los recursos, personas, equipos y materiales para la situación más desfavorable o a sobrecargar los recursos existentes.
- **Muri:** Hace referencia a una sobrecarga sobre el personal o la maquinaria. La sobrecarga de las máquinas genera averías y defectos mientras que la sobrecarga de las personas genera problemas de seguridad y calidad.

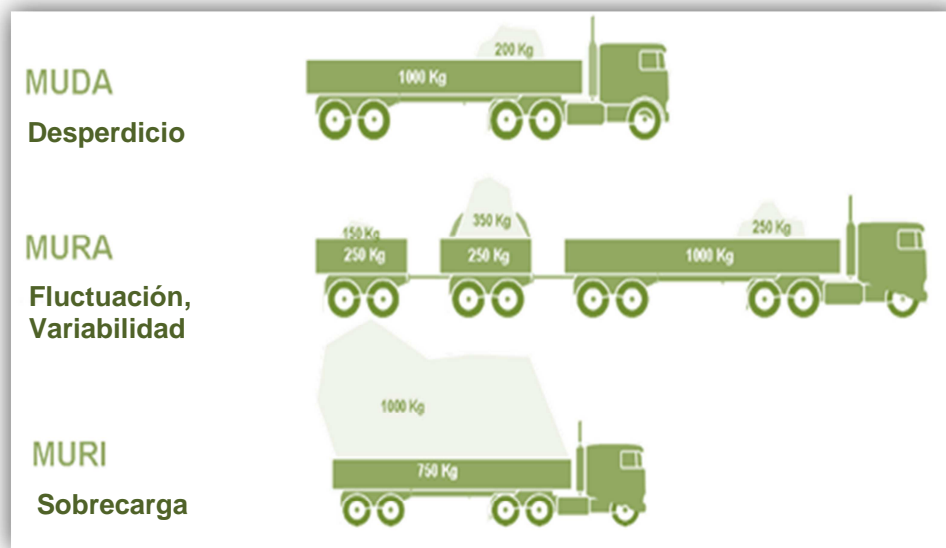


Figura 2.3: “Las principales diferencias entre MURI, MURA y MUDA.”
Fuente: <http://avpsonline.com>. “Lean Manufacturing” Carlos Cagna Vallino, 2013.

6.1 Los 7 desperdicios.

Según Rajadell Carreras M. y Sánchez García J.L, (2010) un proceso agrega valor al producir bienes o brindar un servicio por el que un cliente pagará. Un proceso consume recursos, y los residuos aparecen cuando se consumen más recursos de los necesarios para producir los bienes o la prestación del servicio que el cliente realmente quiere.

Reducir los desperdicios es una manera efectiva de aumentar la rentabilidad es por ello que es imprescindible hacer foco en su eliminación.

Los siguientes “siete residuos” identifican los recursos que son comúnmente desperdiciados. Fueron identificados por Taiichi Ohno como parte del Sistema de Producción Toyota.





Figura 2.4: Esquema de los 7 residuos según Taiichi Ohno.
Fuente: <http://blog.iedge.eu/>, José Manuel Yagüe, 2014.

Transporte y movimientos innecesarios:

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación del material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deben estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario.

Por otro lado, mientras más veces se muevan los artículos de un lado a otro, mayores son las probabilidades de que resulten dañados.

Características:

- Los contenedores son grandes, pesados, o en definitiva difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales dentro del proceso.
- Las carretillas o pallets circulan vacíos por planta.



Propuesta de mejora:

- *Layout* del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción y distribución en flujo, para tener cada pieza de trabajo moviéndose a través de la cadena de procesos de la forma que sean correctamente procesados en el tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes.

Inventario excesivo

Inventario, ya sea en forma de materias primas, productos en proceso o también conocido como *WIP*, o productos terminados, representa un desembolso de capital que aún no ha producido un ingreso ya sea por el productor o para el consumidor.

Es importante destacar que un excesivo nivel de inventario oculta las verdaderas causas de los problemas que enfrenta la empresa, ya que frente a un desperfecto se recurre al inventario ocioso y al solucionar el problema se deja de lado la investigación de la causa raíz.

Características:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recurso humanos adicionales para inspección.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja moral de los operarios.

Propuestas de mejora

- Automatización con un toque humano (*Jidoka*) y estandarización de las operaciones.
- Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (*Andon*)
- Sistema a prueba de errores (*Pokajoke*)
- Implantación de mantenimiento productivo.
- Aseguramiento de la calidad, evitando el control al final del proceso
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo
- Establecimiento del control visual empleando herramientas como *kanban*, *5S's* y *andon*.

Tiempo de espera

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. Los procesos establecidos pueden provocar que algunos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo.



Un cliente nunca estará dispuesto a pagar el tiempo perdido durante la fabricación de su producto, así que es preciso estudiar como usar estos tiempos o bien como eliminarlos.

Características:

- El operario espera a que la maquina termine.
- La maquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.

Propuesta de mejora:

- Nivelación de la producción. Equilibrado de línea.
- *Layout* específico de producto(Células en U)
- *Poka joke* (Sistemas o procesos a prueba de errores)
- Autonomatización (*Jidoka*)
- Cambio rápido de herramientas(SMED)
- Introducción a la formación en la propia línea de fabricación.
- Adiestramiento polivalente a los operarios.
- Evaluar el sistema de entregas de proveedores
- Mejorar el mantenimiento de la línea.

Sobre Procesamiento ó Procesos Inapropiados

El desperdicio por sobre proceso es el resultado de poner mas valor añadido en el producto que el esperado o valorado por el cliente, es decir, es la consecuencia de someter al producto a procesos inútiles (pintura, limpieza, entre otros.).En las empresas de servicios los despilfarros se manifiestan en procesos administrativos burocráticos, innecesariamente complejos.

Características:

- No existe estandarización de las mejores técnicas o procedimientos,
- Maquinaria mal diseñada o de capacidad incorrecta.
- Procesos burocráticos inútiles.
- Excesiva información.
- Falta de especificaciones y ejemplos claros del trabajo.

Propuesta de mejora:

- Diseño del proceso más apropiado mediante un flujo continuo unitario.
- Análisis y revisión detallada de las operaciones y los procesos.
- Mejora de plantillas empleando el concepto de la automatización humana.
- Estandarización de los procesos.



Sobre Producción

El desperdicio se produce cuando se fabrica más cantidad de la requerida, o se invierte o diseñan equipos con mayor capacidad de la necesaria. Lo más perjudicial es que no incita a la mejora, ya que pareciera que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, representa un consumo inútil de material, se incrementan transportes internos y se llenan de Stock los almacenes.

La causa de este despilfarro radica en el exceso de capacidad, fabricando productos en exceso. En las empresas de servicios la sobreproducción se manifiesta en informes, proyectos y catálogos, para los cuales nadie tiene interés.

Características:

- Gran cantidad de Stock.
- Equipos sobredimensionados.
- Flujo de producción no balanceado.
- No hay prisa para atacar los problemas de calidad.
- Tamaño grande de lotes de fabricación.
- Excesivo material obsoleto.

Propuestas de mejora:

- Lote unitario de producción
- Implementación del sistema *pull*.
- Operaciones simples de cambio de herramientas (SMED)
- Reducción de horas de trabajo de los operarios
- Nivelación de la producción
- Establecer un programa de estandarización de las operaciones para mantener la sincronía con el proceso de producción.

Re-trabajos:

Cada vez que aparecen imperfecciones, se incurre en costos adicionales reelaboración de la parte, reprogramación de producción, etc. Los defectos en la práctica a veces puede duplicar el costo de un solo producto. Esto no debe ser transmitido al consumidor y debe ser tomado como una pérdida.

Se considera un despilfarro más a los 7 desperdicios propuestos por Taiichi Ohno y es el “Desperdicio del talento humano”. Este tipo de despilfarro es complementarios a los mencionados anteriormente, y es la no utilización de la inteligencia, imaginación y creatividad de la personas, Sin lugar a dudas, este despilfarro es el más grave y oneroso de todos los despilfarros.

Finalmente el autor considera oportuno citar el siguiente aporte de para completar la descripción de los despilfarros en una empresa.



El despilfarro no solo debe buscarse en el ámbito de la producción sino también en la administración de la empresa, lo cual obliga a considerar dos áreas de despilfarro potencial: La información y el desprecio de la capacidad creativa de los empleados. Una empresa que no pueda aprender como captar, reunir, compartir, y procesar la información que posee y la capacidad creativa de sus empleados, es una empresa que nunca alcanzará el nivel lean.

(Rajadell Carreras; Sánchez García J., 2010)

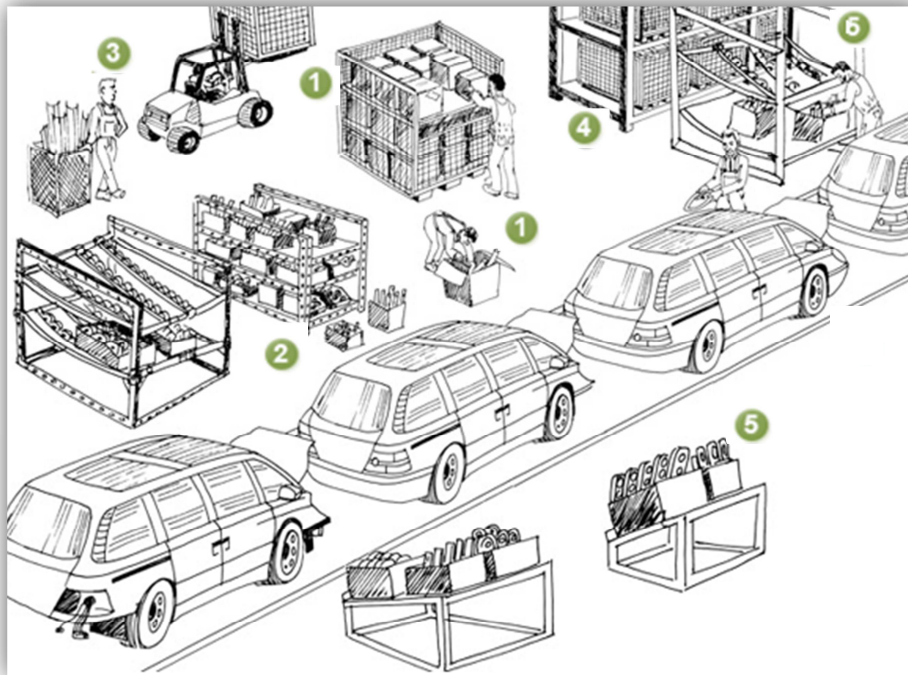


Figura 2.5: Ejemplo de los 7 residuos en una línea de producción.

Fuente: <http://www.vision-lean.es>. "Mudas del sistema de producción tradicional", 2008.



7. Algunas herramientas del Sistema de Producción Toyota.

No existe un criterio unificado entre los autores que estudian e implementan la filosofía lean, de cuales son la totalidad de las herramientas que lo constituyen, como tampoco de la secuencia de implementación.

A continuación se proponen aquellas herramientas que pueden contribuir a una exitosa implementación de la herramienta SMED objeto de este proyecto.

Herramienta	Principal exponente	Principal Objetivo	Implantación en la empresa de estudio
Heijunka	Taiichi Ohno	Producción flexible en pequeños lotes.	No
Sistema de producción pull	Taiichi Ohno	Atar el proceso productivo a la demanda del cliente.	No
Kanban	Taiichi Ohno	Control armónico de la producción	No
5 S's	Taiichi Ohno	Crear la disciplina en los trabajadores.	Si
Kaizen	Masaki Imai	Mejora continua	Si
Jidoka	Shingeo Shingo	Control autónomo de los defectos por parte de los operarios.	Aplicación parcial
Poka-Yoke	Shingeo Shingo	Prevenir los errores y eliminar los defectos	Aplicación parcial
Andon	-	Alertar la presencia de una anomalía	Aplicación parcial
Mantenimiento productivo Total	Seiichi Nakajima	Incrementar la efectividad total del equipo (OEE)	Aplicación parcial
SMED	Shingeo Shingo	Permitir el cambio de un producto a otro lo más rápido posible.	Se pretende implementar para 2015

Tabla 2.1: Resumen de las herramientas de la filosofía lean que se abordan en este proyecto.



7.1 Heijunka: Producción equilibrada

Es una técnica que adapta la producción de la organización a la demanda fluctuante del cliente, involucrando toda la cadena de valor desde los proveedores hasta el cliente final.

El objetivo es equilibrar las líneas de producción para flexibilizar el sistema productivo, permitiendo una mezcla de productos que vienen a satisfacer las variantes requeridas por los diferentes clientes, cuya demanda es fluctuante. Se busca producir lotes pequeños de muchos modelos, productos libres de defectos y en cortos periodos de tiempo en lugar de ejecutar grandes lotes de una modelo.

Lo ideal es poder producir *one piece flow* (pieza a pieza) donde cada producto pasa de una estación a otra en el mismo momento en que se termina de procesar, sin tener que esperar a la formación de un lote completo. Se busca que fluya lo más continua y rápidamente por cada una de las operaciones del proceso tratando de evitar acumulaciones entre máquinas y eliminando los grandes WIP's (Trabajos en progreso o inventarios intermedios).

Con lo anterior, se tiene una inmediata visibilidad de cualquier problema que surja en la línea de producción, ya que al haber una pieza defectuosa y no existir (o ser muy reducido) el material adicional en WIP's, se parará la producción, exigiéndose la resolución inmediata de la causa raíz que origino el problema.

El uso de *Heijunka* obliga a la estandarización para asegurar que no se vuelva a repetir el mismo problema, debiéndose incorporar:

1. SMED para efectuar los cambios rápidos.
2. *Pokajoke* para prever y evitar errores.
3. TPM para prevenir fallos en la maquinaria.
4. *Andon* para una inmediata visualización de la operación y el rápido enfoque de cualquier problema que surja.
5. *Kanban* para tener la cantidad con la calidad requerida.

Si no se cuenta con dichas herramientas bien desarrolladas, no será posible la adecuada implementación de *Heijunka* para realizar la mezcla de productos en una producción ajustada multiproducto.

Heijunka significa nivelación o alisamiento de la producción con compensación de las cargas de trabajo. Consiste en establecer una producción equilibrada, mediante un mecanismo de planificación de la producción en pequeños lotes de diferentes modelos o tipos de productos en periodos pequeños de tiempo producidos en la misma línea, amortiguando las variaciones de la demanda del cliente. Al equilibrar la producción se pasa de una línea dedicada a un solo producto, la cual es sensible a las a las variaciones de las ventas, y se convierte en una línea flexible, capaz de fabricar varios tipos de productos.



Si se considera un periodo suficientemente grande de tiempo, los pedidos de los clientes son relativamente constantes, en este caso las variaciones de la producción se deben a falencias del sistema productivo de la propia empresa.

Si se considera un periodo pequeño de tiempo, los pedidos de los clientes son bastante fluctuantes, esto puede ser atacado por la empresa mediante la aplicación del *one piece flow* o tamaño de lote unitario, que lleva a las empresas a intentar realizar un ajuste instantáneo frente a la demanda del cliente.

Toyota trató durante mucho tiempo de equilibrar su producción usando solamente *Kanban* y JIT, que implican trabajar con la mínima cantidad de recursos (energía, personal, inventarios, entre otros.) encontrándose que inevitablemente se enfrentaba a la aparición de los desperdicios, lo que se agravaba notablemente cuando se presentaba un nivel variable de órdenes de producción para una familia de productos, fluyendo a través del mismo proceso de producción. Para solucionar este inconveniente, la empresa debería ejecutar programas nivelados logrando conseguir que la producción y los recursos que esta emplea, se distribuyan de la forma más uniformemente posible a lo largo del tiempo y así poder cumplir con las expectativas del cliente.

El concepto *Heijunka* engloba dos ideas de estabilización de la manufactura:

- Equilibrar el volumen de la producción
- Nivelar por tipo de producto o mezcla de productos.

7.1.1 Producción tradicional vs. Producción LEAN:

Para comprender el objetivo de la herramienta *Heijunka* es importante conocer las principales características del sistema de producción tradicional frente al sistema de producción que propone la filosofía lean.

A. Producción tradicional:

El modelo de producción tradicional basa su competitividad en la productividad de todos los elementos que integran el sistema: máquinas de gran capacidad con el mayor nivel de automatización posible y por otra parte personal especializado experto en operaciones concretas, sobre un gran volumen de productos que integran los lotes de producción lo que permite la reducción de costos derivado de las economías de escala.

Algunas características del modelo tradicional:

- Operativa centrada en optimizar los procesos, operación a operación, de forma independiente, maximizando la productividad de cada una de ellas en detrimento del equilibrio total. Esto es así, porque cada estación de trabajo tendrá su ritmo de producción, por lo que si todos ellos operan a su máximo nivel, este será distinto para cada una, y en consecuencia, el proceso se encontrará en conjunto desequilibrado.



El desequilibrio se absorberá con stock entre puestos, que es lo que los hará realmente independientes entre sí.

- Producción con enfoque push sobre previsiones, que supone que la producción se lleva a cabo con la máxima capacidad posible, para después empujarla al mercado hasta lograr colocarla, incluyendo rebajas, liquidaciones y saldos.
- Grandes lotes de producción, tratando de aprovechar al máximo las economías derivadas de operar a gran escala.

Ventajas:

- Disminuye el tiempo de preparación de la maquinaria por unidad de producto fabricado.
Generalmente, la fabricación en grandes lotes esta asociado a elevados tiempos de preparación de las máquinas. La única forma de que los tiempos de preparación elevados supongan costes bajos es que el porcentaje de tiempo de preparación se distribuya reducido entre una gran cantidad productos.
- Una segunda ventaja se relaciona con el hecho de que fabricar en grandes lotes trae como consecuencia acumular en el almacén una gran cantidad de existencias, lo que va a permitir que ante oscilaciones en la demanda, esta se pueda cubrir con las existencias almacenadas.
A su vez contar con inventario va a servir como colchón frente a averías de las máquinas, huelgas de los trabajadores, entre otros.

Desventajas:

- La acumulación de existencias implica mayores costes por tener las existencias en el almacén, lo que implica disponer de personal, maquinaria, energía, entre otros, dependiendo del tipo de producto.
- Las existencias o componentes almacenados pueden deteriorarse, perder valor, perder calidad o quedar obsoletos.
- La fabricación en grandes lotes está relacionado con posibles retrasos en el servicio de los pedidos a los clientes.
El hecho de fabricar en grandes lotes supone que primero se fabrica todo la cantidad requerida de un tipo de producto, y recién cuando este lote se finaliza, se comienza con la fabricación de otro tipo y así sucesivamente. Si en un momento determinado se agotan las existencias de un determinado tipo de producto y no es ese el que se está fabricando en ese momento, hasta que no pase el plazo para volver a iniciar la producción de ese tipo de producto no se podrá fabricar ya que la preparación de las máquinas es muy costosa. Como consecuencia, se producirá un retraso en las entregas a los clientes de ese tipo de producto y esto puede llevar a que el nivel de satisfacción del cliente disminuya.



B. Producción lean.

El modelo de producción lean, pretende gestionar el proceso en flujo continuo, unidad a unidad o en pequeños lotes, para lo que será conveniente una disposición en flujo con las operaciones lo más cercanas posibles, para resolver los problemas que conlleva el proceso (stocks, tiempos de espera, tiempos de preparación, entre otros), será conveniente equilibrarlo o balancearlo, igualando el tiempo total de las tareas de los distintos puestos de trabajo. El equilibrado, junto al hecho de mover el producto en pequeños lotes (uno a uno si es posible), tendrá como consecuencia la reducción de stock y los problemas mencionados anteriormente.

A continuación se muestra un cuadro comparativo con las principales diferencias entre los modelos de producción tradicional y modelo de producción lean.

Criterios	Modelo Tradicional	Modelo Lean.
Alcance de la planificación	Planificación para la máxima capacidad.	Planificación para la demanda real.
Disposición operativa	Disposición funcional.	Disposición en flujo.
Distancias entre centros de trabajo	Distancias elevadas entre los centro de trabajo.	Distancias reducidas al mínimo
Enfoque de gestión	Gestión independiente de cada actividad	Gestión enfocada al proceso
Tipo de producción	Operativa a gran escala	Operativa a pequeña escala
Stock	Gran volumen de Stock	Stock minimizado y controlado
Saturación de máquinas	Capacidad saturada	Capacidad excedente
Competencia del personal	Personal especializado	Personal polivalente

Tabla 2.2: Diferencias entre el enfoque tradicional y el enfoque lean.

Fuente: Lluís Cuatrecasas Arbós, 2010, p90.

Finalmente, la producción nivelada considera la demanda mensual de los clientes, lo que permite determinar las cantidades diarias a producir y los tiempos de cambio. Un sistema de producción nivelado balancea diariamente la producción de todos los productos para conseguir un flujo continuo. Por otro lado, el sistema de producción tradicional por lotes produce un determinado producto, hasta alcanzar la demanda del cliente, realiza los cambios correspondientes y comienza a fabricar el siguiente producto, hasta alcanzar la demanda mensual, Esta forma de producir se basa en las economías de escala.



7.1.2 Ejemplo práctico de producción tradicional frente a la producción nivelada.

Para comprender mejor el concepto se expone un ejemplo práctico:

Consideremos 4 productos:

Productos	Demanda mensual
A	250
B	210
C	190
D	150

El comportamiento de la producción en una empresa con un enfoque tradicional:

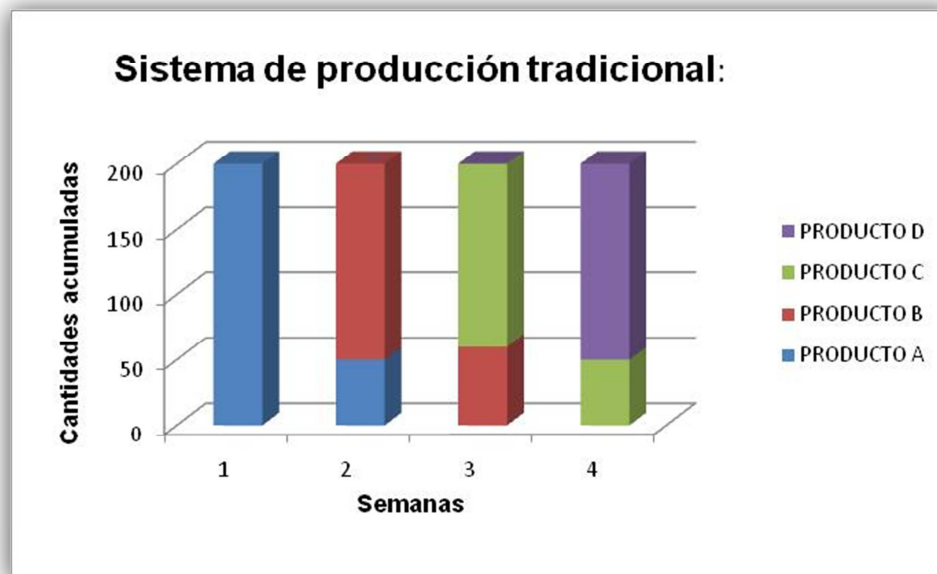


Gráfico 2.1: Producción mensual de 4 productos bajo el enfoque tradicional de producción por lotes.

Se observa claramente, que primero se produce el producto A hasta alcanzar la demanda del cliente, luego el producto B y así sucesivamente.



Ahora obsérvese el comportamiento de la producción en una empresa con un enfoque nivelado:

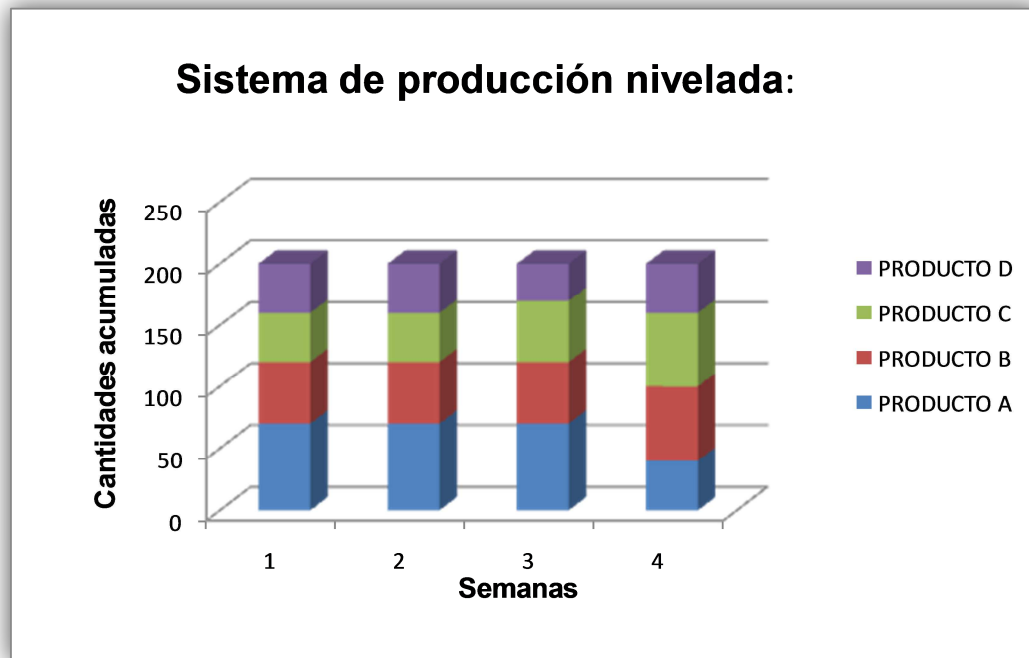


Gráfico 2.2: Producción mensual de 4 productos bajo el enfoque nivelado de producción por lotes.

Se ve a simple vista la nivelación, en cada semana se produce el mix completo de productos, A, B, C y D, cada uno de ellos a una tasa prácticamente constante.

En el caso de que se produzca algún problema en la línea, desde una avería en la maquinaria, falta de operario calificado para el proceso determinado, falta de materia prima, falta de medios logísticos entre otros, trabajando con una programación con lotes con el enfoque tradicional, es probable que alguno de los productos no se pueda fabricar, lo que se traduciría inmediatamente en una falta de suministro al cliente.

Por el contrario una producción equilibrada donde los lotes son pequeños y el cambio de un modelo a otro se realiza de manera permanente, se puede asegurar el cumplimiento del pedido del cliente, ya que se aumenta el porcentaje de fabricación para cada uno de los productos.



Analicemos el comportamiento de la producción por lotes para el enfoque tradicional y el enfoque nivelado frente a la aparición de una falla en la maquinaria de producción. Consideremos que una empresa fabrica diariamente 600 productos A, 200 productos B, 500 productos C y 100 productos D, en ese orden.

Productos	Demanda mensual
A	600
B	200
C	500
D	100

Analicemos que ocurre si se presenta una avería en el equipo de producción, justo antes de comenzar a producir el producto C.

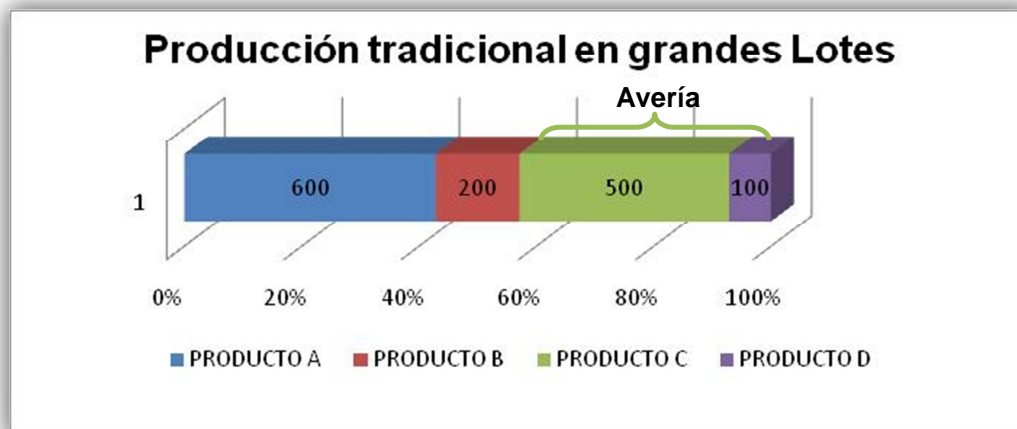


Gráfico 2.4: Producción diaria de 4 productos bajo el enfoque tradicional y presentación de una avería en los equipos de producción.

El gráfico muestra que al producir en grandes lotes:

- el cliente A recibiría 600 artículos (100% de su pedido).
- el cliente B recibiría 200 artículos (100% de su pedido).
- el cliente C recibiría 200 artículos (0% de su pedido).
- el cliente D recibiría 50 artículos (50% de su pedido).

De esta forma se tiene a 2 clientes satisfechos, 1 cliente insatisfecho y el último cliente satisfecho parcialmente.



Ahora bien, si se trabaja con lotes más pequeños, supongamos lotes de 100 unidades y con cambio de serie más frecuentes:

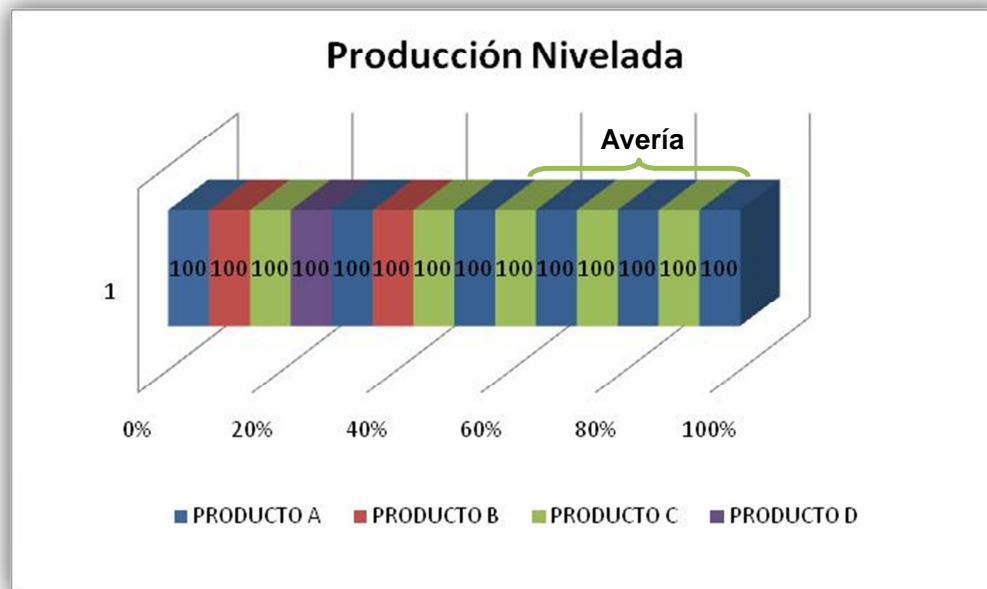


Gráfico 2.5: Producción diaria de 4 productos bajo el enfoque nivelado de pequeños lotes y presentación de una avería en los equipos de producción.

El gráfico muestra que al producir en pequeños lotes:

- el cliente A recibiría 300 artículos (50% de su pedido).
- el cliente B recibiría 200 artículos (100% de su pedido).
- el cliente C recibiría 200 artículos (40% de su pedido).
- el cliente D recibiría 100 artículos (100% de su pedido).

De esta forma se tiene a 2 clientes satisfechos, y los otros 2 clientes satisfechos parcialmente, lo que significa que la empresa logrará un mayor nivel de satisfacción general por parte de los clientes.

Otro caso que pone de manifiesto los beneficios de la producción por lotes pequeños por sobre la producción de lotes grandes ocurre cuando la empresa debe cambiar de modelo rápidamente en función de un pedido de urgencia por parte del cliente, algo que normalmente ocurre en la industria automotriz. Si se trabaja con grandes lotes de producción resultará bastante complicado cambiar de un producto a otro, ya que primero debe terminarse el lote que está en producción según lo planificado y preparado. Si por lo contrario se trabaja con lotes pequeños, se dispone de mayor flexibilidad al efectuar un cambio de modelo.



7.2 Sistema de producción “Pull”.

Este es uno de los conceptos sobre el que se basa el JIT, uno de los 2 pilares del sistema de Producción Toyota. El autor considera oportuno destacar una frase que define el principio básico de la metodología:

“You don’t never make nothing and send it no place. Somebody has to come get it.” (“Uno nunca hace algo y lo envía a ninguna parte, alguien debe venir a buscarlo”)

(Hall, 1983)

La estrategia de producción utilizada en los enfoques tradicionales es la de empuje o “Push” empuja los materiales hacia las estaciones de trabajo posteriores independientemente de si es oportuno o de la disponibilidad de recursos para realizar el trabajo. Se basa en la premisa de que es mejor anticipar a las necesidades antes de que estas se produzcan.

Esta forma de producción genera, a partir de pedidos en firme y previsiones, las órdenes de aprovisionamiento y producción, que se controlan mediante un sistema de información centralizado.

Así, el Plan de materiales es comunicado a todos los centros de trabajo, actuando éste como orden y autorización de fabricación lo que desencadena el lanzamiento de los correspondientes procesos productivos, suministrando la fabricación obtenida al siguiente puesto en el proceso productivo.



Figura 2.6: Esquema de producción “push”.

En estos sistemas, cualquier desviación con respecto a la programación da lugar a problemas, algunos de los cuales se pueden transformar en acumulaciones innecesarias de productos en curso. Además por actuar de forma centralizada, y por trabajar con tamaño de lotes y tiempos de suministros supuestamente constantes y predeterminados, cualquier cambio en la programación inicial puede dar lugar a una serie de dificultades. Para hacer frente a ellas, se emplea la reprogramación y, en su caso el mantenimiento de cierto nivel de inventarios de seguridad.

La estrategia de arrastre o “Pull” tiene como objetivo que el material sólo se produce cuando se solicita y se traslada allí a donde hace falta y justo cuando hace falta. Dentro del proceso de producción, cada etapa retira del proceso



anterior lo que necesita para realizar su tarea, lo que mejora la coordinación entre los diferentes sectores productivos.

El programa de producción solo es comunicado como orden de fabricación al puesto de montaje final, desencadenando este todo el proceso de producción a medida que retira los componentes necesarios para montar los productos finales.

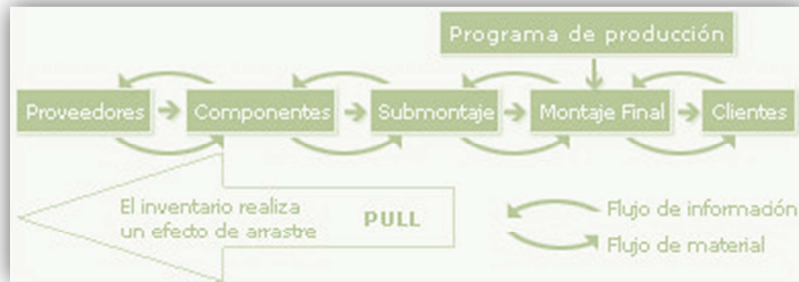


Figura 2.7: Esquema de sistema producción “pull”.

El concepto de arrastre se utiliza tanto en el proceso de producción propiamente dicho como con los proveedores. El Sistema *Pull* consiste en crear una red de clientes-proveedores dentro de la organización. En el sistema *pull* quien determina la cantidad y velocidad de producción de la fábrica es el cliente.

Al arrastrar del material a lo largo del sistema en lotes pequeños conforme va haciendo falta, el inventario que esconde los problemas se elimina, los problemas se hacen evidentes y se pone énfasis en la mejora continua, por trabajar con el mínimo inventario, también se reduce la inversión en inventario y el tiempo de ciclo de fabricación.

Criterios	Sistemas de Producción “Push”	Sistemas de Producción “Pull”
Consigna de producción	“Produzca solo por si acaso es necesario”	“Produzca solo lo que es necesario solo cuando haga falta”
Programa de producción	Producción en cantidades aproximadas.	Producción en cantidades precisas.
Propuesta frente a la demanda	Se anticipa al consumo.	Se adapta al consumo.
Tamaño de lotes	Grandes lotes	Pequeños lotes.
Volumen de inventarios	Altos niveles de inventario	Bajos niveles de inventario
Desperdicios	Desperdicios importantes	Reducción de desperdicios
Anticipación a los problemas	Control frente al problema en el lote terminado de productos finales.	Control visual que permite detectar problemas antes de finalizado el lote de productos finales.
Comunicación	Comunicación pobre	Mejora la comunicación.

Tabla 2.2: Sistema de producción “push” vs. Sistema producción “pull”.



7.2.1 Beneficios y limitaciones del sistema de Producción Pull:

Beneficios:

Costo unitario del producto más bajo.

- ✓ Nivel de inventario más bajo
- ✓ La cantidad de mano de obra se reduce debido a la eliminación de inspectores para controlar el stock intermedio y de productos terminados.
- ✓ Espacio reducido
- ✓ Menos re-trabajo

Altos niveles de calidad para el cliente

- ✓ Mejora el nivel de calidad en el proceso productivo.
- ✓ Se genera presión para enviar productos de buena calidad al proceso siguiente.

Mejora el nivel de servicio al cliente

- ✓ Tiempos de ciclo de fabricación más cortos
- ✓ Flujo de producción estable y predecible

Flexibilidad

- ✓ Evita la realización de trabajos tempranos.
- ✓ Alienta a una mejor utilización de la capacidad disponible.

Limitaciones:

De la misma forma con que este sistema es muy efectivo para reducir el inventario, no es un método aplicable para todo proceso productivo.

Es fundamental estar al tanto de la configuración de la cadena de suministro. Mientras que el stock de seguridad se encarga de la variabilidad de la demanda, se supone que no hay variabilidad en el suministro, ya sea en cantidad o tiempo de espera.

Si hay incertidumbre, el sistema Pull es incapaz de proteger a la empresa de estas variaciones. Esto puede ser particularmente grave para los artículos con un tiempo de entrega muy largo. Una estrategia de producción Pull no es necesariamente la mejor opción en esos escenarios. Se debe considerar cambiar a los proveedores regionales en lugar de depender de los proveedores mundiales de bajo coste para adoptar esta estrategia.

Respecto a la variación de la demanda, el stock de seguridad está destinado a apoyar sólo un cambio incierto de la demanda. De ahí que cualquier variación



conocida de antemano, como un gran pedido de una sola vez, se debe planificar de forma separada.

Para productos con gran demanda constante, el stock de seguridad calculado es muy bajo y, por tanto, se proponen existencias mínimas para estos artículos. Como alternativa para los artículos con demanda muy volátil, este enfoque se considera inadecuado.

A continuación se muestra una fotografía de dos máquinas expendedoras, que es uno de los ejemplos más gráficos de un sistema pull sincronizado.

El usuario retira el producto en la cantidad que desea, luego el repositor reemplaza los artículos extraídos exactamente en la cantidad que los consumidores se llevaron.



Fotografía 2.1: Sistema de pull sincronizado
Fuente: <http://www.cavapevending.com>



7.3 Kanban

7.3.1 Orígenes del sistema kanban.

Después de la segunda guerra mundial, los productos americanos entraron a Japón. A medida que cada vez más japoneses visitaban Estados Unidos, vieron la íntima relación entre el supermercado y el estilo de vida cotidiano en América. Consecuentemente, este tipo de almacén se convirtió en el furor de los japoneses debido a la curiosidad y a su tendencia de imitación.

En la década de los 50 aparecieron en Japón los supermercados estilo americano.

Es importante considerar que los métodos tradicionales japoneses hasta principio del siglo XIX, como por ejemplo la venta de medicamentos, se realizaba de puerta a puerta, yendo a la búsqueda de clientes para anotar los pedidos y practicando la venta ambulante de mercancías.

Taiichi Ohno fue el creador del concepto “pull system” que se describió en el punto anterior, este se materializa en la práctica mediante la implementación de un sistema de tarjetas denominado “kanban”.

Según Ohno(1988):

“La combinación de supermercados y automóviles puede parecer extraña. Pero durante mucho tiempo, desde que conocí el funcionamiento y composición de los supermercados americanos, establecimos una conexión entre estos y el sistema del justo a tiempo.

Un supermercado es un lugar en donde el cliente puede conseguir (1) lo que necesita, (2) cuando lo necesita y (3) en la cantidad que necesita....

....Desde el punto de vista del vendedor, no se pierde tiempo de transportando mercancías que tal vez no lleguen a venderse, mientras que el comprador no debe preocuparse de si debe comprar o no cantidades extras de un producto.

De los supermercados sacamos la idea de asimilar el primer proceso de una línea de producción como si se tratara de una especie de almacén. El último proceso (el cliente) se dirige al primer proceso (El supermercado) para adquirir las piezas necesarias en el momento y en la cantidad necesaria. El primer proceso reemplaza inmediatamente la cantidad que se ha llevado” (1988)

La primera aplicación de este sistema implementado por Taiichi Ohno se desarrollo en Toyota, más precisamente en el taller de maquinaria de la planta principal en 1953.



7.3.2 Definición del sistema kanban.

El sistema *kanban* o sistema de tarjetas se desarrollo para controlar la producción entre procesos y poder implementar la filosofía *JIT*. Su implementación permite minimizar *WIP*'s entre procesos y reducir el costo asociado con el mantenimiento de inventario.

Como se explico en el apartado anterior, la estrategia de arrastre o "*Pull*" tiene como objetivo que el material sólo se produce cuando se solicita y se traslada allí a donde hace falta y justo cuando hace falta.

El *kanban*, es un sistema basado en la estrategia de arrastre que se caracteriza por la utilización de una serie de tarjetas que dirigen y controlan la producción entre los distintos centros de trabajo.

La expresión proviene de la conjunción de las palabras Japonesas:

- 看 カン (Kan en Japonés), significa "visual,"
- 板 バン (Ban en Japonés) significa "tarjeta" o "tablero"

Se puede traducir como tablero o tarjeta de señalización.

El término japonés "*Kanban*", fue el empleado por Taiichi Onho para referirse al sistema de visualización empleado en los procesos de producción que coordinan en una cadena de montaje la entrega a tiempo de cada parte en el momento que se necesita.

La tarjeta es la autorización para que se produzca el siguiente contenedor de materiales. Normalmente existe una señal *kanban* para cada contenedor de artículos a elaborar.

Por cada *kanban*, se inicia entonces una orden para el contenedor correspondiente y es "tirada o arrastrada" desde el departamento de producción o desde el proveedor. Una secuencia de *kanbans* "tira" el material a través de la planta.

El sistema *kanban* asegura que se pueda satisfacer la demanda correspondiente al tiempo que se tarda en fábrica, mediante el uso de un almacén con un determinado nivel de stock. El almacén puede ser tanto un almacén entre dos puestos de trabajo o un almacén de o producto final, del que se retire este para el envío al cliente. La utilización de este sistema permite mantener un flujo constante, sin problemas de desabastecimiento de la demanda, aún cuando el ritmo de pedidos sea superior al ritmo constante de producción.



7.3.3 Principales tipos de *Kanban*:

***Kanban* de transporte o retiro de partes:**

Se mueven entre 2 puestos de trabajo e indican las cantidades de producto a retirar del proceso anterior.

Almacén n.º 4G8V			OPERACIÓN
Estantería: B-37			PRENSA P002
Pieza n.º 890003			
Descripción: pulsador lámpara			OPERACIÓN SIGUIENTE
Capacidad caja	Tipo de caja	Número caja	MONTAJE M022
50	C-34	2/3	
TARJETA KANBAN DE TRANSPORTE			

Figura 2.8: Esquema de un *kanban* de transporte.

Información necesaria:

- Identificación de ítem transportado
- Capacidad del contenedor
- Número de la orden de tarjeta y número de tarjetas emitidas
- Origen de la pieza
- Destino

***Kanbans* de producción:**

Se mueven dentro del puesto de trabajo y funcionan como orden de fabricación.

Almacén n.º 4G8V			OPERACIÓN
Estantería: B-37			MECANIZADO PROCEDIMIENTO M-0062
Pieza n.º 890003			
Descripción: pulsador lámpara			
Capacidad caja	Tipo de caja	Número caja	
50	C-34	2/3	
TARJETA KANBAN DE PRODUCCIÓN			

Figura 2.9: Esquema de un *kanban* de transporte.

Información necesaria

- Identificación del ítem a fabricar
- Identificación del centro de trabajo
- Capacidad del contenedor
- Identificación de los componentes.



7.3.4 Funcionamiento del sistema

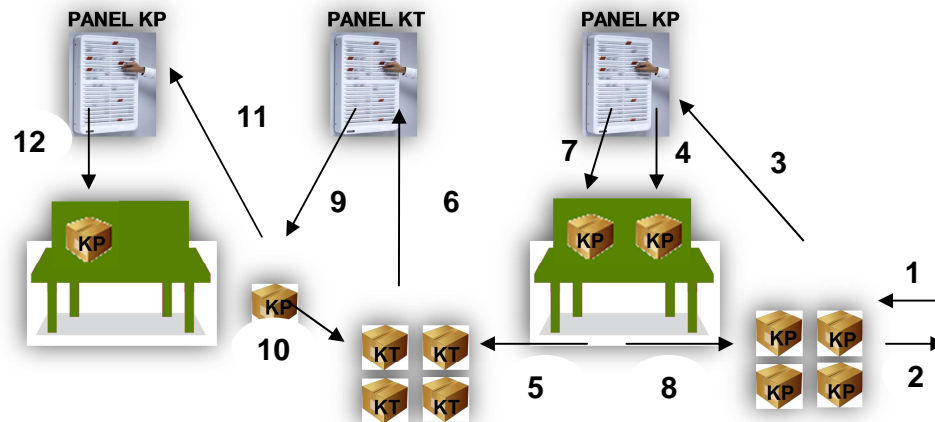


Figura 2.10: Esquema del funcionamiento del sistema kanban.

1. El cliente realiza un pedido.
2. El cliente se lleva una cantidad X que vacía un contenedor.
3. Se libera la tarjeta *kanban* de producción del contenedor vacío y se deja en su panel correspondiente.
4. El operario del centro de trabajo 2 recoge la tarjeta *kanban* de producción.
5. Para poder fabricar las unidades que indica la tarjeta, el operario del centro de trabajo retira las materias primas o componentes vaciando un contenedor.
6. Se libera la tarjeta *kanban* de transporte, dejándola en el panel KT.
7. Una vez que el operario del centro de trabajo 2 termina de fabricar las unidades que indica la tarjeta, las introduce en un contenedor y le asigna la tarjeta *kanban* de producción a la misma.
8. Se almacena el contenedor ,
9. El operario de transporte visualiza y recoge la tarjeta de *kanban* de transporte liberada en el paso 6.
10. Asigna dicha tarjeta al contenedor almacenado en el centro de trabajo 1 y lo transporta al centro de trabajo 2.
11. Como consecuencia de la operación anterior, se libera la tarjeta *kanban* de producción del contenedor transportado, ubicándola en su panel correspondiente.
12. El operario del centro de trabajo 1 visualiza y recoge la tarjeta *kanban* de producción.



7.3.5 Reglas para un buen funcionamiento del sistema:

Según Monden (1987):

- A. El proceso posterior recogerá del anterior, del lugar adecuado, los productos necesarios en las cantidades precisas.
 - ✓ Se prohíbe el retiro de piezas sin la autorización del correspondiente *kanban* de transporte.
 - ✓ Se prohíbe retirar más piezas que las indicadas en el *kanban*.
 - ✓ El *kanban* siempre deberá adherirse al producto físico.

- B. El proceso precedente deberá fabricar sus productos en las cantidades recogidas por el proceso siguiente.
 - ✓ No se fabricarán más piezas que las indicadas por los *kanbans* de producción
 - ✓ Cuando el proceso anterior fabrique varios tipos de piezas, su producción deberá seguir el mismo orden en que fueron depositados los respectivos *kanbans* de producción en el buzón.

- C. Los productos defectuosos nunca deben pasar al proceso siguiente

- D. El número de *Kanbans* debe disminuirse.

7.3.6 Calculo de numero de tarjetas en circulación:

El número de tarjetas a poner en circulación se calcula sobre la parte firme del programa maestro de producción.

El número de *Kanbans* requeridos es en función de la demanda de los componentes durante cierto tiempo de reposición (Fujimori y otros, 1977):

$$N \text{ KANBANS} \geq \frac{DMU * TR * (1 + CS)}{CC} \text{ (Unidad)}$$

Donde

DMU: Demanda media por unidad de tiempo durante el periodo firme.

TR: Tiempo de reposición de un contenedor (Este incluye los tiempos de transporte, de fabricación, esperas y vaciado)

CS: Coeficiente de seguridad ($1 \geq CS$)

CC: Capacidad del contenedor.



7.3.7 Beneficios de la utilización del sistema

Según Taichi Ohno:

- Facilita información de retirada o transporte.
- Facilita información de producción
- Previene el exceso de producción y el transporte innecesario
- Sirve como pedido de fabricación adherido a los productos-
- Previene los productos defectuosos al identificar el proceso que los produce
- Revela los problemas existentes y mantiene el control de Stock.

7.3.8 Desventajas de la utilización del kanban

- Un plazo de abastecimiento demasiado grande excluye la elección del método Kanban. Pues tendría muy desocupados a los trabajadores.
- El sistema no tiene ninguna anticipación en caso de fluctuaciones muy grandes e imprevisibles en la demanda. Puede anticiparse a ellas pero no solucionarlas.
- Es difícil de imponerles este método a los proveedores.
- Las aplicaciones son limitadas (solamente para una producción continua o repetitiva). El método KANBAN es aplicable a producciones de tipo "masa" para las cuales el número de referencias no es muy elevado, y la petición es regular o a reducidas variaciones.
- Reducir el número de Kanban sin aportar de mejoramientos radicales al sistema de producción, arrastrará retrasos de entrega y de espera entre operaciones y en consecuencia, pérdidas importantes.
- Ha sido difícil su implementación en organizaciones occidentales. Una de las principales causas de ello, las diferencias culturales con las empresas de oriente, en donde nace este concepto

7.4 Las 5S's

7.4.1 Origen de las 5 S'S

La metodología recibe el nombre de 5 S's ya que la S es la inicial de las 5 palabras japonesas que tienen como objetivo la sistematización de las actividades de almacenamiento, organización y limpieza de los lugares de trabajo. Aunque tiene formato de metodología, las 5 S's proponen un movimiento orgánico cultural de la organización.

Según la empresa "Quality assurance solutions" (Empresa destinada a la venta de software, manuales de entrenamiento para el aseguramiento de la calidad), los orígenes de las 5S's se remontan a una visita de, Sakichi Toyoda (Fundador de Toyota), su hijo Kiichiro, y el ingeniero Taiichi Ohno a la línea de montaje de FORD de los Estados Unidos.



Se sostiene que durante la visita, los actores, aun sorprendidos por el la enorme maquinaria utilizada en el proceso de fabricación se sintieron altamente consternados por el gran desperdicio que los rodeaba. A pesar de que era una línea de montaje, había una importante espera de un paso de ensamble al otro y había productos terminados apilados por doquier.

“El objetivo final de las 5S’s es generar en cada empleado el sentimiento de pertenecía sobre el proceso”

Las 5 S’s derivan de 5 palabras japonesas que ordenan y explican el sentido de la ejecución de este movimiento de la cultura de la organización, cada una de ellas se explica a continuación.



Figura 2.11: Esquema de las 5 S’s.
Fuente: <http://www.ifiveconsultants.com>

7.4.2 Descripción de las 5 S’S

7.4.2.1 Seiri (Clasificar/Apartar)

Se debe conservar lo que sea necesario y apartar todo lo demás del área de trabajo. Consiste en identificar todos los artículos que no aportan valor al trabajo en cuestión y luego se procede a retirarlos del área, de esta manera, se gana espacio y generalmente mejora el flujo de trabajo.

7.4.2.2 Seiton (Simplificar/Ordenar)

Se debe ordenar y analizar los métodos de trabajo para mejorar el flujo de trabajo y reducir los movimientos inútiles. Todo elemento que se encuentra en el puesto de trabajo debería estar etiquetado y fácil de hallar a simple vista.



7.4.2.3 **Seiso (Limpieza)**

Se debe limpiar diariamente, suprimir todo tipo de suciedad, contaminación y desorden en la zona de trabajo.

7.4.2.4 **Seiketsu (Estandarizar)**

Para eliminar las variaciones normales de los procesos, se deben desarrollar procedimientos estándares y listas de chequeo; buenos estándares hacen que todo lo que este fuera de lugar se ponga en evidencia. Es esencial formar al equipo de trabajo para que cuando se produzcan anomalías puedan ser detectadas por todo el equipo. De esta forma se va a poder mantener y mejorar los logros obtenidos.

7.4.2.5 **Shitsuke (Educación moral/Disciplina)**

Se debe revisar periódicamente el status de las 5S's, lo que permite reconocer los esfuerzos y motivar de forma que se mantenga el progreso obtenido.

Mientras que la metodología popular es la de las 5S's, algunas organizaciones deciden modificarlo añadiendo uno o más pasos. Los más comunes, que se utilizan junto con la primera de cinco para crear 7/8 S's, son la seguridad, el mantenimiento y el Espíritu.

Seguridad:

Requiere atención a la seguridad durante todo el resto de pasos. Es especialmente importante en entornos de fabricación y de laboratorio, y en otros contextos en donde se pueden encontrar equipos o sustancias potencialmente peligrosas, y quizá menos prominente en entornos de oficina.

Soporte/Mantenimiento:

Requiere reducir la variabilidad, el tiempo inactivo no planificado y los costos. Se busca integrar las actividades diarias de limpieza con el mantenimiento preventivo.

Espíritu:

Como los líderes comprenden el impacto de la cultura de la empresa y la importancia del respeto a los empleados, la necesidad de este componente adicional se vuelve claro. Mientras que muchas organizaciones implementan con éxito el método tradicional 5S, muchas otras están optando por añadir el Espíritu como una pieza adicional para hacer explícita la importancia del factor humano y la necesidad de mantener continuamente en mente mientras se llevan a cabo otros pasos.



7.4.3 Los beneficios de las 5S's

- Genera cultura organizacional.
- Mejora las condiciones de trabajo. Generan un ambiente en el que los trabajadores pueden trabajar más fácilmente.
- Reduce los accidentes de trabajo, debido a que las áreas más limpias y ordenadas son más seguras.
- Mejorar la moral del personal. Es más agradable y seguro trabajar en un sitio limpio y ordenado lo que redundará en una mayor motivación de los empleados.
- Incentiva a los colaboradores a participar mediante el sistema de sugerencias.
- Permite reducir gastos de tiempo y energía y otros recursos productivos, promoviendo un aumento en la productividad y la eliminación de los desperdicios.
- Aumenta la vida útil de los equipos e infraestructura de la empresa.
- Mejora la calidad de la producción.

Los beneficios de esta herramienta se pueden medir tanto en productividad (Producir más con menos) como en la satisfacción del personal. Es importante destacar que la aplicación de esta metodología tiene un impacto a largo plazo por lo que es indispensable contar con paciencia y perseverancia.

La implementación de las 5S's muchas veces es sugerida previo a la implementación de otras herramientas de la filosofía LEAN ya que para la implementación de cualquiera de ellas es necesario la disciplina y la metodología de las 5S's hace hincapié en la formación de hábitos de limpieza, orden, algunos referentes en el tema consideran comenzar con 2 años de campaña de 5S's previo a la implementación de otra herramienta del LEAN.

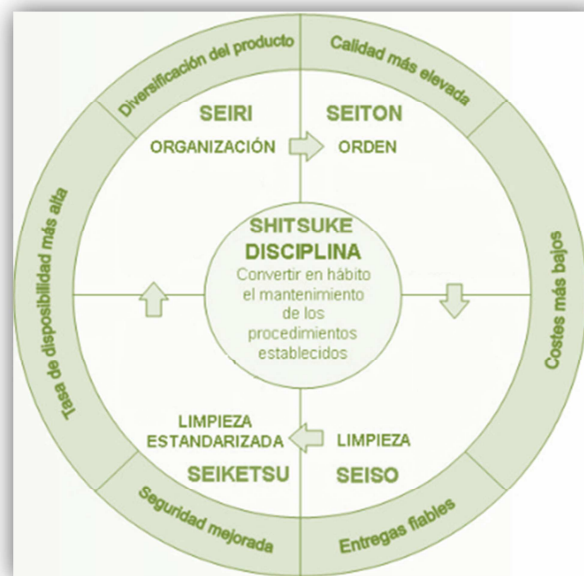


Figura 2.12: Esquema de los beneficios de implementar 5 S's
Fuente: <http://queaprendemoshoy.com/>, Esteban Peinado de Haro, 2013.



7.5 Kaizen.

7.5.1 Orígenes y definición:

El *kaizen* es una metodología, un sistema y al mismo tiempo una filosofía que tiene sus orígenes en Japón, es considerado como un factor fundamental para la competitividad de ese país a nivel mundial, Comenzó a aplicarse a las actividades productivas luego de la segunda guerra mundial, como resultado de la necesidad de reconstruir la economía desbastada.

Este concepto tiene una aplicación muy amplia, abarcando desde los procesos de manufactura, en la vida social, y en el mundo de los negocios.

Puede ser considerado como un armonioso método de mejora continua que se destaca por su sencillez y sentido práctico, que permite desarrollar una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, es decir orientada a la mejora. Se caracteriza por lograr mejoras en pequeños pasos, sin grandes inversiones monetarias, con la participación de todo el personal de la organización e implementación casi inmediata.

Es importante destacar, que da participación a todos los trabajadores dentro de una organización, desde la alta gerencia hasta el personal de limpieza.

La expresión, proviene de la conjunción de las siguientes palabras:

- 改 (*Kai* en japonés) significa 'cambio' o 'la acción de enmendar'.
- 善 (*Zen* en japonés) significa 'bueno' o 'beneficioso'.

En conjunto significan la acción del cambio y el mejoramiento continuo, gradual y ordenado, o dicho de otro modo "cambio para mejorar".

El autor considera incluir una frase del creador del concepto:

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

Masaki Imai (1930)

7.5.2 Kaizen vs. Mejora continua

Adoptar el *kaizen* es asumir la cultura de mejoramiento continuo que se centra en la eliminación de los desperdicios y en los despilfarros de los sistemas productivos que propone la filosofía *lean*.



La mejora del *kaizen* tiene algunas características que la diferencian de la innovación. La innovación implica un progreso cuantitativo que genera un salto de nivel, generalmente se produce por el trabajo de expertos, sin embargo, el *Kaizen* consiste en una acumulación gradual y continúa de pequeñas mejoras hechas por cualquier empleado.

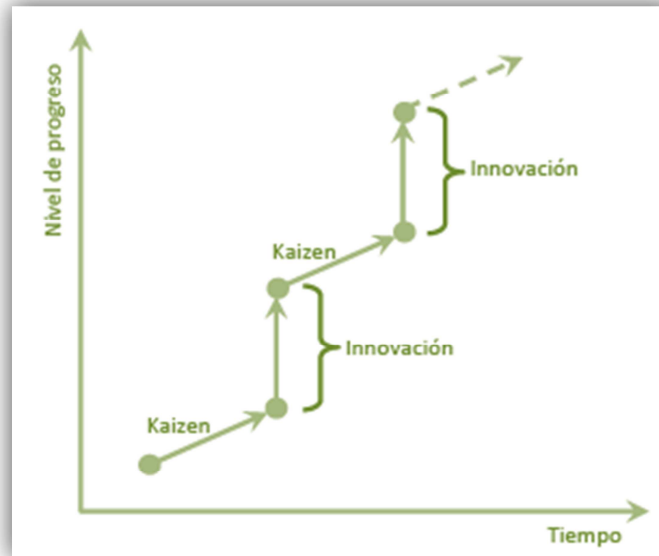


Gráfico 2.6: Esquema de Kaizen vs. Innovación.

7.5.3 Componentes esenciales.

Comprende 3 componentes esenciales:

- Percepción (Descubrir los problemas)
- Desarrollo de ideas (Hallar soluciones creativas)
- Tomar decisiones, implantarlas y comprobar su efecto, es decir, escoger la mejor propuesta, planificar su realización y llevarla a cabo (Lograr un efecto)

En el desarrollo y aplicación del *Kaizen* se ven amalgamados conocimientos y técnicas vinculados con Administración de Operaciones, Comportamiento Organizacional, Calidad, Costos, Mantenimiento, Productividad, Innovación y Logística entre otros. Por este motivo se encuentran involucradas e interrelacionados métodos y herramientas tales como: Control Total de Calidad, Sistemas de Sugerencias, Automatización, Mantenimiento Productivo Total, *Kanban*, *Just in Time*, Cero Defectos, Actividades en Grupos Pequeños, Desarrollo de nuevos productos, Mejoramiento en la productividad, entre otros.



7.5.4 Implementación de la metodología.

Selección del Tema:

El tema a seleccionar puede ser escogido por cualquier miembro de la organización siempre y cuando este acorde a los objetivos de empresa.

Pueden abarcar áreas como:

- Seguridad. (Reducción de accidentes)
- Calidad. (Requerimientos del cliente)
- Productividad. (mejora de tiempos)
- Medio Ambiente y otros(uso de desechos)

Por ejemplo si el objetivo de la empresa es aumentar la producción se pueden hacer diferentes tipos de *kaizen* hacia ese mismo objetivo como aumento capacidad en máquinas, reducción de reproceso, mejora de métodos de trabajo y otros que pueden ser usados en las áreas determinadas como cuellos de botella de cada departamento.

Equipo de trabajo:

El equipo debe ser siempre que se pueda multidisciplinario, es decir que personas de diferente área se unen para formar el equipo. El propósito es incluir a personas que pueden aportar por su conocimiento y experiencia en su área de trabajo.

Es recomendable que cada grupo tenga un líder el cual sea el responsable de coordinar las reuniones e informe con el grupo el progreso a la gerencia.

Los integrantes son escogidos por el Líder y este debe asegurar que sean los más capacitados en referencia al problema a atacar. No tiene sentido incluir a alguien de un departamento que no tenga nada que ver con el problema que estamos lidiando.

Obtención y Análisis de datos:

La recolección de datos por parte del equipo tiene como fin determinar las causas principales para arreglar el problema.

Para determinar estas causas se pueden seguir estos pasos:

- Crear un diagrama de *Ishikawa* (Diagrama causa y efecto o también conocida como espina de pescado) para determinar las posibles causas.
- Crear una hoja de registro para obtener información de las causas analizadas en diagrama anterior. Esta información puede ser recolectada por computadora o por el trabajador del área.
- Al tener la hoja de registro esta información debe ser tabulada y graficada para lograr obtener tendencias por máquina, por turno de modo que vayamos filtrando las causas y de este modo atacar causas críticas y no todas.



Gembutsu & Gemba.

- **Gembutsu:** Se refiere al producto que estamos analizando por ejemplo máquina, equipo, material, tiempos de manufactura, entre otros.
- **Gemba:** significa el área donde ocurre o el área de trabajo donde analizaremos el problema.

La siguiente imagen muestra el círculo *gemba*, que es el lugar delimitado dentro de la fábrica “donde ocurre toda la acción” y donde se reunirán las diferentes personas involucradas a discutir un problema particular.



Fotografía 2.2: Círculo gemba dentro de la planta donde se discutirán diversos asuntos.

Fuente: <https://www.flickr.com/Marco,2012>.

Comprendiendo el significado de ambas palabras esta fase nos invita a ir al área donde se produce el problema y verificar los datos obtenidos anteriormente. Es posible que se conozca más del problema y se eliminen o aumenten más variables o causas antes mencionadas.

Esta actividad la realiza el equipo y se podría hacer más de una observación en el área para ir analizando el problema con más detalle.

Plan de Contramedidas

Al haber realizado los tres pasos anteriores la cantidad de variables o posibles causas se han reducido y por lo tanto resta tomar las contramedidas para las que han quedado y son críticas para la mejora del proceso. Estas contramedidas se registraran en un plan en el cual se deberá tener:

- Fechas para implementar la contramedida o actividad requerida.
- Responsable de la ejecución.



Seguimiento y evaluación de resultados:

El equipo llevará un seguimiento mediante gráficos del problema en forma diaria si es posible y realizará de nuevo el paso 3 (*Gembutsu, Gemba*) para su verificación en el área de trabajo.

Estandarización y Expansión:

Si resultan varios meses con buenos resultados respecto al problema analizado, definimos que este problema está bajo control por lo que debemos crear procedimientos o prácticas registradas para su resolución. Esto con el fin de mantener la mejora y el resto de las personas de la organización sean entrenadas con estos nuevos procedimientos.

Respecto a la expansión, esta se refiere a que las variables son controladas, el *kaizen* se puede expandir a otros lugares, por ejemplo si se mejora la velocidad de una máquina, la mejora que se realizó puede ser extendida a otras máquinas similares.

7.5.5 Beneficios de la implementación del sistema.



Figura 2.13: Esquema de los beneficios de implementar la herramienta Kaizen

El éxito en la aceptación del *kaizen* en la Industria, deviene de la incitación a mejorar los estándares, sean niveles de calidad, costes, productividad o tiempos de espera. La metodología del *kaizen* permite establecer estándares más altos y las empresas japonesas como Toyota, Hitachi o Sony fueron desde los años 80 un buen ejemplo del mejoramiento continuo de los estándares productivos.



7.6 Control autónomo de los defectos o Jidoka.

7.6.1 Orígenes y definición

Hoy en día las empresas buscan brindar un servicio o producto de calidad, con el fin de que en la medida en que se automaticen los procesos de producción de la organización se evite que cualquier pieza o producto defectuoso avance a lo largo de la línea de producción. Es por esto que surge el concepto de *Jidoka*, que se basa en la filosofía de cero defectos

El control autónomo de los defectos o Jidoka es considerado como uno de los pilares del sistema de producción Toyota. Taiichi Ohno lo definió en su libro sistema de producción Toyota (1988) como:

“Autonomización o automatización con un toque humano” o bien automatización con inteligencia humana sin la necesidad de la presencia humana en forma continua.

La expresión proviene de la conjunción 3 caracteres japoneses:

- 自 “Ji”: Se refiere al mismo trabajador.

Si el trabajador cree que algo está mal o que está creando un defecto, debe parar la línea.

- 動 “do” Se refiere al movimiento o al trabajo.
- 化 “Ka”: Hace referencia al sufijo –ción.

En conjunto “Jidoka” es la automatización con toque humano e implica dotar de cierta autonomía a las máquinas automáticas a fin de introducir un mecanismo de auto-detección en caso de funcionamiento defectuoso. Su principal objetivo es evitar desperdicios y fallas en el proceso productivo.

Según Taiichi Ohno el origen del concepto se remonta a la invención de Toyoda Sikichi (Fundador de la empresa Toyota Motor) de una máquina de tejer automática. Ohno (1988) relata que el telar se detenía al instante cuando alguno de los hilos de la urdimbre o de la trama se rompía gracias a la incorporación dentro de la máquina de un mecanismo que podía distinguir entre las condiciones normales y anormales, no se fabricaban productos defectuosos.

La autonomización modifica también el sentido del uso de la máquina. Cuando esta trabaja normalmente no es necesario ningún operario. Sólo cuando se para como consecuencia de una situación anormal requerirá de la atención del personal. Como resultado, un solo trabajador podrá atender varias máquinas, reduciéndose así el número de operarios e incrementando el rendimiento de la producción.



El propósito de la implementación *Jidoka* es diagnosticar el defecto inmediatamente y corregirlo. El trabajador sólo debe estar atento, cuando se detiene la máquina. Este concepto también ayuda en la inspección sucesiva de los componentes y productos finales en la última instancia, se producen y se quita el peso de la inspección final sobre los hombros de los trabajadores.

La inspección se lleva a cabo por la máquina y cuando la máquina deja de funcionar, la persona designada o experto apresuran hacia la máquina y tratar de resolver el problema. *Jidoka* se centra en investigar la causa raíz de este problema y hacer los arreglos necesarios para que este defecto no ocurra de nuevo. La prevención de defectos se puede lograr mediante el uso de la técnica de ***Poka-Yoke***.

Puesto que el equipo se detiene cuando surge un problema, un solo operario puede controlar visualmente y controlar eficientemente en muchas máquinas a la vez. Como una herramienta importante para este "control visual" o "visualización problema," las plantas de Toyota utilizan un sistema de tablón de anuncios problema llamado "andon" que permite a los operadores identificar problemas en la línea de producción con sólo un vistazo.

7.6.2 Funcionamiento de Jidoka

Detectar la anomalía:

Estas se pueden detectar tanto en los procesos en los que intervienen máquinas como en los procesos que intervienen personas. En el primer caso, se construyen mecanismos dentro de las máquinas, los cuales detectan anomalías y automáticamente paran la máquina durante el tiempo de ocurrencia. En el caso de personas, se les da la autoridad para detener una línea entera de producción.

Parar:

Se puede pensar que la línea de producción al ocurrir una anomalía toda la producción entra en una gran parada hasta que el problema sea resuelto. En realidad, las líneas de producción se pueden dividir en secciones y estas a su vez en estaciones de trabajo, de forma que cuando una estación de trabajo avisa de su problema, la línea sigue produciendo, teniendo un tiempo de ciclo para resolver el problema hasta que la sección de la línea entra en parada.

Fijar o corregir la condición anormal:

Para volver a este ritmo, usaremos distintas opciones como pueden ser:

- Poner a funcionar un proceso excepcional, ejemplo, Kanban (Sistema de señal por tarjetas).
- Poner una unidad en estación de re-trabajo.
- Parar la producción hasta que una herramienta rota sea arreglada



Investigar la causa raíces instalar las contramedidas:

Para investigar la causa tenemos que bajar al nivel del usuario del proceso para, por ejemplo, a través del método de “los cinco por qué” encontrar la raíz del problema. Una vez investigado podemos instalar una solución permanente que haga que este problema no vuelva a suceder.

7.6.3 Beneficios de su implementación.

- La inteligencia humana es integrada a la maquina automática.
- Ayuda a la detección de problemas antes de que se haya finalizado el producto.
- Garantiza la calidad de componentes y productos, permitiendo producir productos libres de defectos.
- Se reducen los ciclos de fabricación al integrar la inspección a la línea de producción.
- Permite reducir o eliminar los inventarios de seguridad destinados a solventar problemas de calidad
- Encamina una mejora en la productividad de la organización, al eliminar tareas que no aportan valor añadido.

7.6.4 Elementos del Jidoka.

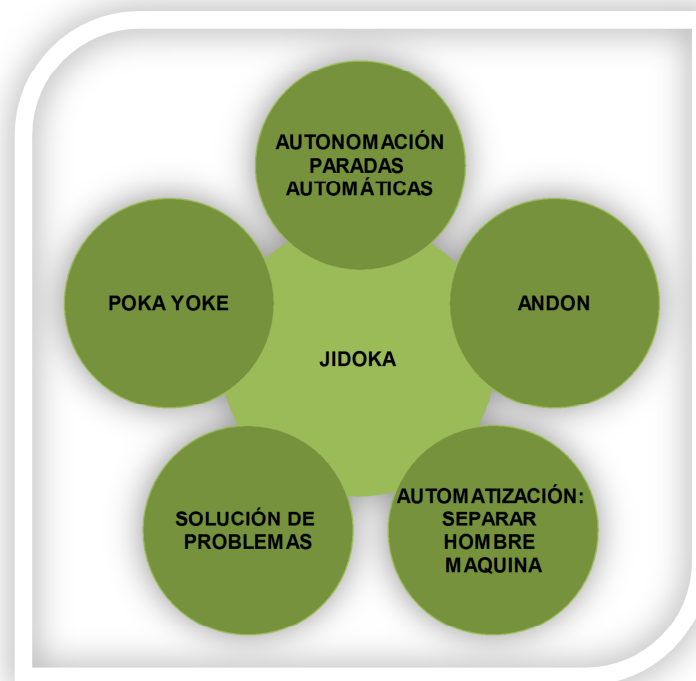


Figura 2.15: Elementos del Jidoka



7.6.4.1 Automatización y autonomación:

Es importante no confundir autonomación con la simple automatización.

Automatización: Movimiento autónomo.

El concepto separa el trabajo humano del trabajo de la máquina de manera que las personas puedan hacer menos actividades que no añaden valor y más actividades que sí añaden valor al producto en el periodo de trabajo considerado. Consiste en transformar un proceso manual a uno mecánico.

Al automatizar las máquinas estas actúan por sí solas desde el inicio; pero generalmente no existe una forma de detectar los errores que se pueden producir a causa de anomalías en el funcionamiento de las máquinas.

Autonomación: Trabajo autónomo.

El concepto se utiliza para prevenir que los procesos generen defectos mediante la construcción de dispositivos que prevengan o detecten los errores y al detectar alguna falla, se pare automáticamente la producción.

Si bien Jidoka implica la automatización, también conlleva alguna técnica para detectar y corregir los defectos de la producción. Siempre se requiere un mecanismo para detectar anomalías y defectos y otro para detener las máquinas cuando estos se producen. El objetivo es conceder inteligencia a una máquina para detectar fallas o defectos.

A continuación se incorpora una tabla que pone de manifiesto las principales características y diferencias entre la automatización y la autonomación o autonomatización.

Criterio	Automatización	Autonomación
Personas	El trabajo es más sencillo pero las personas todavía necesitan vigilar o controlar el trabajo de la máquina.	La productividad mejora cuando las personas son polivalentes
Maquinas	Las máquinas operan hasta terminar el ciclo de producción o hasta que una persona activa la parada.	Las máquinas pueden detectar errores y parar de forma autónoma, sin necesidad que una persona active la parada.
Calidad	Cuando ocurre el colapso de la máquina la producción de los defectos puede ocurrir.	Los defectos y el colapso de máquina se previenen mediante la parada automática.
Las fallas y su causa raíz	Las fallas que ocasionan la parada de máquina son encontradas después, la corrección de la causa raíz lleva más tiempo	Las fallas que causan la parada de máquina y su causa raíz se encuentran de forma rápida.

Tabla 2.3: Esquema de las diferencias entre la automatización y la autonomación.



7.6.4.2 Pokajoke

Por más que se controle un proceso a nivel estadístico y aún teniendo altos niveles de capacidad, no se puede asegurar el objetivo final de la calidad para la filosofía lean, es decir cero defectos. Por otro lado, las técnicas de muestreo estadístico intentan asegurar que los productos no conformes no lleguen hasta el consumidor final, pero, como todos los productos no son revisados, existe la posibilidad de que un pequeño porcentaje de fallos lleguen al usuario.

“La causa de los defectos recae en lo errores de los trabajadores, y lo defectos son los resultados de continuar con dichos errores”

(Shingeo Shingo, 1985)

Un dispositivo *Poka-Yoke* es cualquier mecanismo mecánico o electrónico que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o hace que sean muy evidentes para que el operario se de cuenta y los corrija a tiempo.

El *Poka-Yoke* es una técnica de calidad desarrollada por Shingeo Shingo en los años sesenta, quien trabajo para Toyota e implanto “El control de calidad de cero defectos”. *Poka-Yoke* en castellano significa “a prueba de errores”. Se basa en crear un proceso en el que sea imposible que se cometan errores.

El objetivo es eliminar los defectos en un producto o proceso realizando acciones de prevención o corrigiéndolos lo antes posible.

La mayor parte de los errores que se comenten en las cadenas de producción son debidos a errores humanos, sobretodo cuando las personas realizan tareas repetitivas que causan una disminución de la atención del trabajador. El *Poka-Yoke* consiste en encontrar formulas para que las personas no puedan cometer estos errores, o si los cometen que sean avisadas inmediatamente. Para ello es necesario rediseñar las máquinas, las herramientas y los procesos de tal forma que permitan la inspección del 100% de las operaciones y productos, eliminando la posibilidad de que un producto no conforme aparezca al final de un proceso.

Inspección del 100%

Para lograr la inspección del 100 % existen dos posibilidades:

Hacer imposible que se cometa un error humano:

Por ejemplo, realizando piezas que sólo puedan encajar en la posición correcta, como los terminales de conexión del mouse y conectores de todo tipo con cierta polaridad o secuencia de contactos, Este sistema también puede aplicar a cualquier dispositivo mecánico que tenga que ir montado en una determinada posición.



Resaltar el error una vez cometido

Por ejemplo, si para el montaje de un determinado mecanismo se necesitan un número determinado de piezas, al operario se le facilitan las diferentes piezas en contenedores individuales, de forma que salte a la vista si no se han montado todos los elementos. Consideremos otro ejemplo: Si en el proceso de fabricación de una determinada pieza es necesario realizar un número y secuencia de operaciones fijas, se podría instalar un sensor que cuente el número de operaciones y vigile su secuencia; en caso contrario, una alarma avisa al operario del error.

Con el sistema poka-Yoke se consigue realizar la inspección del 100% de las diferentes fases del proceso y del producto final. En el momento en que se detecta un fallo se produce una reacción inmediata y este es eliminado. Además, ayuda a los trabajadores a concentrarse más en su actividad productiva sin tener que fijar la atención en inspeccionar tareas repetitivas.

Existen dos aspectos a tratar mediante la técnica de Poka-Joke:

- **Métodos de control:**

Son sistemas que vigilan de forma automática si se han producido defectos.

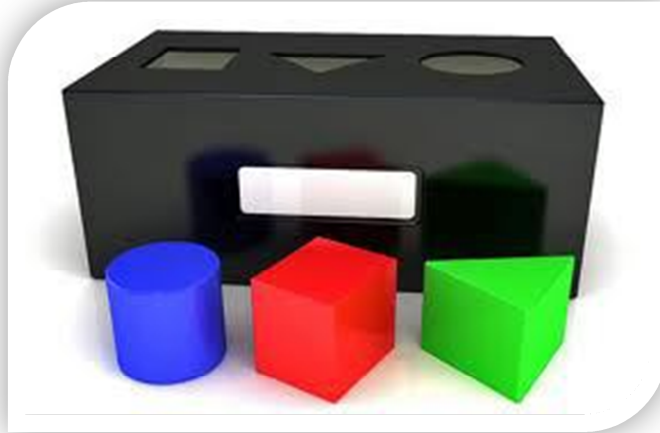
En caso positivo interrumpen el proceso con el fin de que no se repita el mismo defecto. Cuando los defectos sean aislados, no es necesario interrumpir el proceso, y se puede marcar el elemento defectuoso para su posterior localización y corrección.

- **Métodos de advertencia:**

Con este sistema, en el momento en que se produce un error se avisa al trabajador mediante un sistema de alarma luminoso o acústico. Este método no es tan efectivo como el de control, ya que el operario podría darse por no aludido por el aviso.

Algunos ejemplos de Poka-Joke.

- La manguera de llenado de combustible para el automóvil corta automáticamente el suministro de combustible una vez que se carga la cantidad requerida por el usuario.
- La barra de bloqueo de los carros portamaletas, que se utilizan en los aeropuertos para transportar el equipaje. La barra de bloqueo actúa de freno de tal manera que es imposible que el carrito salga disparado si no se está apretando la barra voluntariamente. En cuanto se suelta, el carro se frena de forma automática.
- Si abrimos la puerta del lavarropas mientras esta funcionando, un micro interruptor instalado en la puerta desconecta el equipo, evitando cualquier accidente.



Fotografías 2.3: Algunos ejemplos de Poka-Yoke de la vida cotidiana.



Método para la implantación de soluciones Poka-Joke.

Para llevar a cabo la realización de alguna solución Poka-Joke es importante contar con la colaboración de un buen equipo de trabajo. Generalmente se comienza con el análisis de la situación a mejorar, y mediante, por ejemplo, la técnica de tormenta de ideas y la colaboración del departamento de Ingeniería, se diseña el sistema a prueba de errores.

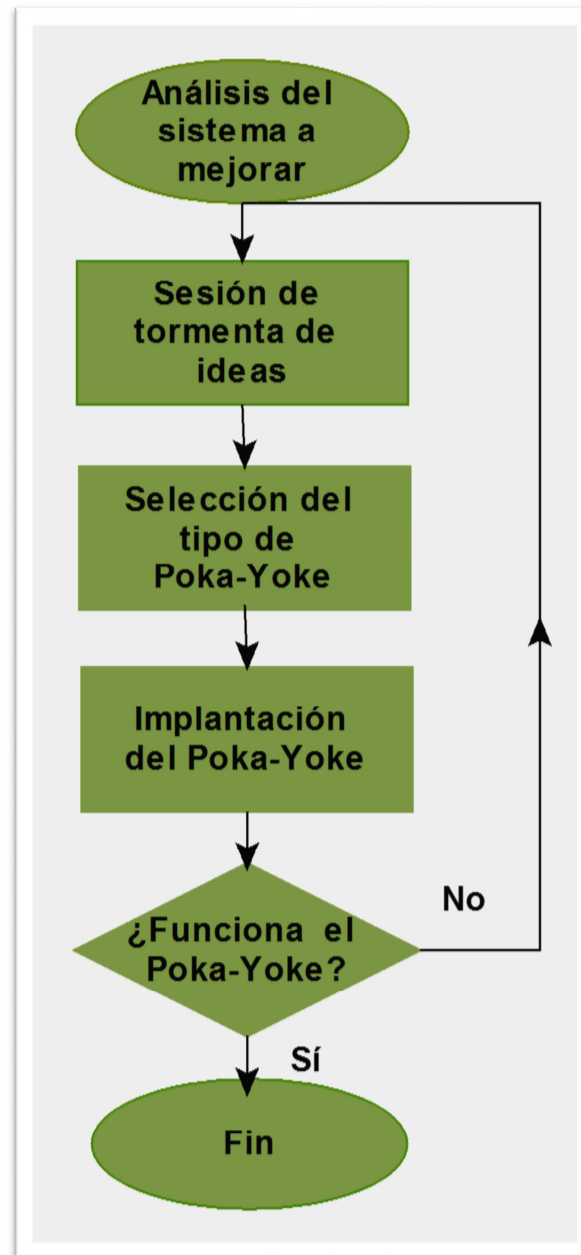


Figura 2.16: Metodología para la implantación de soluciones Poka-Yoke
Fuente: Pablo Alcalde San Miguel, 2007, p211.



7.6.4.3 Sistema Andon.

“Andon” es una palabra japonesa utilizada para referirse a los farolillos o lámparas forrados de papel que todos asociamos al folclore japonés.

El sistema consta de una alarma o señalización visual (lámparas) y audible (chicharras o altavoces) accionada manualmente por un operador mediante un interruptor o un botón que el operario utiliza para indicar a sus compañeros o supervisores, una situación anormal en la línea de fabricación o montaje.

Puede presentarse como un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indica las condiciones de trabajo en el piso de producción o en general en el proceso dentro del área de trabajo; el color indica el tipo de situación o condición del proceso en ese momento.

Sirve como ayuda para alertar al personal de las anomalías que se presentan en una estación de trabajo, reduciendo el tiempo de respuesta ante las diferentes dificultades o problemas. Indica claramente las condiciones en los diferentes puntos del proceso. La detección visual del operador va acompañada inmediatamente del accionamiento manual por parte del operador de un interruptor que enciende la alarma visual o lámpara y en ocasiones del alarma audible, mostrándose adicionalmente un tablero general localizado en alto para que sea visible desde diferentes posiciones del proceso.

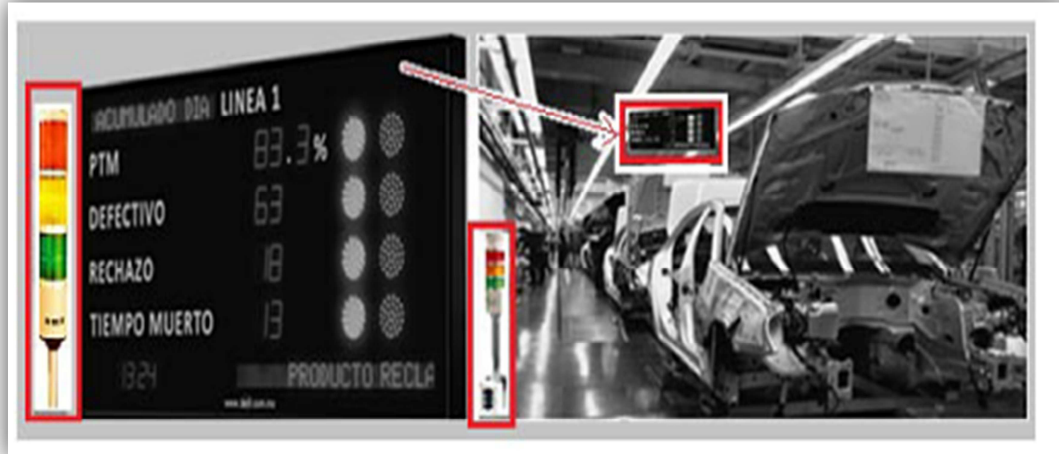
Para la filosofía lean el Andon es un sistema o dispositivo que de forma visual advierte de una anomalía.

Características:

- Permiten conocer con facilidad si las condiciones de funcionamiento de los equipos son o no las óptimas. (Y en algunos casos nos da información también sobre el tipo de anomalía)
- Es una señal destinada a desencadenar una reacción inmediata para la corrección de anomalías.

Un error frecuente en la implantación del Andon suele ser dejarlo en una mera señal de anomalía. Si no se define qué debe hacer quién en el caso de la aparición de la señal, la implantación no habrá alcanzado todo su potencial.

El Andon es la herramienta que advierte de que el flujo está en peligro. Si se toma en serio ayudará a mantener el flujo continuo en la producción. Si no, perderá su significado y será poco menos que inútil. Se debe tener en cuenta que el Andon es una señal. No garantiza que el problema vaya a resolverse. No asegura que la anomalía no propague defectos en el proceso. Todo depende de la reacción del personal ante la advertencia.



Fotografía 2.4: Ejemplo de sistema andon para una línea de producción.
Fuente: Cabrera Calva, Rafael Carlos, p146.

El color indica el tipo de situación o condición del proceso en ese momento.

Este simple sistema se puede hacer más sofisticado dependiendo de las necesidades de cada organización, apareciendo lámparas con diferentes colores dependiendo de lo que se necesite que el personal operativo sepa que está ocurriendo.

El sistema andon solo sirve para informar de un hecho relevante, no controla nada en forma automática, la información que aparece en los tableros es suministrada vía interruptor manual accionado por un operador.

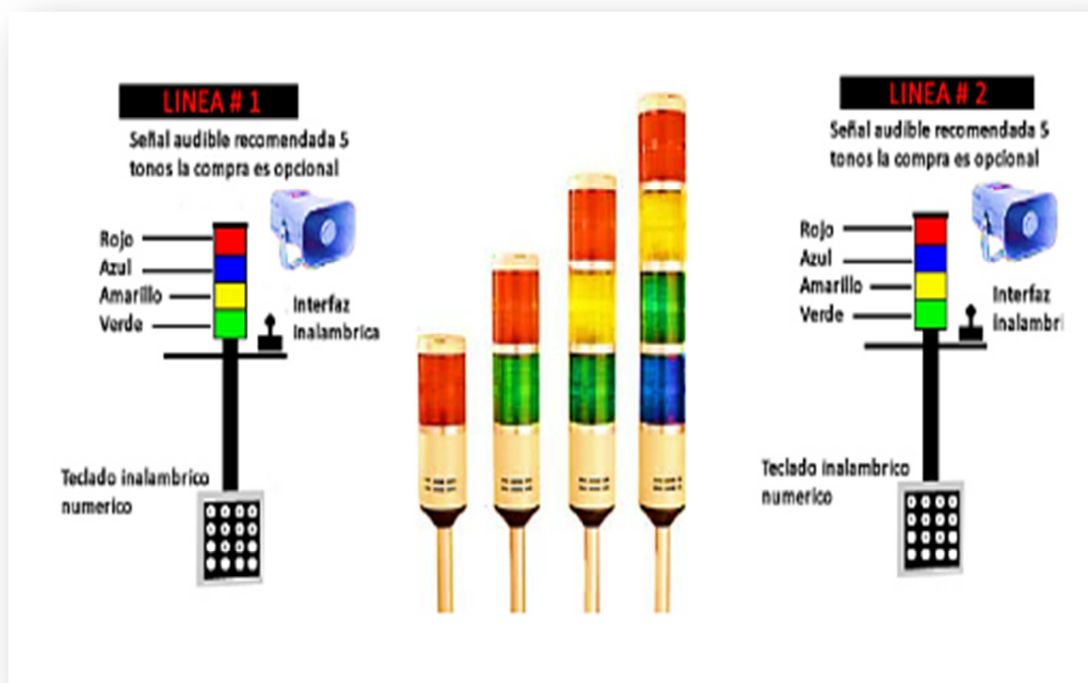
Cada operador de la línea de producción dispone de un interruptor que le permite detener la línea cuando surge en su estación de trabajo un problema, irregularidad o defecto. Al encenderse una alarma, el supervisor y el personal de calidad se dirigirán inmediatamente al puesto de trabajo donde está el problema a investigar y tomar la acción correctiva necesaria. Todos los tipos de andon sonoro se apagan al llegar un supervisor o persona de mantenimiento a la posición de trabajo responsable, en cuanto a la alarma luminosa en algunos casos se apaga, en otros solo deja de centellar pero permanece encendida hasta que queda solucionado el problema.

El sistema puede consistir en una serie de lámparas o señales sonoras que cubren por completo el área de trabajo. Si se presenta un problema las diferentes señales alertan al supervisor informando que estación de trabajo tiene algún problema y en forma genérica el tipo de problema. Una vez evaluado el problema se toman las acciones correctivas.



Normalmente se utilizan los siguientes colores en las lámparas:

- ✓ **Rojo:** Máquina descompuesta.
- ✓ **Azul:** Pieza defectuosa.
- ✓ **Amarillo:** Esperando por cambio de modelo
- ✓ **Verde:** Falta de material
- ✓ **Blanco:** Fin de la corrida de producción
- ✓ **Sin luz:** Sistema operando normalmente



Fotografía 2.4: Ejemplo de sistema andon para una línea de producción.
Fuente: Cabrera Calva, Rafael Carlos, p147.



Forma de proceder ante la señal del Andon:

- **Resolución inmediata.**

En algunos casos el Andon da información suficiente para que el operario resuelva el problema sin necesidad de advertir a otras personas integradas en el proceso.

- **Solicitud de ayuda en marcha.**

Frecuentemente el Andon advierte de una desviación que puede indicar la probable aparición de un problema mayor. En tal caso no suele ser imprescindible la parada de los equipos, pero sí requiere una reacción inmediata para evitar que el problema vaya a mayores.

- **Solicitud de ayuda en paro.**

Existen líneas preparadas para que el operario pare la máquina o incluso una línea de producción completa en el caso de que el Andon advierta de un problema que se ha propagado o se va a propagar inmediatamente a otras partes del proceso.

En este caso, “tirar de la cuerda” (como la parada de emergencia de los trenes antiguos) o apretar el botón de paro es algo incuestionable.

En algunas fábricas se aplica el concepto “*Stop-Call-Wait*” (Para-Avisa-Espera) y se repite para convencer al personal de la necesidad asegurar la calidad del producto en la propia fuente del problema.

Factores clave para el éxito:

- el Andon debe ser simple y fácil de entender (no se requiere alta tecnología)
- se debe dejar claro qué se pretende conseguir, lo cual nos dirá cuáles son los indicadores sobre los que se hará el seguimiento continuo que disparará las alarmas.
- En función de la importancia de las operaciones o los productos, puede que existan sistemas Andon distintos, con reacciones distintas. No todos los problemas tienen la misma importancia ni requieren por tanto la misma movilización de recursos.
- Es preciso definir con claridad el procedimiento a seguir: la “cadena de ayuda” que puede hacer intervenir sucesivamente a distintas personas en el problema en unos plazos definidos para reducir al mínimo el tiempo de reacción.

Si la resolución de las anomalías requiere acciones a medio-largo plazo, éstas deben quedar bien definidas y el estado de resolución debe estar a la vista.



7.7 Mantenimiento productivo total(TPM)

El TPM (Mantenimiento productivo total) es extendido en Japón en 1971 por Seiichi Nakajima.

Tiene su origen en el seno de una importante empresa proveedora del sector del automóvil denominada *Niponndenso*.

Esta empresa, debido a la implantación de sistemas automatizados de transferencia rápida, requería de una alta fiabilidad en sus procesos, por lo que en 1961 definió una nueva visión del mantenimiento, transfiriendo la responsabilidad del mantenimiento rutinario de los equipos, del departamento de mantenimiento, a los propietarios de los procesos y trabajadores de producción, logrando grandes resultados con su modelo a partir de 1969.

El nombre inicial que se le dio a este sistema fue el de “*Total member participation*” (Participación de todo el personal), que muestra el sentido del TPM, es decir, la participación de todas las personas en el mantenimiento preventivo, realizando acciones de mejora en los equipos en todo el ciclo de vida (Diseño, construcción y puesta a punto.)

El TPM comienza con el reconocimiento de que los operarios de producción son quienes mejor conocen el estado de las máquinas o procesos y son ellos los que mejor pueden prevenir las averías que se producen, siendo necesaria su cooperación para efectuar un mantenimiento adecuado.

“El TPM apunta principalmente a la mejora de la productividad, calidad, coste, suministro, seguridad, medioambiente, y moral.”

(Nakajima, 1989),

La palabra ‘Total’ del TPM tiene tres significados:

- Total eficiencia económica y rentabilidad.
- Total mantenimiento.
- Total participación de todos los trabajadores en el mantenimiento autónomo, efectuado por operarios a través de actividades de pequeños grupos. El mantenimiento de las máquinas o procesos es realizado con un esfuerzo de equipo, siendo el operario el responsable último de su cuidado.

“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.”

(Nakajima, 1989).



7.7.1 Pilares para la implantación del TPM

El instituto de mantenimiento productivo de Japón ofrece dos versiones del TPM:

- A. **“Production TPM”** (“TPM de producción”), versión lanzada en 1971 en la empresa Nippondenso.

Es el primer paso de implementación del TPM y considera 5 pilares:

- Pilar 1: Entrenamiento
- Pilar 2: Mantenimiento Autónomo
- Pilar 3: Mejora Enfocada
- Pilar 4: Mantenimiento Planificado
- Pilar 5: Establecimiento de un programa de gestión inicial del equipo

- B. **“Company Wide TPM”** (“TPM extendido a la compañía”), versión extendida adoptada en 1989.

Es el siguiente paso de implementación del TPM, requiere añadir otros departamentos al sistema de mejora de la eficiencia, dando lugar a 3 pilares más:

- Pilar 6: Establecimiento de un sistema de mantenimiento de la calidad
- Pilar 7: Establecimiento de un sistema para la mejora de la eficiencia de los departamentos administrativos
- Pilar 8: Establecimiento de un sistema para el control de la Seguridad y Salud, y el Medioambiente



Figura 2.18: Esquema de los 8 pilares del TPM.



7.7.2 Tipos de mantenimiento Industrial:

Existen diferentes tipos de mantenimiento que se pueden aplicar en un entorno industrial y tienen incidencia inmediata en la disponibilidad de las máquinas y equipos para la producción. A continuación se describen estos tipos de mantenimiento.

7.7.2.1 Mantenimiento correctivo.

Corresponde a actividades de mantenimiento que se realizan después de ocurrida la falla o avería. Incluye actividades como: Arreglos de carácter provisorio y reparaciones de carácter permanente.

Era el tipo de mantenimiento que se usaba exclusivamente en los inicios de la revolución industrial. Este tipo de mantenimiento solo se realizaba cuando el equipo fallaba y era necesaria la reparación. Si no surgían fallas en el equipo, no se realizaban actividades de mantenimiento, lo que ocasionaba problemas inesperados, disminución en las horas operativas o de disponibilidad real de máquinas o equipos. Con costos de reparación y repuestos no presupuestados, no era factible planificar el tiempo que el sistema estaría fuera de operación.

7.7.2.2 Mantenimiento preventivo.

Puede ser de 2 tipos. Mantenimiento periódico ó predictivo.

Es el mantenimiento que se realiza cada "x" periodo de tiempo. Lo más conveniente es hacerlo a diario para actividades menores (limpieza, inspección y reajustes entre otros) y completarlo con el mantenimiento predictivo, para mantener en buenas condiciones el equipo previendo fallas y evitando deterioro, con inspecciones o diagnósticos de las condiciones, midiendo el desgaste gradual.

Se realiza antes de que ocurra una falla o avería, y se lleva a cabo bajo condiciones controladas. Normalmente se verifica en tiempo ocioso del equipo y se hace normalmente en base a sugerencias y recomendaciones del fabricante del equipo a través de manuales realizados en base a una vasta experiencia.

- **Mantenimiento periódico o basado en el tiempo (MBT):**

Requiere inspecciones periódicas, revisiones y limpieza del equipo así como el reemplazo de partes desgastadas cuyas propiedades han disminuido con el uso. El objetivo es prevenir fallas súbitas y problemas en el proceso.

- **Mantenimiento predictivo:**

En este caso, la vida de servicio de las partes importantes se predice en función de inspecciones o diagnósticos en base a historiales acumulados de los fabricantes. Normalmente, se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo o máquina.



En base a lo anterior se determina si se utilizan partes hasta el límite previsto de servicio y se verifica si es factible su extensión estimando un tiempo de vida útil adicional. En la industria se utilizan diferentes técnicas, analizadores de vibraciones, ensayos no destructivos, ultrasonido, termovisión entre otros.

Comparado con el mantenimiento periódico, el mantenimiento predictivo está basado en experiencias previas acumuladas, historial de los fabricantes y suministra valores de tendencia, mediante la medición y análisis de los datos de desgaste y de la vigilancia del sistema. Está diseñado para monitorear las condiciones.

7.7.2.3 Mantenimiento proactivo o de mejora continua.

Consiste en modificar o robustecer el diseño original básico, fortaleciendo aspectos que en la vida diaria han demostrado ser una amenaza o debilidad para lograr un adecuado funcionamiento de la correcta operación bajo condiciones adversas reales o extremas, a las que se debe enfrentar.

Para poder enfocarse a realizar este tipo de mantenimiento es necesaria e indispensable la participación de un equipo multidisciplinario y aplicar una serie de técnicas como: VSM (Value Stream mapping o Cadena de valor), AMFE (Análisis de modos de fallas y sus efectos) entre otros.

- **Mantenimiento proactivo basado en el rediseño del mantenimiento mismo:**

Este tipo de mantenimiento involucra al personal no sólo del área de mantenimiento, participan otras áreas como Ingeniería y gerencias medias de otras áreas. Tiende a mejorar o rediseñar los componentes externos empleados para el mantenimiento del equipo y sus diversas partes.

Equipos con diseños débiles para las condiciones reales de trabajo pueden mejorar su vida útil o incrementar el tiempo de servicio entre inspecciones, rediseñando los componentes del mismo mantenimiento para incrementar su fiabilidad o mejorar sustentabilidad.

- **Mantenimiento Preventivo proactivo en el diseño:**

Las debilidades de los equipos y maquinaria son constantemente estudiadas para mejorar su diseño futuro que permita eliminar o por lo menos reducir las fallas, hacer más fácil y rápido el mantenimiento, mejorar las condiciones de seguridad y mejorar las condiciones que permitan operaciones más flexibles en la actividad diaria y los requerimientos de una manufactura esbelta y ágil.

En otras palabras, pasar de un diseño con numerosas debilidades a otro con fortaleza partiendo de un diseño robusto.



7.7.2.4 Mantenimiento productivo total (TPM):

Debido a la globalización y a las exigencias de una alta flexibilidad en los sistemas de manufactura requeridas por el mercado actual, se ha hecho indispensable revisar las fases anteriores y tomar las fortalezas de cada una de ellas, optimizándolas y adaptándolas a las nuevas condiciones exigidas en la actualidad, motivando el desarrollo del factor principal: “La creatividad humana”.

El MPT enfatiza que el principal recurso es el factor humano, debiéndosele respetar, capacitar, motivar y exigir una actitud positiva e involucración total.

Se vuelve esencial el cambio de mentalidad del trabajador, en el enfoque tradicional el pensamiento del trabajador era: “*hacer lo mínimo indispensable*”, el MPT exige que el pensamiento del trabajador se convierta a “*ser parte integral y fundamental para todo el logro de las metas globales dando el 100% real todo el tiempo*”

Uno de los primeros grupos que debe mostrar el cambio de actitud son los operadores del equipo y maquinaria productiva, dejando atrás el “*yo opero, tu reparas*” y dar paso a “*yo soy totalmente responsable de mi equipo*”.

Este paso es el más difícil de lograr porque es cambiar una tradición de años.

Sin embargo, en el momento que los operadores y el personal de mantenimiento empiezan a compartir su experiencia y habilidades con los demás, buscando mejorar globalmente, haciendo a un lado el rechazo al cambio por temor a que puedan ser desplazados y perder su empleo si los demás tienen los mismos conocimientos, las condiciones de colaboración mejorarán. Se debe buscar dar entrenamientos que permitan al personal el lograr ser polivalente para adquirir la capacidad de realizar multitareas y ser altamente flexibles.

Se considera realizar el aporte de un ejemplo práctico que permitirá comprender al lector de una manera sencilla el objetivo primordial del TPM:

Si se considera el uso de un vehículo familiar, el mantenimiento Autónomo tendría que ser realizado por cada uno de los miembros que conducen el auto y consistiría en asegurarse que los niveles de todos los fluidos fueran los correctos: el combustible, líquido de frenos, aceite, refrigerante, aguas de limpieza, presión de los neumáticos, herramientas completas, en orden y en su lugar para ser utilizadas en caso de que se necesiten, tener los impuestos y verificaciones de mantenimiento programados en una agenda que debe permanecer en el auto y ser revisada previo al uso del vehículo.

Este sencillo hábito evitará muchos dolores de cabeza y facilitará la eficiencia y eficacia del auto. El uso del auto es un privilegio pero conlleva obligaciones que se deben cumplir por parte de todos los que conducen el vehículo. Aquí el cambio de mentalidad es capacitarse para conocer novedades que puedan mejorar las condiciones del auto y consejos de revistas especializadas para su mejor uso. Y pasar de “solo uso el auto para transportarme” a “me interesa conocer bien mi auto para obtener su mejor rendimiento y la mayor seguridad para todos”

Cabrera Calva R.C, 2014, p389.



7.7.3 Las 6 grandes pérdidas:

El TPM surgió como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios.

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

7.7.3.1 Pérdidas por averías:

Una avería es la pérdida de función de un elemento, componente o equipo, esta pérdida puede ser total o parcial.

Según la función que afecta pueden existir 3 clases de averías:

- **Averías críticas o mayores:** Afecta las funciones del equipo o maquina consideradas como principales.
- **Avería parcial:** Afecta algunas funciones, pero no todas.
- **Avería reducida:** Afecta al elemento sin que pierda su función principal y secundaria.

Esta clasificación sirve de ayuda al efectuar un análisis de averías, permite distinguir las prioritarias con el fin de conseguir una mejora significativa del equipo. Un diagrama de pareto es de mucha utilidad en estos estudios de diagnóstico.

Las pérdidas por averías provocan tiempos muertos del proceso por paro total debido a problemas en el funcionamiento, lo que conlleva a una clasificación como se puedan presentar a través del tiempo:

- **Averías crónicas:** Afectan al equipo en forma sistemática o permanece por largo tiempo.
- **Averías esporádicas:** Afectan al equipo de manera aleatoria.
- **Avería transitoria:** Afecta durante un tiempo limitado al equipo, a veces no es necesario llevar una acción de mejora.

7.7.3.2 Pérdidas causadas por preparaciones y ajustes.

Esta pérdida esta relacionada con el tiempo empleado en la preparación o cambio de herramientas y los cambios que deben hacerse en las maquinas para empezar una producción de un nuevo producto.



El objetivo es minimizar el tiempo invertido en la preparación, y es aquí donde es esencial la implementación de la herramienta SMED.

Las operaciones de preparación se realizan bajo dos aspectos en el momento de realizar una nueva producción que suponen un conjunto de operaciones internas (Máquina parada), con otras que se realizan de forma externa (Máquina en funcionamiento). El objetivo es realizar todas las tareas de preparación con la máquina parada el menor tiempo posible.

7.7.3.3 Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida.

Esta pérdida tiene que ver con la diferencia en velocidad de operación a la que fue diseñada la máquina contra la velocidad real de operación en el que la máquina produce productos no defectuosos; en muchas ocasiones al operar maquinaria al tope de su velocidad, esta presenta problemas de calidad en los productos, así que es importante hacer un análisis para lograr definir un estándar de velocidad máxima que permita minimizar las deficiencias y producir productos sin problemas de calidad.

7.7.3.4 Pérdidas por tiempo muerto y paradas breves.

Este tipo de pérdidas está asociada al término MTBF (“*Mean time between failures*” o “Tiempo medio entre fallos”), con él, se establece la medida de la incidencia de las paradas cortas en el proceso y permite establecer objetivos con los que se lograría minimizar el efecto de este tipo de paradas.

El concepto de pérdida que se maneja se refiere a los periodos de tiempo muerto y las paradas cortas, es de vital importancia tenerlas presente sobretodo en una producción automatizada.

Las paradas breves pueden atacarse en primera instancia a través del mantenimiento autónomo.

Para atacar esta pérdida de las paradas breves hay dos elementos esenciales que permiten establecer una metodología que se apropie al contexto del equipo productivo:

- Qué constituye una parada breve a resolver y establecer las características que la definen, se refiere a distinguirlas de otras pérdidas como por ejemplo las averías, para este caso, no se consideran paradas breves:
 - Los tiempos muertos de operaciones anteriores.
 - Los tiempos de preparación.
 - Controles de calidad de rutina.
 - Cambios de turno y tiempos de descanso.
- Establecer una medida de la incidencia de las paradas breves (MTBF), esto permite evaluar las paradas y fijar un punto de partida para orientar las acciones de mejora de la capacidad del proceso.



En síntesis el MTBF es el cociente entre el tiempo de trabajo real (TT) y el número de paradas breves (NPB) por días, semanas, mes, entre otros.

$$MTBF = \frac{TT}{NPB}$$

7.7.3.5 Pérdidas por defectos de calidad.

Esta pérdida esta asociada a los defectos y esta relacionada al sistema de gestión de la calidad de la organización que junto con las estrategias del TPM actúan sobre el sistema productivo aumentando la calidad y la eficiencia del sistema productivo.

7.7.3.6 Pérdidas por puesta en marcha del equipo.

Se presenta en la puesta en marcha y arranque de una máquina, su efecto es la baja capacidad o velocidad, esta es una pérdida del rendimiento y deben efectuarse procedimientos que permitan un arranque inmediato y libre de dificultades.

Efectos de las pérdidas sobre la eficiencia global del equipo.						
Pérdida	Tiempos muertos y vacío		Disminución de velocidad del proceso		Productos y proceso defectuosos	
Efecto	Averías.	Preparación y ajustes.	Velocidad reducida.	Tiempos muertos y paradas cortas.	Defectos de calidad.	Puesta en marcha.
Tipo de respuesta	Eliminar	Reducir	Anular	Eliminar	Eliminar	Minimizar

Tabla 2.4: Efectos de las pérdidas sobre la eficiencia global del equipo.

7.7.4 Objetivos del TPM.

- Lograr cero defectos, cero averías, cero accidentes, cero tiempo por paradas de maquinas no programadas y cero demoras en todas las áreas funcionales de la organización.
- Desarrollar trabajadores flexibles con habilidades múltiples, capaces de realizar multitareas.
- Involucración de todo el personal a todos los niveles dentro de la organización.
- Formar diferentes grupos de trabajo para reducir defectos y llevar a cabo el automantenimiento.



7.7.5 Beneficiación de la implantación del TPM.

Beneficios Directos:

- Incrementar la productividad. Obtener un mínimo de 90% de efectividad total del equipo (OEE en inglés ETE en español)

O.E.E. (*Overall Equipment Effectiveness* o Eficiencia Global de los Equipos) es un parámetro de medida universal de eficiencia de los equipos que hace visible todas las actividades que no añaden valor.

- Reducción de quejas del cliente. Operar de forma que no surjan quejas del cliente.
- Reducir los costos de manufactura al menos en un 30%
- Satisfacer las necesidades del cliente en un 100%. (Entregando cantidad adecuada en tiempo y calidad requeridos)
- Reducción de accidentes.

Beneficios Indirectos:

- Mayor nivel de confianza entre los empleados.
- Un lugar de trabajo ordenado, limpio y atractivo.
- Cambio de actitud favorable de los operadores.
- Logro de metas a través de trabajo en equipo.
- Despliegue horizontal de un nuevo concepto en todas las áreas de la organización, colaboración de todos para todos.
- Compartir experiencias y conocimientos.
- Los trabajadores adquieren un sentimiento de propiedad de la maquinaria.