

Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta*

Revista Soluciones de Postgrado EIA, Número 5. p. 175-190. Medellín, marzo 2010

Lina Marcela Pedraza**

* Artículo basado en el trabajo de grado obligatorio para optar al título de Especialista en Gerencia de la Producción y el Servicio, EIA. Director: Luis Fernando Ospina Rúa, 2009.

** Ingeniera de Materiales, Universidad de Antioquia. Especialista en Gerencia de la Producción y el Servicio, EIA. produccion@incoal.com

MEJORAMIENTO PRODUCTIVO APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

Lina Marcela Pedraza

Resumen

La manufactura esbelta (lean manufacturing) es una forma de gestión de procesos que permite a las empresas adaptarse fácilmente a las condiciones cambiantes del mundo globalizado. Su aplicación es diferente en cada empresa, y depende de las condiciones propias, por ello no hay una "receta" que se siga al pie de la letra para adaptar esta metodología que ayuda a eliminar desperdicios mediante el uso eficiente de varias herramientas.

En este artículo se presenta una propuesta de implementación de manufactura esbelta en la línea de producción de platinas y barras calibradas de cobre. La metodología utilizada se enfoca en un diagnóstico de una de las líneas de producción por medio del desarrollo de un mapeo de valor actual, de esta manera se analiza la implementación de las herramientas de manufactura esbelta que ayuden a eliminar o disminuir desperdicios existentes en toda la línea, reducir los tiempos de entregas, mejorar el nivel de calidad y, por ende, reducir los costos.

Palabras clave: Manufactura Esbelta, Kaizen, SMED, mapeo de valor, productos calibrados, proceso de extrusión, desperdicios, fábrica visual.

Abstract

Lean manufacturing is a way of process management that allows companies to adapt easily the changing conditions of the globalized world. The application is different in each company and depends on the conditions that each company is facing, that's why there's no "recipe" that you can follow straight, the methodology adapted to each company helps to eliminate waste through the efficient use of several tools.

In this project it is shown a proposal of the lean manufacturing implementation in the platen and bars of copper production line. The methodology used is focused in a diagnostic of a production line through the development of the current value stream mapping. In this way it is analyzed the implementation of the lean manufacturing tools which help to eliminate or decrease existent waste in all the line and reduce delivery time improve the quality level and finally reducing costs.

Key Words: lean manufacturing, Kaizen, SMED, value mapping, calibrated products, extrusion process, waste, visual factory.

Mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta

Lina Marcela Pedraza

Revista Soluciones de Postgrados EIA, Número 5. p. 175-190. Medellín, marzo 2010

1. Introducción

El continuo cambio y exigencia de los mercados obliga a las organizaciones a estar en constante búsqueda y trabajar a diario en generar nuevas ventajas competitivas, para responder a cada uno de los retos expuestos y así mantenerse en el tiempo. Las organizaciones se encuentran buscando soluciones que generen una mayor productividad y eficiencia, pero sobre todo buscan diferenciarse y responder activamente a las exigencias diarias del mercado como son: entregas rápidas, alta calidad y precios competitivos; para ello buscan nuevas formas de producir, innovar y permanecer en el mercado.

Para el sector metalúrgico la crisis global en la industria automotriz comienza a afectar la producción nacional y hace

que las compañías manufactureras consideren la idea de producir para pasar a importar directamente los insumos (Laurerio, 2009), esto debido a los altos costos internos de producción y los bajos precios que oferta la competencia del exterior, por lo cual se ha notado una pérdida de competitividad del sector frente al mercado.

La línea de producción de estudio es la línea de platinas y barras calibradas de cobre. Esta línea está representada por varias etapas distribuidas en diferentes secciones desde la recepción de la materia prima hasta el despacho al cliente, lo que genera largos recorridos, inventarios, demoras, tiempos de montaje y otros generadores de retrasos en las entregas. Esta línea de producción está compuesta por cuatro líneas principales de productos que son:

Línea Azul. Corresponde a las familias de perfiles y barras de cobre sin calibrar (PC y BC-SC). Son productos que pasan muy rápido por la línea, ya que tienen un número de operaciones relativamente bajo y son de baja exigencia.

Línea Gris. Corresponde a las varillas puesta tierra (VPT), que son el producto de mayor demanda, el cual posee una alta exigencia y calidad, y además de ser procesados por casi todas las operacio-


nes de la línea tienen un proceso adicional de sacado de punta y marcación.

Línea Verde. Corresponde a las familias de barras de cobre calibradas (BC-C1 Y BC-C2). Terceros en el nivel de demanda actual.

Línea Roja. Corresponde a las platinas de cobre (PC-C1 Y PC-C2). Ocupan el segundo lugar en producto de mayor demanda y posee un gran potencial de incremento ya que tiene un buen mercado.

Tabla 1. Matriz producto y familias de producto / Proceso de la línea

N°	Familia de producto	Proceso												
		Recepción de materia prima	Fusión	Corte de tochos	Extrusión	Sacado de punta	Decapado	Calibración	Estirado	Corte	Enderizado	Sacado de punta y marcación	Brillado	Almacenamiento de producto terminado
1	AC-D	X	X	X	X									
2	AC-M	X	X	X	X									
3	AC-G	X	X	X	X									
4	FC-D	X	X											
5	FC-M	X	X											
6	FC-G	X	X											
7	BC-MAQ	X	X	X										
8	PC (Línea A)	X	X	X	X		X		X	X				X
9	BC-SC (Línea A)	X	X	X	X	X				X				X
10	BC-C1 (Línea V)	X	X	X	X	X	X		X	X				X
11	BC-C2 (Línea V)	X	X	X	X	X	X		X	X				X
12	PTC-C1 (Línea R)	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
13	PTC-C2 (Línea R)	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
14	VPT (Línea G)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X



Familias de productos por trabajar

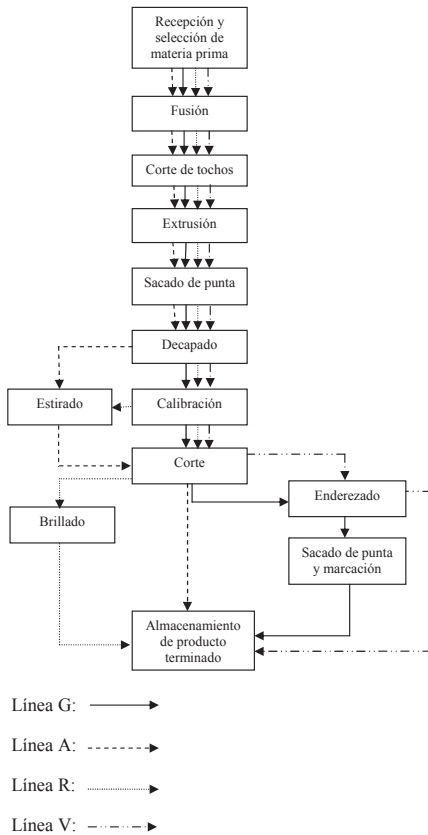


Figura 1. Flujo del proceso

En el desarrollo de la metodología de manufactura esbelta se utiliza la herramienta del mapeo de valor para realizar el análisis de estado actual de la compañía y otros métodos para la evaluación de desperdicios en la línea de producción.

En este artículo se planean tres fases de desarrollo; la fase I, o desarrollo del mapa de valor actual, el cual ayuda a realizar el diagnóstico de la compañía; la fase II que es el desarrollo del mapa de valor futuro en donde se realiza el análisis de

la información obtenida en la fase I y se proponen los planes de mejoramiento o kaizen; y la fase III que consiste en la elaboración de indicadores y su difusión por medio de la implementación de los conceptos de fabrica visual.

2. Metodología

La manufactura esbelta o en inglés “lean manufacturing” es una estrategia de producción basada en el sistema de producción Toyota (SPT) que busca utilizar las principales herramientas del SPT en busca de la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio u operaciones que no generan valor al producto, el mejoramiento continuo de la productividad y calidad; y el respeto por el trabajador o Kaizen.

El objetivo de la manufactura esbelta es implementar un concepto de mejoramiento continuo que permita reducir los costos, mejorar y renovar los procesos y eliminar los desperdicios; en busca de incrementar la satisfacción del cliente y generar mayor margen de utilidad a las compañías, proporcionando herramientas para enfrentar un mercado global que exige productos de excelente calidad, entregas rápidas a muy bajos precios y en cantidades requeridas (BOM, 2009).

La manufactura esbelta busca en concreto:

- Reducir la cadena de desperdicios en el sistema de producción.

- Reducir el inventario y el espacio en el área de producción.
- Crear sistemas de producción más flexibles.
- Crear sistemas apropiados de entrega de materiales.
- Mejorar las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

Este concepto concentra su metodología en la eliminación continua de desperdicios, y para esto ha identificado siete tipos de desperdicios que se presentan a través de toda la línea productiva, desde la recepción de materia prima hasta la entrega final al cliente. Estos desperdicios se exponen enseguida.

- *Sobreproducción.* Producir artículos para los que no existen órdenes de producción o en cantidades mayores que las requeridas por el cliente.
- *Espera.* Evitar que los operadores esperen observando las máquinas o esperan la entrega de recursos como información, herramientas, materiales o partes. Esperas por averías de maquinas y ajustes de equipos.
- *Transportes innecesarios.* Mover trabajo de un lugar a otro. Recorridos innecesarios durante el proceso de producción.
- *Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto.* Realizar procedimientos innecesarios, utilizar he-

rramientas inapropiadas o generar niveles de calidad que no son requeridos o apreciados por el cliente. Requiere estandarizar los métodos de trabajo y las necesidades de los clientes para evitar procesos innecesarios.

- *Inventarios.* Excesivos almacenamientos de materias primas, productos en proceso y productos terminados. Estos son generadores de largos tiempos de entrega, alto riesgo de obsolescencia de los productos, deterioro de los artículos, elevados costos de transporte, almacenamiento y retrasos.
- *Movimientos innecesarios.* Cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor al producto o servicio. Son actividades o movimientos efectuados por el personal como observar, buscar, acumular partes y herramientas.
- *Productos defectuosos o retrabajos.* Producción de partes defectuosas, reparaciones o reprocesos (Ortega, 2008).

Adicionalmente, se considera un octavo tipo de desperdicio especial y clave en el proceso de mejoramiento continuo, el cual es el talento que se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar los desperdicios.

Para implantar un concepto de mejoramiento continuo que les permita a las

organizaciones reducir sus costos, mejorar o renovar los procesos y eliminar los desperdicios, obteniendo productos que aumenten la satisfacción de los clientes, que cumplan con sus requisitos y especificaciones y generen un razonable margen de utilidad a las empresas; implica realizar muchos cambios dentro de las organizaciones. Si bien es cierto que los factores externos como la economía, deficiencias legislativas, negociaciones internacionales, la competencia, el dólar, afectan la competitividad de una empresa; también es cierto que es en su interior donde se encuentran las mayores oportunidades y todo los esfuerzos que se hagan por mejorar los procesos internos son los que ayudarán a obtener un incremento gradual de la competitividad de la compañía.

Para alcanzar los objetivos, Lean se basa en una serie de herramientas administrativas como son: Las 5 eses y fábrica visual que ayudan a obtener una planta organizada, limpia y administrable visualmente. Señales Visuales o "Andon", tarjetas de colores indicadoras de paros, indicadores de reprocesos o productos faltantes que ayudan a dar luz a los problemas y posibilita tomar las acciones del caso inmediatamente; la teoría justo a tiempo, el sistema de jalar (Pull System), las células de manufactura, el Kanban y el flujo continuo, permiten gestionar de forma adecuada la transformación de la materia prima hasta productos terminados en el menor tiempo posible, ayudado por el Heijun-

ca o nivelación de requisitos de producción. La herramienta Jidoka se enfoca en la administración de la calidad, los Poka Yoke que son herramientas que se utilizan para evitar los errores; el SMED o conjunto de métodos para reducir los tiempos de preparación y montaje; el TPM que es un concepto de mantenimiento preventivo total y todo ello ayudado por el Kaizen o mejoramiento continuo.

FASE I: DESARROLLO DEL MAPA DE VALOR ACTUAL

Existen varios pasos que se siguen para llevar a cabo la elaboración de un mapeo de cadena de valor, distribuidos en 8 ítems.

1. Identificar las líneas de producción a estudiar o familias de productos

Para desarrollar el mapa de valor actual de la línea de estudio, se realizó el análisis de la línea de productos seleccionada, por medio de paretos de demanda y la matriz de producto/proceso para identificar la ocupación de los equipos y las referencias que son procesadas en ellos. El diagnóstico de la cadena de valor de la línea de producción se hizo por medio de un seguimiento de todo el proceso para identificar las operaciones que generan mayor valor.

2. Identificar los datos principales

Se identifican las operaciones clave del proceso, se recopila la información del proceso, los datos de demanda, tiempos

de producción, tiempos disponibles de los equipos, tiempos de preparación y alistamiento de equipos; entre otros da-

tos necesarios para identificar las oportunidades de mejora del proceso (tabla 2).

Tabla 2. Variables clave del proceso

ITEM	NOMENCLATURA		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	Español	Inglés		
Demanda promedio anual	D	A/D	Es la demanda promedio por año del total de la familia de productos	28,414 (kg/año)
Demanda promedio mes			Es la demanda promedio por mes del total de la familia de productos.	23,620 (kg/mes)
Demanda promedio diaria			Es la demanda promedio diaria del total de la familia de productos	945 (kg/día)
Días disponibles (shipping month)	DD	SM	Número de días que se disponen en el mes	25 días
Capacidad del contenedor (units per container)	CC	UC	Capacidad de unidades del medio de transporte o movimiento	6000 kg
Containers por día (containers per day)	CCD	CD	Número de contenedores que se utilizan por día en el proceso	1 contenedor

3. Realizar el mapa de flujo general del proceso

Una vez efectuado el recorrido y recopilada toda la información del proceso, se realiza el diagrama inicial del flujo del proceso analizando todos los datos recopilados de cada una de las operaciones o actividades a través de la línea de producción, desde la materia prima pasando por todos los procesos de transformación hasta la entrega al cliente. (Ver figura 1).

4. Completar los datos del proceso

Identificadas las operaciones de toda la línea, se debe terminar de recopilar los datos necesarios y verificar toda la información de cada proceso para asignar a cada uno de ellos una caja de datos con toda la información. Para completar los datos del proceso como son: Tiempos disponibles, tiempos de ciclos, inventarios, reprocesos, set ups, entre otros. Se analizaron varios datos tomados durante el recorrido por la planta y otros

datos históricos que se manejan en la compañía (ver tabla 3).

5. Identificar los inventarios en el proceso

El inventario de cada proceso se debe dibujar e indicar en el mapa, ya que con esta información se calculan los días de abastecimiento de inventario.

Estos días de inventario se colocan en la parte inferior de cada símbolo de inventario en la línea de tiempo. La empresa está distribuida por secciones y por ello los inventarios o seguimientos a inventarios están tabulados por sección y no por operación que es como normal-

mente se encuentran distribuidos. Por ello, y para el desarrollo de esta propuesta, se determinaron los inventarios por operación o proceso tomando los kilos de inventario de cada operación, haciendo seguimiento por tres días y promediando los resultados.

Para determinar los tiempos de esperas o tiempo que transcurre desde que se compra la materia prima hasta que se entrega el producto al cliente, se calcula los días de abastecimiento de inventario que se tienen distribuidos por toda la línea de estudio. Para ello, se dividen los inventarios en proceso (WIP) por el total de la demanda diaria (ver tabla 4).

$$\text{Días de abastecimiento} = \frac{\text{Inventario en proceso (WIP)}}{\text{Demanda diaria}}$$

Tabla 3. Resumen de datos del proceso

ITEM		Recepción de materia prima	Fusión	Corte de tochos	Extrusión	Sacado de punta	Decapado	Calibración	Estrado	Corte	Enderezado	Sacado de punta y marcación	Brillado	Almacenamiento de producto terminado
Tiempo de ciclo del operario en segundos (cycle time)	OCT	7.5	9	1.2	1.8	1.7	1.2	1.9	1.5	1	1.9	0.8	0.8	7.5
Tiempo de ciclo de la máquina en segundos (machine cycle time)	MCT	2.8	17	0.8	2.7	0.5	4.3	1	1	0.7	1.3	1.3	0.5	-
Tiempo de cambio de producto en segundos (changeover time)	C/O	-	-	900	960	317	-	3633	-	920	315	1260	319	-



ITEM		Recepción de materia prima	Fusión	Corte de tochos	Extrusión	Sacado de punta	Decapado	Calibración	Estirado	Corte	Enderezado	Sacado de punta y marcación	Brillado	Almacenamiento de producto terminado
Tiempo disponible (availability)	TD	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200	25.200
Número de cambios de formato (shifts)	NC	-	-	2	6	4	-	2	-	1	4	1	2	-
Tiempo útil de la máquina (uptime)	UP	90%	89,9%	86%	81%	95%	-	96%	97%	93%	97%	96%	97%	-
Porcentaje de rechazos (scrap)	%R	0,05	1,17%	3,50%	16%	0,01%	0%	0%	0%	19%	0%	0,04%	0,01%	-
Número de operarios (operator)	OP	4	4	1	5	1	1	1	2	1	2	1	1	3
Inventario entre procesos (kg)	IP	1.400	1.000	1.400	100	1.780	600	500	700	200	500	850	650	200
Demanda diaria (kg)	D	1325	1319	1256	1205	982	1005	975	428	1005	479	371	341	945
Tiempo entre procesos (días)		1	1	1	0	2	1	1	2	0	1	2	2	-

Tabla 4. Inventarios en proceso

ITEM		Recepción de materia prima	Fusión	Corte de tochos	Extrusión	Sacado de punta	Decapado	Calibración	Estirado	Corte	Enderezado	Sacado de punta y marcación	Brillado	Almacenamiento de producto terminado
Inventario en proceso WIP (kg)	IP	1400	1000	1400	100	1780	600	500	700	200	500	850	650	200
Demanda por operación diaria (kg)	D	1335	1329	1256	1205	982	1005	975	428	1005	479	371	341	945
Tiempo entre procesos o esperas por inventario (días de inventario)		1	1	1	0	2	1	1	2	0	1	2	2	0

6. Totalizar y explicar los tiempos de proceso

Para cada proceso se debe resumir los tiempos de ciclo del operario (OCT) y de la máquina (MCT) y colocarlos en la parte inferior del símbolo de cada proceso en la línea de tiempo. Además ingresar en cada operación los tiempos que agregan valor al proceso que son aquellos que realmente se dedican a la transformación del producto. Cuando se tenga toda la información de tiempos en el mapa, se totalizan los tiempos de ciclo de todo el proceso, los que agregan valor a toda la línea, los días totales de inventarios y los metros recorridos o total de desplazamiento.

Para determinar los tiempos de ciclo totales por operación se debe tener claro qué tiempo es el que interviene para cada operación, si es el tiempo ciclo de la máquina, el tiempo de ciclo del operario o la suma de ambos; esto debido a que existen procesos en donde el tiempo de ciclo del operario absorbe el de la máquina o viceversa, o por el contrario estos tiempos se complementan y deben entonces sumarse.

7. Calcular las relaciones de tiempo del proceso

Los tiempos de proceso que agregan valor son aquellos tiempos de ciclo, que son necesarios para transformar la materia prima en un producto; mientras que los tiempos que no generan valor en el proceso son aquellos tiempos que

retrasan el proceso y que generan largos tiempos de entregas como son los días de inventario, tiempos de transportes, esperas y otros.

Las razones de tiempo del proceso se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Razón de tiempo que agrega valor} = \frac{\text{Tiempo total que agrega valor} \times \text{demanda diaria}}{\text{Tiempo disponible real}}$$

El espacio que agrega valor al proceso es considerado aquel espacio necesario para procesar cada producto, es decir, el espacio mínimo necesario que ocupan los equipos o un proceso. El espacio que no agrega valor son las distancias de desplazamientos de un proceso a otro, las áreas de almacenamiento de inventarios y los dobles recorridos de trayectos.

La razón de espacio que agrega valor se calcula en base al espacio que agrega valor total, con respecto al espacio total.

$$\text{Razón de espacio que agrega valor} = \frac{\text{Espacio que agrega valor total (m)}}{\text{Espacio total (m)}}$$

8. Hacer un diagrama de flujo de la información

Para completar el mapa de valor actual de la compañía se identifican en el mapa las líneas de flujo de la información (ver figura 2).

FASE II: DESARROLLO DEL MAPA DE VALOR FUTURO

Uno de los datos necesarios para el análisis del mapa de valor futuro es el

ritmo de la demanda del cliente en un día o en una hora; este ritmo es conocido también como el Takt time y es una herramienta que nos permite trabajar a un ritmo equilibrado y despachar justo a tiempo.

El Takt time es la relación que existe entre el tiempo disponible total después de restarle todos los tiempos de descansos y paros de equipos, dividido por la demanda diaria del cliente.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible total}}{\text{Demanda diaria}}$$

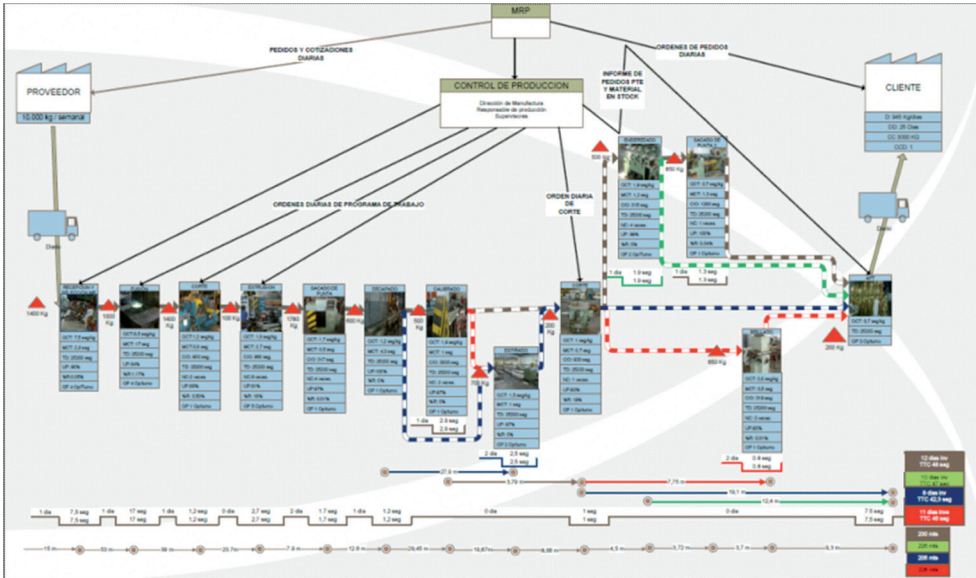


Figura 2. Mapa de valor actual

Para nuestro caso se calculo el takt time de la línea de producción de platinas y barras de cobre, utilizando el tiempo disponible calculado previamente de 25.200 segundos y una demanda diaria de 945 kilogramos, lo que nos da un takt time de 26,7 segundos, muy por encima de todos los tiempos de ciclo de operación de los procesos. Por lo tanto, la línea de producción posee una mayor capacidad de la requerida, ya que todos y cada uno de los procesos pueden pro-

ducir un kilogramo de producto más rápido de lo que demanda lo solicita; por ello nuestro problema es básicamente un problema de demanda y es en ésta en lo que se debe trabajar.

Por lo general, cuando se posee una mayor velocidad de respuesta que la demanda, las compañías trabajan para mantener ocupados sus operarios y generan grandes inventarios en proceso y en producto terminado. La forma de evitar este tipo de situaciones y

nivelar la producción con la demanda es agrupando procesos hasta conseguir un tiempo de ciclo igual que el takt time.

Ya que existe suficiente capacidad, se propone reducir el tiempo disponible

de un turno de 8 horas a 4 horas. Por lo tanto, se realizan los cálculos para la planta trabajando medio turno; utilizando un tiempo disponible de 10.800 segundos. La tabla 5 muestra los tiempos de ciclo de procesos y el takt time.

Tabla 5. Tiempos de ciclo de procesos y takt time

ITEM		Recepción de materia prima	Fusión	Corte de tochos	Extrusión	Sacado de punta	Decapado	Calibración	Estirado	Corte	Enderezado	Sacado de punta y marcación	Brillado	Almacenamiento de producto terminado
Tiempo total del ciclo	TTC	7,5	17	1,2	2,7	1,7	1,2	2,9	2,5	1	1,9	1,3	0,8	7,5
Takt time	TT	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4

La nivelación de la producción busca mantener una producción diaria uniforme y acorde con la demanda. Para ello deben nivelarse las cargas de producción y ajustar los tiempos de ciclo lo más cercano posible al takt time. Esto puede lograrse formando celdas de manufactura, en donde los tiempos de ciclo de una operación se suman a los tiempos de ciclo de la siguiente. En este caso, el mismo operario se encargara de realizar ambas operaciones.

La agrupación de procesos puede generar un incremento en el tiempo de ciclo y disminución de operarios en el proceso, ya que cuenta con capacidad suficiente para responder a la demanda; además, el hecho de formar celdas de manufactura reduce de entrada el nivel de inventarios en proceso, puesto que al agrupar dos o más procesos se tienen que controlar un solo inventario para cada celda y esto lo hace más controlable para el proceso.

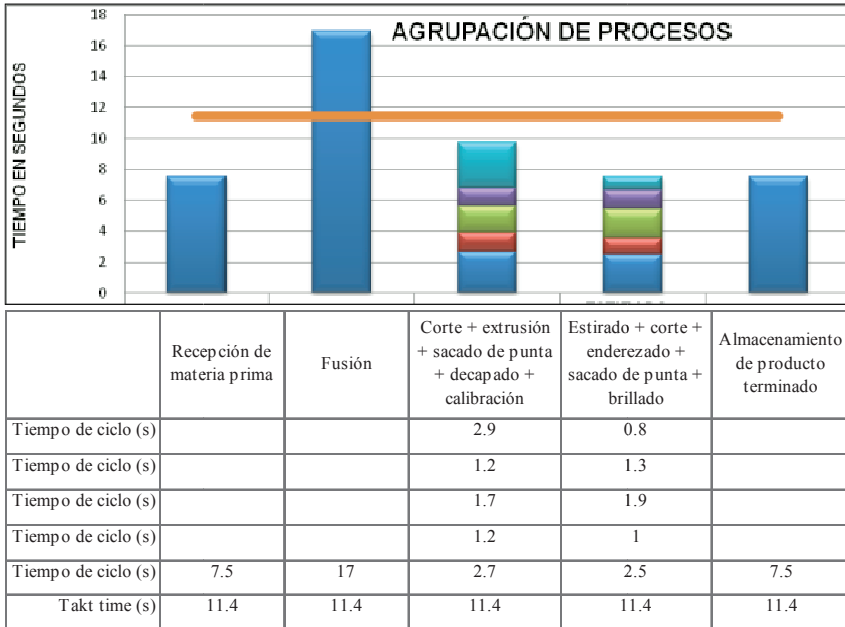


Figura 3. Tiempos de ciclo y takt time con la agrupación de procesos

De acuerdo con la nueva agrupación de procesos se calculan los nuevos tiempos de ciclo mostrados en la figura 3 y se desarrolla el mapa de valor actual (figura 4).

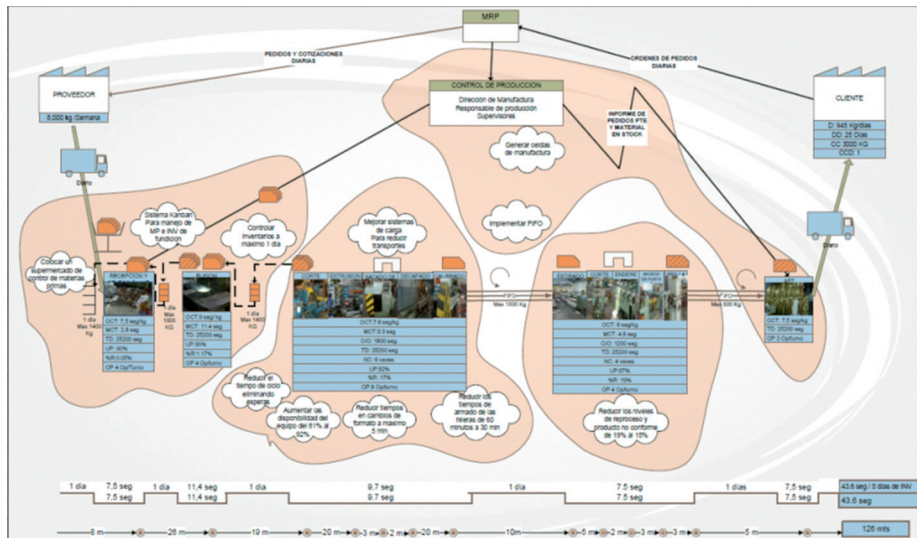


Figura 4. Mapa de valor futuro

Para la línea de producción de platinas y barras de cobre, el cual hemos podido evaluar por medio del mapa de valor actual. Hemos encontrado que, a pesar del exceso de capacidad que posee la línea para responder a la demanda, también existe dentro de ella una serie de desperdicios que han ayudado a que el tiempo de entrega se encuentre entre 9 y 12 días.

Los desperdicios que más han contribuido a generar esta demora en las entregas son las esperas, los transportes y los inventarios. Por ello, las principales oportunidades de mejora que podemos encontrar son la aplicación de SMED, para la disminución de esperas, sistemas de supermercado y control de inventarios; para disminuir el nivel de inventarios, los sistemas FIFO (Primeros en entrar, primeros en salir) y nivelación de la producción para mantener el flujo continuo y no retrasar ordenes; los sistemas Jidoka, para controlar el nivel de reprocesos y materiales no conformes; las 5 eses, y otros.

Identificadas las oportunidades de mejora se priorizan según el impacto que tengan en la reducción de tiempo de entrega, aumento de la flexibilidad y mejoramiento de la calidad o productividad; para luego, realizar el mapa futuro que ayudará a visualizar el estado del proceso después de la ejecución de las oportunidades encontradas. Las oportunidades de mejora encontradas se sitúan de igual forma en el mapa de valor actual.

Para alcanzar las oportunidades de mejora identificadas se utilizan las herra-

mientas Lean que apliquen y que ayuden a la solución del problema, además de la utilización del Kaizen como herramienta para el mejoramiento continuo.

Una vez se alcanza el estado definido en el mapa futuro, es necesario reiniciar, siempre tratando de perseguir la perfección y mantener una cultura de mejoramiento continuo, esto siguiendo la tabla de valoración de impacto de desperdicios para priorizar el trabajo de mejoramiento.

3. Conclusiones

El mapa de valor actual hace evidente la existencia de varios desperdicios a lo largo de toda la línea, esto se ve representado en las cuatro familias de productos principales; los cuales poseen unos tiempos de ciclo que van de 43.6 segundos a 48 segundos por kilogramo de producto, y de 8 a 12 días de inventario, además de unos recorridos que van desde 207 m a 238 m. Encontramos también varias esperas, por transportes y cambios de formatos en los procesos de extrusión y calibración.

El análisis de desperdicios de cada uno de los procesos indica que los desperdicios que más afectan la línea son las esperas y los transportes innecesarios, seguidos por la producción de inventarios y productos defectuosos. Además, los procesos que mayor nivel de desperdicios poseen son los de Extrusión y Calibración; y son estos los procesos donde se debe iniciar el plan de mejoramiento.

La implementación de las herramientas de Manufactura esbelta para la eliminación de desperdicios dentro de las líneas de producción no solo ayudan a mejorar el proceso, sino que con el tiempo estas implementaciones generan reducciones en los costos de la compañía. Esto se ve reflejado en el Kaizen desarrollado en el proceso de extrusión donde la implementación de SMED redujo los tiempos de cambio y disminuyó los costos de la herramienta al prolongar su vida útil. Es así como se pasó de un costo de \$450 a \$120 por matriz.

La evaluación del takt time o velocidad de la demanda, mostro que se produce más rápido de lo que la demanda lo solicita, ya que el takt time del proceso es mayor que los tiempos de ciclo de las operaciones. Por esta razón se agruparon algunos procesos para alinear los tiempos con el takt time, generando celdas de manufactura y nivelando la producción.

El mapa de valor futuro muestra la distribución de la planta al implementar celdas de manufactura y al unificar toda la línea; e identifica en él algunas de las oportunidades de mejora que pueden aplicarse. De esta forma pueden reducirse los tiempos de ciclo a 43,6 segundos, los días de inventario a 5 días y los recorridos a 126 m (casi la mitad del recorrido inicial). Además, se pueden reducir las esperas al implementar SMED, mejorar la calidad del producto y reducir el tiempo de entrega al nivelar la producción en toda la línea.

Referencias

- BOM Consulting Group. Lean Manufacturing. (En línea) < [http:// www.bomconsulting.com](http://www.bomconsulting.com)> consultado el 17 de julio de 2009.
- GARZA, Adriana. KAIZEN, Una mejora Continua. Ciencia UANL. Vol. VII, N° 3 (jul.-sep. 2005). Universidad Autónoma de Nuevo León. México, pp. 24-28.
- LAURERIO, Fabián. La República. Dificultades en la industria automotriz. Crisis global golpea sector metalúrgico. Uruguay. (consultado el 14 de julio de 2009). <<http://www.larepublica.com.uy/politica/351775-crisis-global-golpea-sector-metalurgico>>
- ORTEGA, Fabián. Siete desperdicios más uno. Uruguay 2008. <<http://lean-esp.blogspot.com/2008/09/71-tipos-de-desperdicios.html>>
- _____. Revista MM. Lean manufacturing: Y mayor productividad en la industria. Uruguay. (consultado el 2 de octubre de 2009) pp. 88-91 <<http://www.revista-MM.com>>
- _____. ¿Qué es value stream mapping (Mapeo de cadena de valor VSM)? Uruguay, 2008. < <http://lean-esp.blogspot.com/2008/10/qu-es-value-stream-mapping-mapeo-de-la.html>>
- OSPINA, Luis Fernando. Evolución de los sistemas de producción. En: Curso Dirección de Operaciones. Memorias Curso Dirección de Operaciones, EIA, 2009, pp. 8-20.
- _____. Manufactura Esbelta: Haciendo ligeras las organizaciones. En Jalkos. Publicación gratuita de INCOAL S.A. Edición 3. Segundo semestre de 2006, p. 8.
- _____. Principios Lean. En: Curso Seminario. Memorias Curso Seminario. Colombia, 2009, pp. 16-32.
- SANTA CRUZ, Roberto Javier. Una aproximación al pensamiento Lean hacia las empresas y naciones esbeltas. <<http://www.gestiopolis.com/operaciones/manufactura-esbelta-en-los-procesos-empresariales.htm>> México (consultado el 16 de septiembre de 2009).
- SOLÍS, Raquel y MADRIZ, Carmen. Aplicación de Ergo. Lean manufacturing en el análisis de valor. Tecnología en Marcha, Vol. 22, No. 1. (Ene.-Mar. 2009). p. 26.