

## 1 CAPITULO 2: MARCO TEORICO

---

### 1.1 LEAN MANUFACTURING

---

En esta sección se presenta el concepto de “lean manufacturing”, cuáles son los principios en los que está fundamentado y cuáles son los beneficios que aporta a una empresa.

“Lean Manufacturing” es una metodología que tiene el objetivo de eliminar el desperdicio e identificar las operaciones que no le agregan valor al producto y al proceso, con el fin de generar beneficios tangibles para el cliente final. Nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre otros.

Está definida como una filosofía de excelencia de manufactura basada en: eliminación de desperdicio, respeto por el trabajador, procesos continuos de análisis (KAIZEN), mejora continua de productividad y calidad, producción “PULL” y elementos y procesos a prueba de fallos (poka yoke)<sup>1</sup>

Para implementar “Lean Manufacturing” en una empresa es importante entender tres cosas: el cliente, el flujo y el concepto de producción “push” y “pull”. Es trascendental entender que el cliente final es el que decide lo que es importante y qué características son las que le agregan valor al producto final.

Éstas hay que traducirlas a atributos del producto y posteriormente incorporarlas al diseño y proceso de manufactura, de igual manera es importante estudiar todas las fases del proceso de producción, determinar cuáles operaciones son las que le añaden valor al producto y cuáles hay que eliminar o cambiar. Finalmente, siempre hay que tener en mente que para evitar sobreproducción es indispensable que no se haga un producto hasta que el cliente lo demande.

---

<sup>1</sup> (Womack & Jones, 2003)

En la medida en que se eliminan los pasos innecesarios y los flujos de trabajo se adaptan a los pedidos de los clientes, existirá una reducción de esfuerzo y tiempos de trabajo en todas las áreas de la empresa<sup>2</sup>.

De esta forma y mediante la revisión continua de los procesos, se entra en una espiral de mejora continua, ya que los cambios repercuten en toda la línea de producción.

El objetivo de “lean manufacturing” es implementar una doctrina de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad<sup>3</sup>. Proporciona las herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo costo y en la cantidad requerida. Específicamente, “lean manufacturing”: reduce la cadena de desperdicios dramáticamente y el inventario en el piso de producción, crea sistemas de producción más robustos y mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.<sup>4</sup>

El soporte a los principios de “lean manufacturing”, se lleva a cabo en tres áreas básicas: gestión, planificación y ejecución, y reducción de actividades sin valor añadido<sup>5</sup>.

En el área de gestión, analiza todos los procesos y prácticas respecto a una serie de indicadores clave, y establece criterios fundamentales que sirven de punto de partida para medir las mejoras y progresos durante el proceso de implementación.

En el área de planificación y ejecución, la fabricación comienza cuando el cliente hace el pedido. Mediante el sistema Kanban de planificación y ejecución, se establece un flujo ordenado y

---

<sup>2</sup> (Womack & Jones, 2003)

<sup>3</sup> (Womack & Jones, 2003)

<sup>4</sup> (Womack & Jones, 2003)

<sup>5</sup> [www.ifsworld.com](http://www.ifsworld.com)

automático de materiales, tanto en lo que se refiere a peticiones y aprovisionamientos, como a cantidades, proveedores y lugares de destino, basándose en la demanda real.

Los proveedores pueden formar parte del sistema gracias al desarrollo de portales Web en los que pueden verificar los niveles de existencias y reponer ellos mismos el material en función de los niveles acordados.

La posibilidad de replicar actividades repetitivas sin necesidad de emitir órdenes de trabajo para cada una de ellas, o de establecer líneas de producción independientes para cada trabajo, son otras de las ventajas de este sistema que reduce los tiempos muertos entre cada etapa.

Por último, el sistema “lean” incide con especial interés en la reducción de actividades que no aportan valor añadido e identifica siete tipos de desperdicio<sup>6</sup>:

- Exceso de producción: producir más de lo que el cliente demanda o hacerlo antes de tiempo.
- Retrasos: por falta de planificación, de comunicación o de tardanza en el suministro de materiales, herramientas, información.
- Transportes desde o hacia el lugar del proceso: los materiales se deberían entregar y almacenar en el punto de fabricación, para evitar traslados innecesarios.
- Inventarios: se deben reducir al mínimo ya que suponen un costo financiero y de almacenamiento.
- Procesos: dedicar más esfuerzos de los necesarios en revisiones y actualizaciones; la calidad se debe insertar en todas las etapas del proceso de forma que cada una de ellas sea correcta desde el principio.
- Defectos: consumen una parte importante de los recursos para su solución, aumenta los costos y el tiempo de trabajo.
- Desplazamientos: los empleados deben tener a su disposición todas las herramientas y recursos que vayan a necesitar para evitar desplazamientos innecesarios.

---

<sup>6</sup> [www.ifsworld.com](http://www.ifsworld.com)

La implementación de “lean manufacturing” es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son:

1. Reducción en costos de producción.
2. Reducción de inventarios y del tiempo de entrega.
3. Mejor calidad.
4. Menos mano de obra.
5. Mayor eficiencia de equipo.
6. Disminución de desperdicios.
7. Evita sobreproducción.
8. Reduce tiempos de espera
9. Reduce transporte

Los principios clave de “lean manufacturing” son<sup>7</sup>:

- Calidad perfecta a la primera - búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas desde su origen
- Minimización del desperdicio – eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio)
- Mejora continua – reducción de costos, mejora de la calidad y aumento de la productividad
- Procesos "PULL": los productos se jalen por el cliente final, no se empujan por la producción
- Flexibilidad – producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores considerando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> (Womack, Jones, & Roos, 2007)

“Lean manufacturing”, como se mencionó anteriormente, es una metodología que permite optimizar los recursos de una empresa y lograr hacer más con menos. Provee las estrategias para llevar a cabo una tarea más eficientemente gracias a la continua re evaluación del proceso para convertir el desperdicio en valor<sup>9</sup>.

La empresa está interesada en las ventajas que “lean manufacturing” puede aportarle, como evitar sobre producción, inventario entre estaciones y reducción de tiempos de ciclo; que les permitirá mantener a sus clientes satisfechos, tener la oportunidad de aumentarlos y principalmente entregar un producto de calidad a tiempo.

---

<sup>8</sup> (George, 2003)

<sup>9</sup> (Womack & Jones, 2003)

## 1.2 MAPA DE CADENA DE VALOR

---

Esta sección explica qué son, cómo se hacen y para qué sirven los mapas de cadena de valor actual, mapas de cadena de valor futuro y los planes de implementación. Se comienza explicando qué son los mapas de cadena de valor, los procedimientos y consideraciones necesarias para hacerlos. Se comenzará con el mapa de cadena de valor actual y después con el mapa de cadena de valor futuro. Finalmente se explicará qué es y cómo se hace un plan de implementación.

---

### 1.2.1 MAPA DE CADENA DE VALOR:

---

El mapeo de la cadena de valor es una técnica que se utiliza para analizar el flujo de información y de materiales requeridos para llevar un producto o servicio a un consumidor. Las ventajas de utilizar un mapa de flujo de valor son:

- Ayuda a visualizar el flujo de información y materiales.
- Ayuda a visualizar las fuentes del desperdicio en el flujo de valor.
- Forma la base de un plan de implementación, al ayudar en el diseño de cómo debería operar el flujo dentro de la empresa.
- Muestra el vínculo entre el flujo de información y el flujo de materiales.
- Es una herramienta cualitativa por medio de la cual se puede describir en detalle cómo debería operar la fábrica.

Al trabajar con un mapa de cadena de valor se debe seleccionar una familia de productos dentro de la planta. Una familia de productos se puede definir como un grupo de productos que pasan a través de procesos similares.<sup>10</sup>

Una vez que se han identificado las familias de productos, se selecciona una de ellas y se crea el mapa de cadena de valor actual. Para dibujar el mapa de valor actual, se recoge información del piso de producción. Posteriormente, a partir del mapa de cadena de valor actual, se creará un

---

<sup>10</sup> (Rother & Shook, 1999)

mapa de cadena de valor futuro, que es una representación del estado futuro al cual se desea alcanzar. El paso final es preparar un plan de implementación, que describe cómo se planea materializar el estado futuro deseado.

---

### 1.2.2 EL MAPA DE CADENA DE VALOR ACTUAL:

---

El mapa de Cadena de Valor Actual es un dibujo que por medio de símbolos se muestran gráficamente el flujo de valor del producto.

El flujo de valor se divide en dos partes: el flujo de materiales y el flujo de información. A continuación se describe como se representa el flujo de materiales y después el flujo de información. Finalmente se describe el proceso utilizado para dibujar el mapa de flujo de valor actual.

#### 1.2.2.1 REPRESENTACIÓN DEL FLUJO DE MATERIALES:

---

Los procesos e inventarios se dibujan de izquierda a derecha, siendo la izquierda la llegada de material de proveedores, y la derecha la salida de material hacia el cliente.

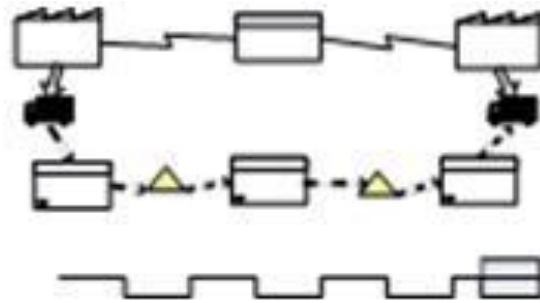


ILUSTRACIÓN 1.2.2-1: MAPA DE CADENA DE VALOR

Para representar el flujo de material, se dibujan iconos de procesos, inventarios, transportes de material, clientes y proveedores. Se dibujan los procesos con cajas de procesos, que además indican el tiempo de ciclo, el tiempo de cambio de herramental, el tiempo disponible, el número de operadores y el porcentaje de tiempo que la máquina está disponible para trabajar (uptime). (Ilustración 1.2.2-1)

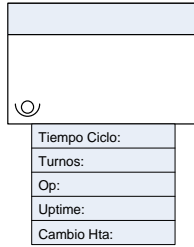


ILUSTRACIÓN 1.2.2-2: CAJA DE PROCESO

Los inventarios se dibujan con un triangulo y tienen indicada la cantidad de inventario. (

Ilustración 1.2.2-3)

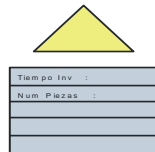


ILUSTRACIÓN 1.2.2-3: INVENTARIOS

Se dibujan camiones para indicar movimiento de material desde proveedores a la planta, y de la planta hacia los clientes. La información adicional que se indica es la frecuencia de envíos.

(Ilustración 1.2.2-4)



ILUSTRACIÓN 1.2.2-4: TRANSPORTE

Los proveedores y clientes se representan dibujando fabricas, junto con la cantidad de materia prima, piezas o productos, la frecuencia y el tamaño de lotes que se envían o reciben.

(Ilustración 1.2.2-5)



ILUSTRACIÓN 1.2.2-5: PROVEEDOR O CLIENTE



Finalmente si el material se mueve empujándolo de un proceso a otro, se representa utilizando una flecha rayada.(Ilustración 1.2.2-6)



ILUSTRACIÓN 1.2.2-6: FLECHA "PUSH"

### 1.2.2.2 REPRESENTACION DEL FLUJO DE INFORMACIÓN:

---

El flujo de información representa el movimiento de información y el control de producción. Para representar el control de producción se utiliza un cuadro indicando qué tipo de control de producción se utiliza. Cada flecha debe indicar qué información y con qué frecuencia se envía. Existen dos tipos de flechas de información; una flecha recta se usa para representar información escrita, y la información electrónica se representa por una flecha en forma de rayo. (Ilustración 1.2.2-7)

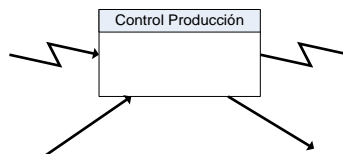


ILUSTRACIÓN 1.2.2-7: CONTROL DE PRODUCCION Y SU FLUJO DE INFORMACION

### 1.2.2.3 PROCESO PARA DIBUJAR EL MAPA DE CADENA DE VALOR ACTUAL:

---

#### 1.2.2.3.1 DIBUJANDO EL FLUJO DE MATERIALES:

Para dibujar el mapa de flujo de valor, se comienza caminando a través del piso de producción, desde la zona de embarque al cliente, a la zona de llegada de materiales de los proveedores. Se representa al cliente en la esquina superior derecha, y se recogen datos como el número de piezas enviadas, el tamaño de los lotes y la demanda. Debajo del símbolo del cliente, se agrega la frecuencia con que se envían productos. (Ilustración 1.2.2-8)

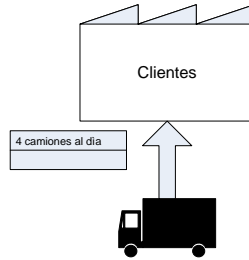


ILUSTRACIÓN 1.2.2-8: ENVIO DE PRODUCTOS A CLIENTES

A continuación, si existe inventario entre procesos o envíos, se dibuja un triángulo indicando la cantidad de inventario que se encontró en ese momento. Los procesos se dibujan con un cuadro de proceso, y se indica el tiempo de ciclo, el tiempo de cambio de herramental, el porcentaje de funcionamiento de máquina, el número de operadores y el tiempo disponible. (Ilustración 1.2.2-9)

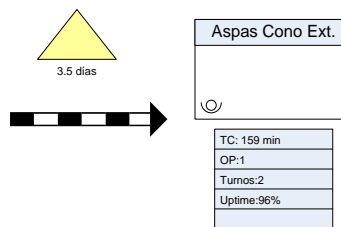


ILUSTRACIÓN 1.2.2-9: INVENTARIO ENTRE PROCESOS

Se debe representar en una sola caja varios procesos, cuando hay un flujo continuo entre ellos, por ejemplo en una célula de manufactura. (Ilustración 1.2.2-10: Flujo Continuo, se representa con una sola caja de procesos. (Rother & Shook, 1999)) Cada vez que se encuentre inventario entre procesos, se dibujará un triángulo de inventario, y a continuación se dibujara otra caja representando el o los procesos anteriores. (Ilustración 1.2.2-11)

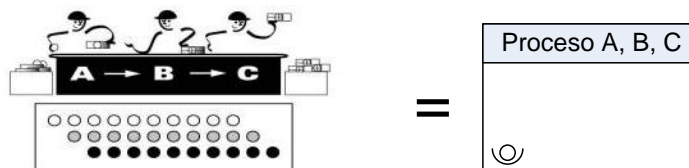


ILUSTRACIÓN 1.2.2-10: FLUJO CONTINUO, SE REPRESENTA CON UNA SOLA CAJA DE PROCESOS. (ROTHER & SHOOK, 1999)

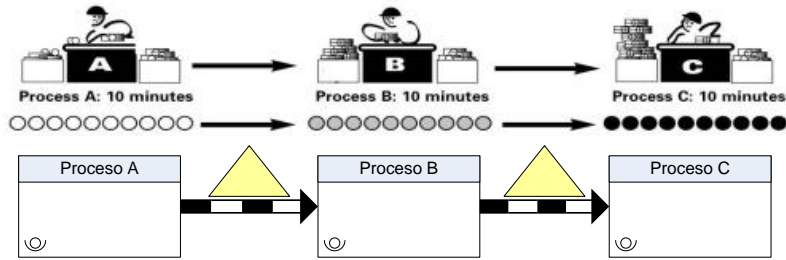


ILUSTRACIÓN 1.2.2-11: FLUJO NO CONTINUO, SE REPRESENTA CADA PROCESO INDIVIDUALMENTE. (ROTHER & SHOOK, 1999)

Se continuará caminando a través del piso de producción hasta llegar a donde se recibe el material de proveedor, se representará el embarque y en la esquina superior izquierda al cliente. Si el material o trabajo en proceso se mueve por un sistema de empuje, se dibujará una línea rayada entre procesos. (Ilustración 1.2.2-12)



ILUSTRACIÓN 1.2.2-12: ENVIO MATERIA PRIMA DEL PROVEEDOR

### 1.2.2.3.2 DIBUJANDO EL FLUJO DE INFORMACIÓN:

Para dibujar el flujo de información, se utilizarán las flechas de información y el cuadro que represente el control de producción. Si el cliente ordena una vez al mes por vía electrónica, se dibujará una línea electrónica desde el cliente hasta el control de producción indicando la frecuencia con que lo hace. Si en control de producción se ordena semanalmente, se dibujara una línea recta desde control de producción hacia el símbolo de proveedor, indicando que la orden es semanalmente. Se debe indicar el flujo de información desde el control de producción hacia los procesos donde sea necesario. (Ilustración 1.2.2-13)

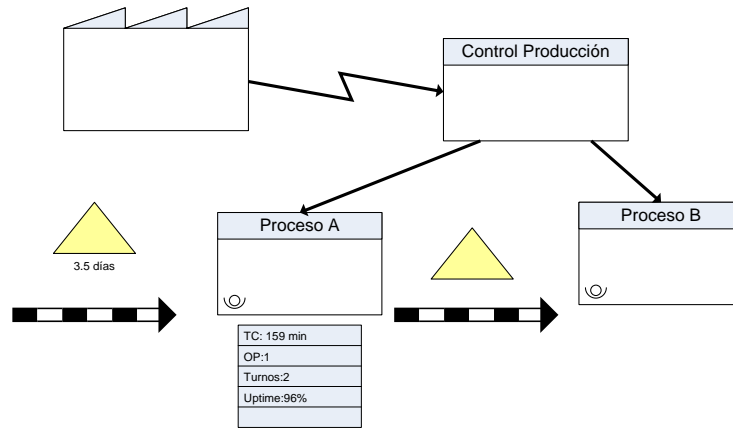


ILUSTRACIÓN 1.2.2-13: FLUJO DE INFORMACION

#### 1.2.2.4 CONSIDERACIONES FINALES DEL MAPA DE VALOR ACTUAL:

El mapa de cadena de valor no representa el “layout” de la fábrica, en cambio representa el flujo del producto, de izquierda a derecha en la parte inferior, y el flujo de información en la parte superior. Una vez que se termina de dibujar el mapa de valor, se puede dibujar una línea de tiempo en el extremo inferior. La línea de tiempo se divide en dos partes; elevada indica la cantidad de inventario expresada en tiempo, y normal indica el tiempo de ciclo en ese proceso o procesos continuos. Al final de la línea de tiempo, se suman los tiempos en la parte superior, y por separado los de la parte inferior. Los tiempos en la parte inferior representan los tiempos de procesamiento o que agregan valor al producto. En la parte superior estará el tiempo en que se completa el proceso (lead time). (Ilustración 1.2.2-14)

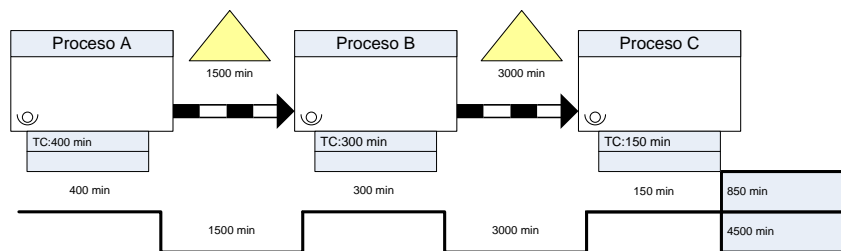


ILUSTRACIÓN 1.2.2-14: LINEA DE TIEMPO

Para calcular estos tiempos se utiliza la siguiente fórmula: (Ecuación 1.2-1)

ECUACIÓN 1.2-1: CALCULO LEAD TIME

$$LeadTime = \frac{cantidad\_de\_inventario}{requerimientos\_diarios\_del\_cliente}$$

Por lo general al comparar el tiempo en que se completa el proceso (lead time), con el tiempo que agregan valor al producto, se puede apreciar una gran diferencia.

#### 1.2.2.5 COMO HACER UN FLUJO DE VALOR ESBELTO (LEAN):

---

Existen ciertas estrategias que se pueden utilizar para convertir el flujo de valor en esbelto. Varias de ellas se enfocan en intentar eliminar desperdicios. A continuación se describe como eliminar los desperdicios.

##### 1.2.2.5.1 ESTRATEGIAS PARA ELIMINAR DESPERDICIOS:

Por lo general, el desperdicio más importante es la sobreproducción. Sobreproducción significa producir más, antes y a mayor velocidad de lo que requiere el siguiente proceso.<sup>11</sup> La sobreproducción trae varios tipos de desperdicios, como inventario excesivo, dinero atorado en ese inventario, lotes de partes que deben ser almacenados y requieren espacio, manejo de material que requiere personal y equipo, aumento de tiempo para completar el trabajo, etc.<sup>12</sup>

A continuación se describen algunas estrategias para eliminar “desperdicios”:

**Producir al ritmo del tiempo de tacto:** El tiempo de tacto indica el ritmo de producción al que se debe de producir un producto y sus componentes. Para lograr producir utilizando el tiempo de tacto se debe proveer una solución rápida a los problemas que lleguen a surgir y eliminar tiempos de cambios de herramental y tiempos muertos. (Ecuación 1.2-2)

---

<sup>11</sup> (Rother & Shook, 1999)

<sup>12</sup> (Rother & Shook, 1999)

#### ECUACIÓN 1.2-2: CALCULO TIEMPO DE TACTO

$$tiempo\_de\_tacto = \frac{tiempo\_disponible\_de\_trabajo\_por\_turno}{tasa\_de\_demanda\_del\_cliente\_por\_turno}$$

Para evitar la sobreproducción, una estrategia útil es producir a la velocidad del tiempo de tacto. El tiempo de tacto se calcula dividiendo la tasa de la demanda de los clientes por turno entre el tiempo disponible de trabajo por turno.<sup>13</sup>

**Desarrollar flujo continuo donde sea posible:** El flujo continuo se refiere a producir una pieza y pasarla inmediatamente al siguiente proceso sin estancamiento entre procesos. El flujo continuo se utiliza en las líneas de producción, y está comprobado que es la forma más eficiente de producción. Al hacer esto en el flujo de producción, se eliminan inventarios intermedios.

**Desarrollar supermercados para controlar la producción donde no se pueda desarrollar flujo continuo:** En los lugares donde es necesario utilizar lotes de producción se pueden utilizar supermercados. El supermercado es un inventario controlado por medio de Kanbans. El propósito de utilizar supermercados entre dos procesos es dar instrucciones de trabajo al proceso anterior, sin tener que predecir la demanda del proceso siguiente. De esta forma se elimina la necesidad en que control de producción programe diferentes áreas de la fábrica.

**Intentar programar únicamente un proceso de producción:** Se le llama proceso marcapaso (pacemaker process) al proceso donde se controla la producción, y este a su vez fija el paso de todos los procesos anteriores.<sup>14</sup> En este caso únicamente se debe programar este proceso especial, y los procesos anteriores deberán trabajar a su ritmo. Es importante intentar fijar el proceso marcapaso lo más cercano posible al cliente, para que controle la mayor parte posible de procesos anteriores.

---

<sup>13</sup> (Rother & Shook, 1999)

<sup>14</sup> (Rother & Shook, 1999)

**Distribuir la producción de diferentes productos uniformemente sobre el tiempo en el proceso marcapaso:** Se debe intentar nivelar la mezcla de productos uniformemente en un periodo de tiempo. Para lograrlo se deben reducir casi completamente los tiempos de cambio de herramental.

Nivelar el volumen de producción: No es recomendable liberar la producción al inicio del día por varias razones:

- El volumen de trabajo no es constante a lo largo del día.
- Se vuelve difícil monitorear la situación.
- Responder a los cambios en requerimientos del cliente se vuelve muy complicado
- Al liberar la producción a un nivel constante, se crea un flujo de producción predecible.

---

### 1.2.3 EL MAPA DE CADENA DE VALOR FUTURO:

---

Uno de los propósitos del mapeo de cadena de valor es resaltar las fuentes de desperdicio y eliminarlas al implementar mapas de cadena de valor futuro. Se quiere construir una cadena de producción donde los procesos individuales estén vinculados a sus procesos clientes (procesos siguientes) por medio de un flujo continuo o un sistema de jale. Al lograr esto se producirá lo que los procesos clientes quieren y en el momento que lo necesiten.

Al dibujar un mapa de valor futuro se quiere lograr mejorar lo máximo posible utilizando lo que se tiene disponible. Es decir, a menos que se estuviera introduciendo un nuevo producto, no se cambiará el diseño del producto, maquinaria o instalaciones actuales inmediatamente. <sup>15</sup>

#### 1.2.3.1 PROCESO PARA DIBUJAR EL MAPA DE VALOR FUTURO:

---

El Mapa de Cadena de Valor Actual ayudará a visualizar situaciones y problemas que evitan que el flujo de valor sea esbelto. A partir del mapa actual se dibujará un mapa de valor futuro siguiendo las siguientes recomendaciones, que ayudarán a eliminar los problemas detectados:

---

<sup>15</sup> (Womack & Jones, 2003)

### 1.2.3.2 RECOMENDACIONES PARA DIBUJAR EL MAPA DE VALOR FUTURO:

---

Al dibujar un mapa de valor futuro, se debe considerar:

- **El tiempo de tacto de la familia de productos elegida:** Todos los procesos deben estar debajo del tiempo de tacto. Si algún proceso se encuentra arriba de este tiempo, se debe encontrar la forma de disminuir su tiempo de ciclo. Por lo general se quiere que el proceso marcapaso trabaje por debajo y muy cerca del tiempo de tacto.
- **Decidir si los productos terminados se deben enviar directamente al cliente, o a un supermercado de bienes terminados:** Si se decide enviar directamente al cliente, se requiere de un tiempo para completar el proceso (lead time), muy corto y confiable. De otra forma es más recomendable enviar el producto a un supermercado.
- **Encontrar dónde se puede usar un flujo continuo:** Existen ciertas operaciones donde no es posible utilizar un flujo continuo, por ejemplo una operación donde los tiempos de ciclo sean muy diferentes a las demás, donde se deba trabajar con lotes de producción, o donde físicamente es imposible utilizar un flujo continuo. En todas las demás operaciones, se debe intentar producir utilizando un flujo continuo. Para lograrlo, se puede hacer una redistribución de los elementos de trabajo en las operaciones, con el fin de estar debajo del tiempo de ciclo, y utilizar lo menos posible de operadores, o eliminar desecho en el proceso por medio de herramientas como “Kaizen”.
- **Determinar dónde utilizar sistemas de supermercados:** En las operaciones donde no fue posible utilizar un flujo continuo, se utilizan otros sistemas de control de producción como los supermercados. Un supermercado es básicamente un inventario controlado por medio de Kanbans, que jalan la producción cuando es necesario.
- **Establecer un proceso marcapaso:** Se establece un proceso marcapaso para solo tener que programar la producción en ese proceso y que este jale toda la producción. Es importante que esté lo más cerca posible al cliente y que este pueda jalar la producción. No sería de utilidad establecer un proceso marcapaso en un proceso que aunque estuviera cerca del cliente, no lograra jalar correctamente la producción.

---

### 1.2.4 DIBUJANDO EL MAPA DE CADENA DE VALOR FUTURO:

---



Tomando estas consideraciones en cuenta, se vuelve a dibujar otro mapa de cadena de valor. Primero se establece el tiempo de tacto, a partir de ahí, se juntan procesos donde sea posible que trabajen con un flujo continuo. (Ilustración 1.2.4-1)

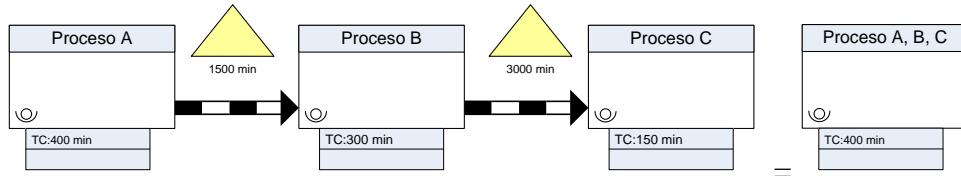


ILUSTRACIÓN 1.2.4-1: PROCESOS SEPARADOS

En los procesos donde no es posible juntar procesos, se establecen supermercados. (Ilustración 1.2.4-2)

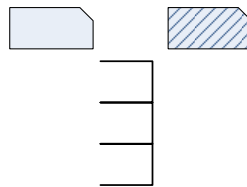


ILUSTRACIÓN 1.2.4-2: SUPERMERCADO

Se establece un proceso marcapaso, y se le envía desde control de producción la secuencia adecuada de producción, poco a poco a lo largo del turno. Este proceso por lo tanto jala a los procesos anteriores. (Ilustración 1.2.4-3)

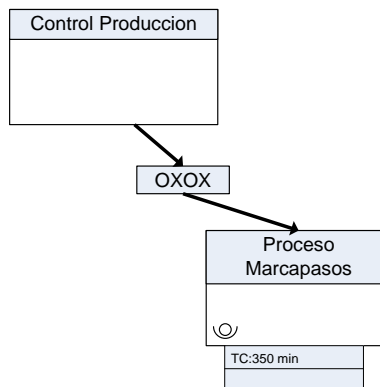


ILUSTRACIÓN 1.2.4-3: PROCESO MARCAPASO

En los procesos posteriores al proceso marcapaso, en lugar de dejar inventarios, se utilizan otros sistemas como “inventarios FIFO”. (Ilustración 1.2.4-4)



ILUSTRACIÓN 1.2.4-4: FIFO

Finalmente después de haber hecho estas consideraciones y haberlas aplicado en el mapa de valor futuro, se puede hacer una comparación entre el mapa actual, y el mapa futuro deseado. Se compara el lead time del mapa de cadena de valor actual con el mapa de cadena de valor futuro para observar la mejora que se puede llegar a lograr. (

Ilustración 1.2.4-5: comparación mapa de cadena de valor actual y futuro

)

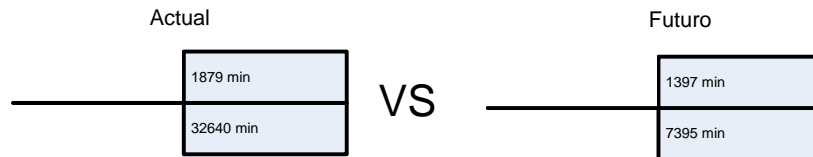


ILUSTRACIÓN 1.2.4-5: COMPARACIÓN MAPA DE CADENA DE VALOR ACTUAL Y FUTURO

### 1.3 IMPLEMENTACION:

---

El Mapeo de Cadena de Valor Futuro es tan solo una herramienta para visualizar hacia dónde se desea llegar. Lo realmente importante es el plan a implementar que convertirá el estado actual, al estado futuro deseado.

La implementación puede llegar a ser un proceso bastante largo. Es por esta razón que se divide en partes. A estas partes, o áreas, se les llama bucles de flujo de valor. El mapa de valor futuro se divide en estos bucles que se describen a continuación:

---

#### 1.3.1 BUCLES DEL MAPA DE CADENA DE VALOR

---

Los bucles del mapa de cadena de valor se pueden dividir en dos:

**Bucle del proceso marcapaso:** Este bucle encierra al proceso marcapaso con el flujo de material del cliente. Es el bucle que se encuentra más al final del flujo de valor, y por lo tanto el que más impacta a los bucles anteriores.

**Bucle de los procesos anteriores:** Estos bucles comienzan con un proceso y terminan con un supermercado. (Ilustración 1.3.1-1)

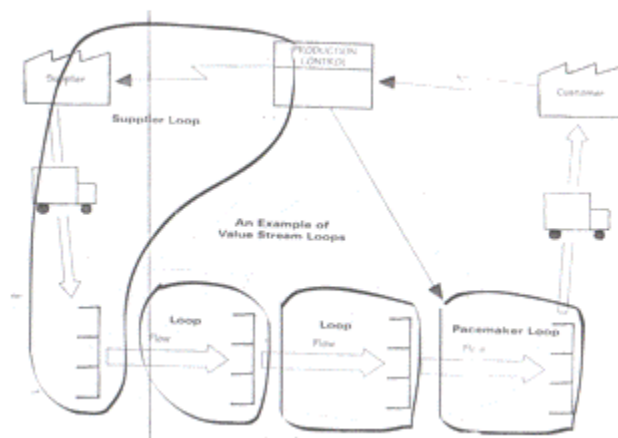


ILUSTRACIÓN 1.3.1-1: BUCLES DE IMPLEMENTACION (ROTHER & SHOOK, 1999)

---

### 1.3.2 CREACION DEL PLAN DE IMPLEMENTACION

---

Al haber dividido el mapa futuro en bucles, se fijan los objetivos deseados y las metas para cada bucle. Se creará un mapa de estado futuro que mostrará exactamente que se planea hacer, paso a paso, metas medibles y puntos de control fijos con fechas de entrega. Se comenzará a implementar en los bucles donde: el proceso es bien conocido y comprendido, donde hay altas posibilidades de tener éxito y donde se pueda conseguir un buen impacto económico por el esfuerzo. (Ilustración 1.3.1-1: Bucles de implementacion (Rother & Shook, 1999))

Al haber determinado cual será el bucle en el que se comenzará a trabajar, es recomendable seguir el siguiente patrón:<sup>16</sup>

- Desarrollar flujo continuo que opere en base al tiempo de tacto
- Establecer un sistema de jale para controlar la producción
- Nivelar la producción
- Practicar Kaizen para eliminar continuamente desperdicio, disminuir tamaños de lote y extender el rango del flujo continuo.

Para desarrollar un flujo continuo se deben estandarizar los elementos de trabajo, para que la producción sea consistente y predecible al tiempo de tacto. Después se desarrolla el sistema de jale para que la producción siga un flujo continuo. Finalmente se nivela la producción si es que existen diferentes productos en la familia de productos. Si solamente existe un tipo de producto en la producción se nivela el volumen de producción. (Ilustración 1.3.2-1)

---

<sup>16</sup> (Rother & Shook, 1999)

DATE		YEARLY VALUE STREAM PLAN											SIGNATURES						
PRODUCT FAMILY / BUSINESS OBJECTIVE		V.S. LINE	GOAL (MEASURABLE)	2000 MONTHLY SCHEDULE												INITIALS	DATE	INITIALS	DATE
Integral profitability in emerging markets	1	1	Transition flow from total assembly to 100% auto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
		2	*stamping pull	1 day inventory + pull schedule															
		3	*stamping changeover	batch size 200/300 pcs auto x 10 min															
	3	3	*pull for auto with daily delivery	daily delivery & 1.00 meter of auto in process															

ILUSTRACIÓN 1.3.2-1: PLAN DE IMPLEMENTACION (ROTHER & SHOOK, 1999)

### 1.3.3 CONCLUSION:

El Mapeo de Cadena de Valor, es una poderosa herramienta que requiere ser renovada frecuentemente, es decir, generar un mapa de cadena de valor actual, después uno de valor futuro, implementar y volver a comenzar el ciclo de mejora continua. (Ilustración 1.3.3-1)

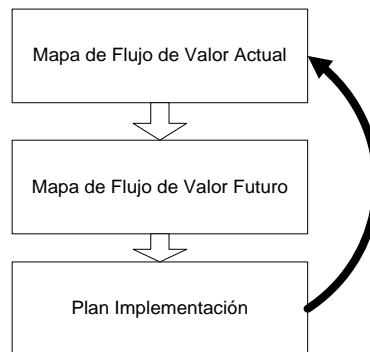


ILUSTRACIÓN 1.3.3-1: FLUJO DEL MAPEO DE CADENA DE VALOR

Con la ayuda de los mapas de cadena de valor y el plan de implementación, se sabrán que acciones y metas se deberán seguir para poder implementar manufactura esbelta en una fábrica.

---

### 1.3.4

---

## 1.4 KANBAN

---

En esta sección se explicará que es el sistema de control de producción Kanban, los tipos de Kanban que se utilizan y su funcionamiento.

Kanban es un sistema de control de producción, en el que se utilizan tarjetas. En un sistema de control de producción de empujar, la producción se programa y se va liberando, en cambio en un sistema Kanban, la producción se va liberando conforme el cliente lo demanda, es decir, el cliente jala la producción. En un sistema Kanban, la producción se activa por la demanda. Cuando se retira una pieza del punto final de inventario, se autoriza a la última estación a reemplazar la pieza. Este proceso se repite cada vez que una estación que utiliza una pieza, le indica a la estación anterior que reemplace la pieza que fue utilizada, de esta forma la producción se “jala” a través de todo el piso de producción.<sup>17</sup>

---

### 1.4.1 VENTAJAS DEL USO DE SISTEMAS KANBAN:

---

Algunas de las ventajas que se pueden obtener al utilizar sistemas Kanban son:

- Reducción de los niveles de inventario.
- Reducción de “WIP” (Work in Process) inventario en proceso.
- Flexibilidad en la calendarización de la producción.
- Provee información rápida y precisa.
- Evita sobreproducción.
- Minimiza desperdicios.

---

### 1.4.2 TIPOS DE SISTEMAS KANBAN:

---

Generalmente se utilizan dos tipos de sistemas Kanban:

---

<sup>17</sup> (Hopp & Spearman, 1996)

- Sistemas de 2 tarjetas
- Sistemas de 1 tarjeta<sup>18</sup>

A continuación se explica su funcionamiento.

#### 1.4.2.1 KANBAN DE DOS TARJETAS:

En los sistemas de producción donde las estaciones están alejadas, generalmente se utiliza un sistema Kanban de dos tarjetas. El funcionamiento de este sistema es el siguiente.

Se tienen dos tipos de Kanbans:

1. El Kanban de producción “activa” la producción de partes. (Ilustración 1.4.2-1)
2. El Kanban de movimiento es básicamente una lista de compras que instruye a un “transportador” que piezas transferir. (Ilustración 1.4.2-1)

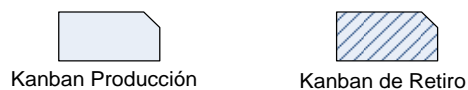


ILUSTRACIÓN 1.4.2-1: TARJETAS KANBAN DE PRODUCCION Y RETIRO

- Cuando una estación está disponible para hacer una nueva pieza, es decir ha terminado de procesar alguna pieza, el operador toma un Kanban (tarjeta) de producción de una caja. Esa tarjeta le indica al operador que pieza en específico se requiere en la siguiente estación.
- Si en el inventario de entrada tiene los componentes necesarios para hacer esa pieza, quitará los Kanbans de movimiento que tenían los componentes y colocará los Kanbans en otra caja. Esto básicamente indica al transportador, que ha tomado un componente, y que necesita que lo vuelva a surtir.
- Si no tiene los componentes necesarios para hacer esa pieza, el operador tomará otra tarjeta de producción.

<sup>18</sup> (Gestiopolis)

- Cuando el operador encuentra la tarjeta de producción, si es que tiene los componentes necesarios para producir, procesará la pieza, le pegará un Kanban de producción, y colocará la pieza procesada con su respectivo Kanban en el punto de salida.
- Periódicamente un “transportador” revisará la caja que tiene los Kanbans de movimiento, y buscará los componentes indicados en esas tarjetas de sus puntos respectivos de salida.
- Después cambiará sus Kanbans de producción por los Kanbans de movimiento y moverá los componentes al punto de entrada donde se necesitan.
- Las tarjetas de producción que fueron removidas serán depositadas en las cajas de las estaciones de donde vinieron, como señales para rellenar el inventario en los puntos de salida.
- El transportador es el encargado de mover las piezas de una estación a otra. Puede hacerlo por medio de un montacargas, un operador, una grúa, etc.<sup>19</sup>

---

#### 1.4.2.2 KANBAN DE UNA TARJETA:

En los sistemas de producción donde las estaciones están cerca, se puede mover el inventario en proceso de una estación a otra sin requerir de un transportador. En estos sistemas se utiliza únicamente una tarjeta. El funcionamiento de este sistema es el siguiente:

- Se utiliza solamente un Kanban de producción, que “activara” la producción de partes.
- No será necesario un Kanban de movimiento debido a que, el mismo operador, simplemente quitará la tarjeta de producción del componente que utilizará, y moverá esa tarjeta a la caja del proceso anterior.<sup>20</sup>

---

#### 1.4.3 INFORMACION EN LAS TARJETAS:

---

---

<sup>19</sup> (Hopp & Spearman, 1996)

<sup>20</sup> (Hopp & Spearman, 1996)



El elemento a determinar en un sistema Kanban es el número de tarjetas que debe haber en cada estación. Este número controla la cantidad de inventario en proceso del sistema (*WIP*), al determinar el ritmo de producción (*TH*) y el tiempo de ciclo (*CT*). Esta relación se puede explicar mediante la Ley de Little: (Ecuación 1.4-1)

$$WIP = CT \times TH$$

ECUACIÓN 1.4-1: LEY DE LITTLE

La información que un Kanban debe indicar es la siguiente:

#### 1.4.3.1.1 KANBAN DE MOVIMIENTO:

- Número de parte a producir (código).
- Tamaño del lote.
- Número de la tarjeta.
- Estación de trabajo de origen.
- Estación de trabajo destino.
- Descripción de la pieza.
- Tipo de contenedor.
- Lugar de retiro.

#### 1.4.3.1.2 KANBAN DE PRODUCCION

- Número de parte a producir (código).
- Descripción de la parte.
- Tamaño del lote.
- Tipo de Contenedor.
- Número de la tarjeta.
- Lugar de destino.
- Estación de trabajo de origen.
- Estación de trabajo destino.

- Materiales requeridos.<sup>21</sup>

---

#### 1.4.4 CALCULO DEL NUMERO DE KANBANS NECESARIOS:

---

Para calcular el número de Kanbans necesarios entre dos estaciones se utiliza la siguiente fórmula: (Ecuación 1.4-2)

$$N = \frac{UT \times (1 + P)}{C}$$

ECUACIÓN 1.4-2: CALCULO NUMERO DE KANBANS

Donde:

$N$  = número necesario de contenedores entre dos estaciones de trabajo.

$U$  = ritmo de utilización en el siguiente centro de trabajo, usualmente partes por hora.

$T$  = el promedio de tiempo transcurrido necesario para que un contenedor haga el ciclo completo desde que deja la estación precedente, regresa y se rellena de piezas, y vuelve a salir.

$P$  = una variable que indica la eficiencia del sistema. Puede tomar un valor entre 0 y 1, donde 0 indica eficiencia perfecta y 1 indica ineficiencia perfecta.

$C$  = capacidad del contenedor estándar, en número de partes.

#### 1.5 ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

---

En la siguiente sección se describe ampliamente qué es un estudio de tiempos y movimientos, cuáles son sus aplicaciones y qué actividades se pueden mejorar a partir de la información obtenida.

El estudio de movimientos es el análisis cuidadoso de los diferentes movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo. Su objetivo es eliminar o reducir los movimientos ineficientes, y

---

<sup>21</sup> (Gestiopolis)

facilitar y acelerar los eficientes. El estudio de tiempos es establecer un estándar de tiempo permisible para hacer una tarea determinada, basado en la duración preestablecida, considerando fatiga, demoras personales y retrasos inevitables. Ambos, en conjunto con los principios de economía de movimientos, rediseñan el trabajo para lograr mayor efectividad y una tasa de producción más alta. Se utilizan para analizar un método determinado y ayuda al desarrollo de un centro de trabajo eficiente. Tienen como objetivo primordial hallar el método ideal, o el más cercano al ideal que pueda ser utilizado en la práctica. Tiene la finalidad de:

- Desarrollar el mejor método.
- Normalizar dichos métodos.
- Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada, y convenientemente adiestrada, haga cierta tarea u operación, trabajando a marcha normal.
- Ayudar al operario a adiestrarse siguiendo el mejor método.<sup>22</sup>

Antes de proceder a la investigación de una operación específica en un proceso debe estudiarse el proceso completo de hacer una pieza o un trabajo. Este estudio comprenderá generalmente un análisis de cada fase dentro del proceso de fabricación.

Para el análisis, la operación se divide en elementos pequeños y cada uno de ellos se cronometra con exactitud. El observador del estudio de tiempos valora la velocidad desarrollada por el operario durante el estudio y luego corrige el tiempo elegido, a fin de que un operario calificado, pueda hacer el trabajo con facilidad en el tiempo señalado. En paralelo especifica el conjunto de movimientos, tamaño, forma y calidad del material, las herramientas, plantillas, dispositivos de fijación, calibres y máquinas o instalaciones. La forma más común de mantener las normas es en una hoja de instrucciones normalizadas en las que se registran detalladamente la operación y las especificaciones para ejecutar el trabajo.

---

<sup>22</sup> (Barnes, 1968)

Dentro del estudio de movimientos hay que resaltar los movimientos fundamentales, que fueron definidos por los esposos Gilbreth y se denominan Therblig's. Son 17 y cada uno se identifica con un símbolo gráfico, un color y una letra o siglas<sup>23</sup>: (TABLA 1.5-1)

TABLA 1.5-1: MOVIMIENTOS THERBLIGS

<b>THERBLIG</b>	<b>LETRA O SIGLA</b>	<b>COLOR</b>
Buscar	B	Negro
Seleccionar	SE	Gris Claro
Tomar o Asir	T	Rojo
Alcanzar	AL	Verde Olivo
Mover	M	Verde
Sostener	SO	Dorado
Soltar	SL	Carmín
Colocar en posición	P	Azul
Precolocar en posición	PP	Azul Cielo
Inspeccionar	I	Ocre Quemado
Ensamblar	E	Violeta Oscuro
Desensamblar	DE	Violeta Claro

---

<sup>23</sup> (Lopez, 2001)

Usar	U	Púrpura
Retraso Inevitable	DI	Amarillo Ocre
Retraso Evitable	DEV	Amarillo Limón
Planear	PL	Castaño o Café
Descansar	DES	Naranja

---

### 1.5.1 TIPOS DE MOVIMIENTOS:

---

#### 1.5.1.1 EFICIENTES O EFECTIVOS:

---

De naturaleza física o muscular: alcanzar, mover, soltar y precolocar en posición

De naturaleza objetiva o concreta: usar, ensamblar y desensamblar

#### 1.5.1.2 INEFICIENTES O INEFECTIVOS:

---

Mentales: buscar, seleccionar, colocar en posición, inspeccionar y planear

Retardos o dilaciones: retraso evitable, retraso inevitable, descansar y sostener

