



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE UNA
EMPRESA METALMECÁNICA UTILIZANDO
MANUFACTURA ESBELTA**

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:
VILLANUEVA HERRERA ALFREDO**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. GABRIEL
DE LAS NIEVES SÁNCHEZ GUERRERO**



MÉXICO D.F.

OCTUBRE 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a la institución que me forjó como profesional: La Facultad de Ingeniería.

Expreso un sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, el Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero.

Agradezco al CONACIT

Por su apoyo para la realización de mi Maestría y del presente trabajo.

A mi madre y padre:

Por su apoyo incondicional.

A mi hermano Maurilio

Por haber creído en mí

A mis maestros y amigos del postgrado de Ingeniería de la UNAM

Gracias a su apoyo para lograr alcanzar esta nueva meta.

ÍNDICE

PREFACIO.....

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DE LA MANUFACTURA ESBELTA

7

1.1 Origen y filosofía de la Manufactura Esbelta

7

1.1.1 Concepto de manufactura esbelta	8
1.2 Tendencias globales en manufactura	10
1.2.1 Aumento de la competencia global	10
1.2.2 Incremento en el énfasis de la administración de la cadena de suministros	10
1.2.3 Incremento del outsourcing	12
1.2.4 Mayor grado de intercambio de información.	12
1.2.5 Disminución de las tasas de ganancia	12
1.2.6 Reducción del número de proveedores.	13
1.2.7 Producción masiva personalizada	16
1.3 La manufactura esbelta en México, una perspectiva.	18
1.3.1 Dificultad para encontrar una red de proveedores confiables	18
1.3.2 Resistencia al cambio del personal.	19
1.3.3 Bajos niveles educativos	19
1.3.4 Sistemas de comunicación limitados	19
1.3.5 Cultura empresarial enfocada a resultados	20
1.3.6 Restricciones tecnológicas.	20
1.3.7 Ausencia de una cultura sobre manufactura esbelta.	20
1.4 Características de las empresas metalmecánicas nacionales	20
1.4.1 Clasificación de las empresas metalmecánicas	21

CAPÍTULO 2. LA MAUFACTURA ESBELTA

25

2.1 Principios del pensamiento esbelto.	25
2.1.1 Definir el valor desde el punto de vista del cliente	25
2.1.2 Identificación de la corriente de valor.	28
2.2 Herramientas de la manufactura esbelta	32
2.2.1 Mapas de corriente de valor	32
2.2.2 Celdas de manufactura	36
2.2.3 Reducción de las fallas en la maquinaria (Mantenimiento Productivo Total)	38
2.2.4 SMED Ajustes / cambios (de un sistema o actividad a otra)	39
2.2.5 Calidad en la fuente (dispositivos poka yoke)	43
2.2.6 Administración visual	45
2.3.1 Fase 1. Iniciación	51
2.3.2 Fase 2 Selección	51
2.3.3 Fase 3 Análisis	53
2.3.4 Fase 4 Medición	53
2.3.5 Fase 5 Mejora	56

2.3.2 Fase 2 Selección	51
2.3.3 Fase 3 Análisis	53
2.3.4 Fase 4 Medición	53
2.3.5 Fase 5 Mejora	56
CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE CASO: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN UNA EMPRESA APLICANDO MANUFACTURA ESBELTA	58
3.1 Iniciación	58
3.1.1 Descripción general de la empresa	58
3.1.1 Unidades de negocio de la empresa (UNE)	58
3.2 Selección	65
3.2.1 Características de los esterilizadores	65
3.2.2 Análisis del proceso de manufactura de esterilizadotes	66
3.2.3 Proceso de producción de un esterilizador	68
3.2.4 Distribución de planta actual	70
3.3 Análisis	72
3.3.1 Elaboración del mapa de corriente del valor de la situación actual.	72
3.3.2 Determinación de las causas raíz de los problemas detectados	76
3.4 Medición	80
3.4.1 Métricas de Costos de operación	81
3.4.2 Tiempo de respuesta	81
3.4.3 Métricas de Servicio al Cliente	82
3.4.5 Métricas de rentabilidad y márgenes	83
3.5 Mejora	87
3.5.1 Excesivo traslado de materiales y equipo	87
3.5.2 Tiempo excesivo de Set Up	89
3.5.3 Inspecciones largas y poco efectivas	93
3.5.5 Mapa de corriente de valor para la propuesta de mejora	95
3.5.6 Métricas financieras del proceso Propuesto	97
CONCLUSIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXO 1	104

PREFACIO

Es necesario fortalecer a la industria nacional en el entorno de la globalización, por lo cual es imprescindible contar con métodos de manufactura eficientes. El ideal central al desarrollar esta tesis es presentar un esbozo de lo que es la manufactura esbelta y la forma de llevar a cabo el desarrollo conceptual de la misma. Todo esto con el fin de hacerla más sencilla de entender y permitir que más empresas implanten esta metodología. Para ejemplificar el uso de esta metodología se presenta un estudio de caso, en el cual se realizará una evaluación de las condiciones actuales de los procesos y se hace la propuesta de un plan de mejora empleando las herramientas de Manufactura Esbelta.

Objetivo

Este trabajo va dirigido a las empresas metalmecánicas nacionales que actualmente cuentan con procesos de producción anticuados y buscan cambiar a un proceso de manufactura esbelta. Se pretende que mediante un caso práctico se ejemplifique la forma de realizar un análisis de manufactura esbelta, con el fin de detectar las operaciones innecesarias y las fuentes de desperdicio dentro del proceso, con el fin de eliminarlas. Adicionalmente se busca dar una breve introducción de las técnicas que integran la manufactura esbelta y la forma de aplicarlas a los ingenieros y estudiantes interesados en esta técnica de manufactura.

En el primer capítulo se tiene una perspectiva general del entorno interno y externo de las empresas metalmecánicas nacionales, buscando resaltar los nuevos retos que se presentan para este tipo de empresas. Además de resaltar la necesidad de implementar técnicas de manufactura eficientes para poder mantenerse dentro del mercado global.

En el segundo capítulo se presenta una perspectiva general de las técnicas de manufactura esbelta. Ese capítulo sirve de base para resaltar las posibilidades de aplicación en las empresas nacionales y en especial en las empresas metalmecánicas. Adicionalmente se planteará el desarrollo de una metodología de la manufactura esbelta, sus principios teóricos y las principales herramientas que emplea, destacando la metodología a seguir para realizar un diagnóstico y propuesta de mejora.

En el capítulo tercero se plantea la aplicación de esta metodología en una empresa, buscando reafirmar los principios mencionados en el capítulo dos y

describir las modificaciones realizadas para adecuar la técnica a las características de una empresa real dentro del ámbito nacional. En este estudio de caso se hace un análisis de la situación actual de la empresa, sus características y sus áreas de oportunidad y se genera una propuesta de mejora mediante la aplicación de varias herramientas de manufactura esbelta.

Se concluye con una evaluación de las mejoras en la operación de la empresa como resultado de las mejoras debidas a la modificación de un sistema de manufactura esbelta.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Con la finalidad de tener un panorama claro de la problemática que enfrentan las empresas metalmecánicas del país iniciaremos dando una perspectiva de lo que es la manufactura esbelta y la forma en que se desarrolló. Por otro lado se presentan los cambios en el mercado global y la forma en que esto orilla a las empresas de todo el planeta a adoptar técnicas de manufactura más eficientes, como la manufactura esbelta.

1.1 Origen y filosofía de la Manufactura Esbelta

La manufactura esbelta nació como resultado de los esfuerzos de las compañías japonesas, en particular Toyota, con la finalidad de competir con las industrias automotrices de las naciones avanzadas de occidente tras el fin de la Segunda Guerra Mundial. Pero esta técnica no llamó la atención de los industriales de otras empresas japonesas hasta la primera crisis del petróleo en el otoño de 1973. En esta crisis los gerentes japoneses acostumbrados a elevadas tasas de crecimiento anual, se vieron de repente enfrentados a un crecimiento cero y tuvieron que realizar reducciones en su producción.

Fue durante esta emergencia económica cuando advirtieron por primera vez los resultados que estaba alcanzando Toyota con su incansable búsqueda de la eliminación de pérdidas. Fue entonces cuando se sintieron motivados a hacerle frente al problema de implementar este sistema en sus propias empresas.

Aunque al inicio este sistema de producción fue utilizado únicamente por empresas japonesas, posteriormente las empresas europeas y norteamericanas investigaron cómo implementar esta técnica, logrando éxitos similares. Actualmente muchas empresas utilizan estos sistemas de manufactura para reducir sus inventarios y para mejorar continuamente sus procesos productivos. Algunas de estas compañías tienen renombre internacional, entre ellas se encuentran: Northern Telecom, Xerox, Hewlett-Packard, Dell, Canon, Sony, entre otras.

Estas técnicas han tenido este gran éxito en parte por su sencillez y la claridad de sus metas, de forma general se puede considerar que el objetivo fundamental de los sistemas de manufactura esbelta consiste en incrementar la eficiencia de la producción eliminando, de forma consistente e implacable las pérdidas.¹⁰

1.1.1 Concepto de manufactura esbelta

El sistema de producción esbelta (un término acuñado por el investigador John Krafcik), lo es porque utiliza menos de cualquier recurso comparada con la producción en masa (menor cantidad de esfuerzo humano en la manufactura, menor cantidad de espacio, menor inversión en herramientas, menor cantidad de tiempo para desarrollar un nuevo producto). Incluso esta requiere menos de la mitad del inventario necesario en la fábrica, resultando en muy pocos defectos y la producción de una mayor variedad de productos.¹

Quizá la mejor forma de describir este sistema de producción innovador sea contrastar éste con la producción artesanal y la producción en masa, los otros dos métodos de producción que han sido utilizados hasta la fecha.

El productor artesanal utiliza trabajadores muy hábiles y herramientas simples pero flexibles para hacer solo lo que el cliente requiere (un artículo a la vez). Muebles personalizados, trabajos de arte decorativos y algunos pocos modelos de autos deportivos exóticos son ejemplos actuales de este sistema. A la mayoría nos gusta los productos elaborados de esta manera, pero el problema de este sistema de producción son los elevados costos que implica la producción de artículos en volúmenes tan bajos. De manera que la manufactura artesanal proporciona soluciones para una variedad muy pequeña de artículos.

La producción en masa emplea trabajadores no calificados o semicalificados para elaborar productos, empleando máquinas muy especializadas, que normalmente implican elevadas inversiones. Esto deriva que en la fabricación de productos estandarizados se haga volúmenes muy altos. Debido a los altos costos que implica tener detenida una línea de producción de este tipo, el productor en masa incorpora muchos amortiguadores (suministros extra, trabajadores extra y espacio extra) para asegurar una producción fluida. Dado que el cambio de un modelo de producción a otro requiere mucho tiempo, y por tanto altos costos, el productor en masa tiende a elaborar corridas de producción lo más largas posibles. Como resultado el consumidor obtiene productos a bajos precios pero a expensas de la variedad. Adicionalmente la mayor parte de las tareas en este sistema de producción resultan repetitivas y aburridas para los trabajadores.

El productor esbelto en contraste, combina las ventajas de la producción artesanal y en masa, mientras que elimina los altos costos de la producción artesanal y reduce la estandarización de productos y modelos de la producción en serie. Hacia este fin, los productores esbeltos ocupan equipos de trabajadores polivalentes en todos los niveles de la organización y emplea máquinas muy flexibles de forma generalizada para producir pequeños lotes de productos en variedades enormes.¹

El corazón de la producción esbelta está en la planta productiva. Este tipo de producción aplica la lógica de la mejora continua, el despliegue de equipos interfuncionales, los pequeños grupos y los propios individuos para descubrir y eliminar el desperdicio en los procesos de producción. Esta revolución plantea grandes beneficios: reducción dramática de los plazos para diseñar y fabricar productos. Calidad y eficiencia del trabajo mucho más elevadas, mayor flexibilidad para ajustarse a los requerimientos del mercado, vida más larga de las máquinas e inventarios más reducidos. Womack, Jones y Ross del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), han pronosticado que la producción esbelta será el sistema de producción estándar de este siglo.²

Tabla 1.1 Principales diferencias ente la producción en masa y la producción esbelta ²

Concepto	Producción en masa	Producción “esbelta”
Satisfacción del cliente	Fabricar lo que desean los ingenieros en grandes cantidades con niveles de calidad estadísticamente aceptables; vender los excedentes a precios de saldo.	Fabricar lo que desean los clientes con cero defectos, cuando lo desean y sólo en las cantidades pedidas.
Liderazgo	Liderazgo mediante órdenes ejecutivas y coerción.	Liderazgo mediante visión y amplia participación.
Organización	Individualismo y burocracia tipo militar	Operaciones basadas en equipos y jerarquías planas.
Relaciones externas	Basadas en precios.	Basadas en relaciones a largo plazo.
Gestión de información	Gestión de información deficiente basada en informes abstractos generados por y para directivos.	Gestión de información rica basada en sistemas de control visual mantenidos por todos los empleados.
Cultura	Cultura de lealtad y obediencia; subcultura de alineación y conflictos con el personal.	Cultura de armonía e integración basada en el desarrollo a largo plazo de los recursos humanos.
Producción	Máquinas de gran escala, “layout” funcional, capacitación mínima de los trabajadores, grandes series, inventarios masivos.	Máquinas a escala humana, “layout” tipo células, múltiples habilidades de operarios, flujo de pieza a pieza, cero inventarios.
Mantenimiento	Mantenimiento empleando especialistas en el área	Gestión del equipo de producción, mantenimiento e ingeniería.
Ingeniería	Modelo de genios aislados, con poca retroalimentación de clientes y escaso respeto por las realidades de la producción.	Modelo basado en equipos, con elevada retroalimentación de clientes y desarrollo simultáneo del producto y del diseño del proceso de producción.

A continuación se presenta una perspectiva del entorno global actual y la importancia de adoptar sistemas de producción eficientes como la manufactura esbelta.

1.2 Tendencias globales en manufactura

Varias tendencias en el principio del nuevo siglo han influenciado el desarrollo de los procesos de manufactura. El entorno, los métodos de trabajo, los equipos, la globalización, el enorme volumen de información, esto ha provocado que la cultura de una empresa parezca haber alcanzado un nivel de complejidad inexpugnable. Al final lo más importante para una empresa es simplemente ser capaz de vivir y prosperar en el entorno actual. La empresa debe, para ello, saber responder a las expectativas del mercado. Fabricar los productos que los clientes desean, en los plazos y con el nivel de calidad que requieren, por un precio mínimo. A continuación se detallan las tendencias más relevantes en el nuevo mercado global:

1.2.1 Aumento de la competencia global

Dado que cada día se eliminan en mayor medida las barreras al comercio internacional debido a la liberalización de los mercados y se hacen más homogéneas las bases para la competencia internacional, las compañías que antaño atendían únicamente ciertas regiones se han expandido y ahora hacen negocios al nivel mundial. Razón por la cual la competencia para los manufactureros en México no es más regional sino del entorno global. El mundo se ha convertido en una aldea global en la cual la mayoría de las barreras comerciales han desaparecido. En el caso de México este fenómeno se incrementa debido a la oferta de mercados informales que son capaces de ofrecer productos muy económicos y en una gran variedad.

1.2.2 Incremento en el énfasis de la administración de la cadena de suministros.

En el pasado la base para la diferenciación de los productos de una compañía a otra eran sus características de calidad. En la actualidad los consumidores (industriales o usuarios finales), que buscan productos dan por un hecho que estos tendrán un nivel de calidad adecuado. Por lo que terminan seleccionando entre productos idénticos o con especificaciones muy similares, lo que genera que los parámetros de decisión actuales sean: el precio, la innovación, el servicio, el tiempo de entrega y la confiabilidad.

La administración de la cadena de suministros consiste en aplicar un enfoque de sistemas a la administración del flujo completo de la información, los materiales y los servicios, partiendo de los proveedores de materias primas y pasando por las fábricas y los almacenes hasta llegar al consumidor final. La adecuada administración de la cadena de suministros ayuda a brindar un servicio rápido y eficiente al consumidor final. Para lograr alcanzar una buena coordinación de la cadena de suministros, los objetivos de cada miembro deben ser congruentes.

En el caso de la cadena de suministros los tipos de relaciones en los diferentes tipos de industria pueden variar de manera importante dada sus características particulares. Además el tipo de relación a mantener con sus proveedores estará en función de las características de ambos. Se puede concluir por tanto que no hay relaciones tipo sino que es mejor adecuar cada relación a las necesidades particulares de cada caso.

Por lo anterior resulta más viable definir relaciones ideales que es posible adaptar al tipo de producto y empresa, por ejemplo el investigador Huan Lee propone un modelo de selección para la cadena de suministro con base en las características de los productos elaborados. Hau Lee (Aligning Supply Strategies with product Uncertainties, California Management Review) ha desarrollado un marco de referencia para ayudar a comprender a los dirigentes de empresas la naturaleza de la demanda de sus productos e idear la cadena de suministros que mejor satisfaga la demanda. Este modelo se basa en la diferenciación de dos clases de productos básicos:

Productos funcionales. Incluyen los alimentos básicos que la gente compra en una amplia variedad de puntos de venta al menudeo, con tiendas de abarrotes y gasolineras. Como estos productos satisfacen necesidades básicas, y no cambian mucho con el tiempo, poseen una demanda estable y predecible, además de ciclos de vida prolongados.

Productos innovadores. Para evitar márgenes bajos muchas compañías introducen innovaciones en moda o tecnología tendientes a proporcionar a sus clientes una razón adicional para comprar sus productos. Las prendas de moda y las computadoras personales constituyen ejemplos de este tipo de productos. Aunque la innovación puede permitir a una compañía conseguir márgenes de utilidad más altos, la novedad de estos productos genera una demanda impredecible.

El modelo de Lee caracteriza cuatro tipos de estrategia de cadena de suministros, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1.2 Estrategia en la cadena de suministros

Incertidumbre de los suministros	Incertidumbre de la demanda	
	Baja (productos funcionales)	Alta (productos innovadores)
Baja (Proceso estable)	Tienda de abarrotes, equipo básico, alimento, aceite y gasolina. Cadena de suministro eficiente.	Equipo de moda, computadoras, música popular. Cadena de suministro sensible.
Alta (Proceso de desarrollo)	Energía eléctrica, algunos productos alimenticios. Cadena de suministros con protección contra riesgos.	Telecomunicaciones, computadoras de alta calidad, semiconductores. Cadena de suministro ágil.

Cadenas de suministro eficientes. Estas son cadenas de suministros que aplican estrategias dirigidas a la creación de máxima eficiencia en costos. Para conseguir dichas eficiencias deben eliminarse las actividades que no agreguen valor; buscar las economías de escala; aplicando técnicas de optimización para mejorar la capacidad de utilización en la producción y distribución. Este tipo de cadenas son ideales para la implementación de técnicas de manufactura esbelta.

Cadenas de suministro con protección contra riesgos. Se trata de cadenas de suministro que aplican estrategias dirigidas a compartir o mantener en común recursos en una sola cadena de suministros, de tal manera que los riesgos de interrupción del suministro se puedan compartir. Una sola entidad en una cadena de suministros puede ser vulnerable a interrupciones de los suministros; si hay más de una fuente de suministros o si se dispone de recursos de suministros alternativos, entonces el riesgo de interrupción se reduce.

Cadenas de suministro sensibles. Estas son cadenas de suministro que aplican estrategias destinadas a responder o actuar con flexibilidad a las necesidades cambiantes y diversas a los consumidores. Para reaccionar las compañías se valen de procesos de fabricación de acuerdo con los pedidos y la personalización de productos como medios para satisfacer las necesidades específicas de los consumidores.

Cadenas de suministros ágiles. Estas cadenas de suministro aplican a estrategias orientadas a responder y actuar con flexibilidad ante las necesidades de los consumidores, al tiempo que se protegen contra riesgos de escasez o fallas de suministros compartiendo existencias y otros recursos de producción. Esencialmente estas cadenas cuentan con estrategias que combinan la fuerza de las cadenas de suministros que reaccionan con las de protección contra riesgo. Este tipo

de cadenas son las que por sus características cambiantes plantean un mayor reto en la aplicación de técnicas de manufactura esbelta.

En conclusión se puede decir que el tipo de cadena de suministro debe ser función del tipo de producto y de la logística que conlleva su distribución adecuada este tipo de producto con base en sus características.

1.2.3 Incremento del outsourcing.

Actualmente la tendencia de las empresas es subcontratar la mayor parte de sus operaciones y sólo realizar las operaciones centrales de su proceso (core-operations). Es decir el outsourcing permite a la empresa cliente dedicarse en los factores críticos para su éxito, mientras que la empresa subcontratada realiza una actividad en la que es un experto y logra altas eficiencias. A continuación se presenta un ejemplo de Outsourcing.

Outsourcing en la Industria Automotriz.¹⁹

Los fabricantes de automóviles exigen ahora a sus proveedores de primer nivel. A estos proveedores que además de suministrar artículos, diseñen e integren éstos en ensamblajes complicados, a menudo sin una remuneración que compense debidamente sus riesgos y costos adicionales. Esos servicios complementarios han obligado a sus proveedores de primer nivel a crecer para obtener economías de escala. Por ejemplo, Lear el principal fabricante de asientos para automóvil, con ingresos anuales de 4,700 millones de USD, domina los negocios del ramo y es proveedor de Fiat, Ford, Volvo y Saab entre otras compañías. Lear puede proveer prácticamente todo el compartimiento de pasajeros con excepción del tablero de instrumentos.

Lear tiene capacidad para fabricar asientos a un costo equivalente a la tercera parte o menos de lo que Ford o Chrysler solían gastar por este concepto, lo cual se traduce en ahorros de casi 300 USD por vehículo. Los fabricantes de automóviles también suelen ahorrar en el diseño y la ingeniería. Por ejemplo, en otros tiempos, Chrysler tenía 250 ingenieros tan solo para diseñar las cubiertas de los asientos. Ahora los expertos son los mismos proveedores.

1.2.4 Mayor grado de intercambio de información.

Las comunicaciones y compras en línea (e-procurement) tienden a proveer información de precios y a los compradores, lo cual puede provocar una baja en precios. Varias compañías grandes empiezan a trabajar con procesos en línea para obtener sus insumos con la idea de obtener mejores precios y mejores términos. Las compras electrónicas han significado beneficios adicionales que incluyen la facilidad para comparar precios, la colocación rápida de pedidos y la reducción de inventarios. Esta aplicación permite estar más cerca de los clientes en todo momento.

1.2.5 Disminución de las tasas de ganancia.

El incremento del outsourcing en la manufactura y los servicios que se trasladan a países emergentes en particular China e India han cambiado la economía global. Esta tendencia ha convertido a muchas actividades de manufactura y algunas de servicios en commodities, con lo cual se dificulta aún más a los proveedores obtener altas tasas de ganancias. El incremento de la globalización en la competencia y el surgimiento de nuevos jugadores y nuevos mercados también resultan en una presión substancial para la disminución de utilidades entre la mayoría de los sectores industriales.

1.2.6 Reducción del número de proveedores.

Hasta ahora, normalmente la mayor parte de los grandes fabricantes tradicionalmente han comprado sus componentes a varios proveedores. Esto significa que varios proveedores fabrican la misma pieza, las ventajas de este sistema son una mayor seguridad de suministro (el fallo de un proveedor no interrumpirá el suministro) y una reducción de costos (al contar con un mayor poder de negociación).

En la actualidad la relación cliente proveedor ha evolucionado a un sistema en el cual el proveedor es considerado parte de la misma cadena de suministro y como tal se busca tener una mejor relación con un reducido número de proveedores confiables. La figura 1.1 ejemplifica la evolución de la relación cliente-proveedor. Esta evolución conlleva la adopción de una serie de medidas indispensables, entre las más importantes se encuentran:

a) Contratos a largo plazo.

Tradicionalmente, los departamentos de compras habían mirado siempre con recelo los contratos a largo plazo. Debido a que esto significa comprometer a la empresa con un proveedor determinado durante un largo periodo de tiempo con muy pocas oportunidades de renegociar o buscar proveedores alternativos. Desde el punto de vista del proveedor, son preferibles los contratos a largo plazo porque implican menos riesgo. Los contratos a corto plazo pueden ser más costosos porque no ofrecen al proveedor ningún incentivo para invertir en la mejora de los procesos y reducir así los costos.

La tendencia actual es fomentar los contratos a largo plazo con unos pocos proveedores cuidadosamente seleccionados, por las siguientes razones: Mayor fiabilidad en las entregas, Mayores oportunidades de inversión, productos de mejor calidad y menor costo. Se considera que con un contrato a largo plazo es más probable que el proveedor mantenga sus promesas de entrega, frecuentemente a expensas de los contratos a corto plazo con otras empresas. La empresa se convierte en un cliente importante y se satisfarán primero sus necesidades. Comúnmente este tipo de relaciones se centran en los proveedores de productos estratégicos, que por alguna circunstancia tienen procesos clave.

b) Planificación empresarial conjunta.

Dada la importancia de la relación cliente proveedor es preciso negociar en primer término la estrategia a seguir dentro de la cadena de suministro, asimismo es necesario fijar objetivos claros para la cadena en su conjunto. Para alcanzar los objetivos conjuntos de la cadena de suministro de una empresa dada es preciso que compradores y vendedores desarrollen una planificación empresarial conjunta. Además de dar un seguimiento periódico del desempeño de la relación.

c) Capacidad de manufactura.

El departamento de manufactura del proveedor debe ser capaz de satisfacer los volúmenes de producción solicitados por el proveedor, cumpliendo con las especificaciones requeridas de manera consistente. Esto significa que las instalaciones de manufactura del proveedor son capaces de entregar la calidad y cantidad de productos requeridos. El proveedor deberá contar con adecuado sistema de aseguramiento de calidad, personal capacitado y competente y un buen sistema de planeación y control para asegurar entregas a tiempo. Esto es importante para asegurar que el proveedor puede entregar la calidad y cantidad requerida.

d) Nivel de calidad requerida y forma de verificarla

Es preciso que los productos cumplan con las características de calidad requeridos por el comprador de manera continua. En muchos casos el comprador podrá inspeccionar periódicamente la calidad de los productos entregados por parte del proveedor. Además de supervisar la forma en que se asegura la calidad constante de los mismos por parte del proveedor.

e) Definición de la responsabilidad de compradores y proveedores.

Es recomendable definir claramente hasta que punto es responsable cada departamento de las empresas en el proceso de compra. De igual forma al realizar alguna operación debe quedar definida la responsabilidad sobre los productos en el proceso de traslado.

f) Precio.

Es preciso definir un precio que satisfaga a clientes y proveedores y que permita continuar la relación. Esto no quiere decir por fuerza el precio más bajo, el precio ideal es uno que considera la habilidad del proveedor de fabricar los bienes necesarios en la cantidad y calidad requerida, de acuerdo al tiempo pactado, cumpliendo con los requerimientos pactados.



Fuente: Jeffrey K. Liker y Tomas Y. Choi Bulding Deep Supplier Relationships
 Harvar Business Review Diciembre 2004

Figura 1.1 Jerarquías en la relación cliente proveedor

g) Frecuencia de las entregas.

Como parte de los sistemas JIT en muchas empresas se requiere a los proveedores la entrega de sus productos en pequeños lotes de manera frecuente. Esto significa que el proveedor debe buscar la forma de asegurar el cumplimiento de estas condiciones empleando un sistema de distribución eficiente. De esta forma, se contribuye a disminuir los niveles de inventario y la incertidumbre respecto al proveedor de los tiempos ciclo. Si podemos estar seguros de que el proveedor entregará productos de alta calidad a tiempo, el cliente podrá reducir su stock de seguridad, junto con la necesidad de inspeccionar los productos que se reciban, y no habrá ninguna interrupción de la producción a causa de artículos de calidad deficiente o de retrasos en las entregas.

h) Intercambio de información y cambios de diseño.

Al llevar a cabo alguna modificación en alguno de los artículos es preciso que esto sea informado, con el fin de evitar confusiones y costos innecesarios. Además es deseable que el proveedor auxilie al cliente en el desarrollo de nuevos productos de manera interdisciplinaria.

i) Redes de proveedores.

Muchas compañías grandes han encontrado un punto intermedio entre comprar a pocos proveedores y la integración vertical. Estos fabricantes suelen dar apoyo financiero a los proveedores por medio de propiedad o préstamos. De esta forma, el proveedor se convierte en parte de la coalición de una compañía. Como los miembros de la red tienen asegurada una relación de largo plazo, se espera que funcionen como socios que proveen al fabricante la experiencia técnica y calidad de producción estable. Los miembros de la red pueden tener proveedores de niveles más bajos de la cadena, haciendo que segundos e incluso terceros proveedores sean parte de la coalición.

Por el contrario las relaciones basadas en el outsourcing fomentan las relaciones cliente - proveedor entre empresas ubicadas a grandes distancias. Esto requiere que las empresas desarrollen una gran capacidad de coordinación sobre una red de varios cientos de proveedores y la necesidad de coordinar la entrega de los materiales de acuerdo a un programa de fabricación establecido.

1.2.7 Producción masiva personalizada.

En la actualidad muchas compañías venden sus artículos en diferentes mercados y a segmentos de mercado diferenciados alrededor del mundo, los cuales requieren adaptaciones especiales. Para lograr esto es necesario diseñar y fabricar productos genéricos capaces de sufrir personalizaciones al final de su proceso productivo o de distribución.

La clave de la producción masiva personalizada efectiva consiste en posponer el proceso de ensamble final que diferencia un producto para un cliente específico hasta el último punto de la cadena de suministro. Para lograr esto las empresas deben hacer un rediseño de sus productos, así como los procesos que utilizan para la fabricación y distribución de los mismos. El adoptar este enfoque global, las compañías funcionarán con una alta eficiencia y serán capaces de satisfacer rápidamente los pedidos de los consumidores con un mínimo de productos en existencia. Son tres los principios básicos para la construcción de esta estrategia:

1. Un producto debe diseñarse de tal manera que conste de módulos independientes que puedan montarse de diferentes formas con facilidad y bajo costo.

2. Los procesos de fabricación y distribución deben diseñarse de modo que consten de módulos independientes que puedan trasladarse o volverse a montar con facilidad para apoyar diferentes diseños de redes de distribución.
3. En la cadena de suministro la colocación y localización del inventario, el número y estructura del servicio, la fabricación e instalaciones de distribución deben diseñarse de tal manera que permitan dos cosas. Primero, está debe permitir surtir el producto básico a las instalaciones que llevan a cabo la fabricación o ensamble personalizado con un criterio de efectividad de costos. Segundo, deben poseer la flexibilidad de respuesta para recibir los pedidos de los clientes y entregar el bien personalizado y acabado rápidamente.

Ejemplo de producción masiva personalizada ²⁰

La compañía H.P. ha tenido que confrontar la demanda de productos personalizados de manera ágil y eficiente, en muchos de sus unidades de negocio incluyendo computadoras, impresoras y productos médicos.

H.P. ha implementado exitosamente una estrategia de estandarización para las impresoras Láser Jet que se venden en Europa y Norteamérica. De inicio un solo proveedor fabrica el módulo central de las impresoras, el cual posteriormente es transportado por mar a cualquiera de los dos mercados meta. En el pasado la fuente de poder del módulo central debía acondicionarse a 110 o 220 Volts, lo cual forzaba a la compañía a diferenciar el mercado final del producto desde su fabricación en Japón.

Se realizó una modificación en el diseño del producto la cual implicaba que la fuente de poder pudiera trabajar en cualquier región. Esta fuente de poder universal permite a H.P. tener mayor flexibilidad para atender los requerimientos de cualquiera de sus dos mercados principales. Adicionalmente se implantó una estrategia para hacer la personalización final del producto una vez que el producto arribó al país destino. Es decir se adicionan los manuales, etiquetas y garantías en el leguaje apropiado y se hacen adaptaciones pequeñas para satisfacer las reglamentaciones propias de cada país.

Al emplear un diseño modular en sus productos H.P. es capaz de hacer frente a los requerimientos específicos de sus mercados de manera rápida. Adicionalmente como resultado de la estandarización de las impresoras, H.P. fue capaz de reducir sus costos totales de manufactura, almacenamiento y distribución en un 5 % al año.

1.3 La manufactura esbelta en México, una perspectiva.

En el caso de los países menos desarrollados como México se plantean problemáticas diferentes a las que normalmente se presentan en los países desarrollados. Un obstáculo mayor es que la mayor parte de las fábricas en México pertenecen al sector de la pequeña y mediana empresa, por lo que el uso de la manufactura esbelta ha estado muy limitado, no obstante muchas empresas que no estén en condiciones de implementar un sistema de manufactura esbelta integral pueden implementar programas que involucren algunas técnicas y estrategias de manera parcial, de forma que gradualmente se encaminen hacia una implementación total.

De acuerdo al artículo de Enrique Mora en la revista manufactura ¹⁵, entre otros, los principales problemas para una adecuada implantación de la manufactura esbelta en nuestro país son:

- Dificultad de encontrar redes de proveedores confiables.
- Resistencia al cambio del personal.
- Bajos niveles educativos.
- Sistemas de comunicación limitados
- Una geografía accidentada
- Cultura empresarial enfocada a resultados.
- Restricciones tecnológicas.
- Ausencia de una cultura sobre manufactura esbelta.

1.3.1 Dificultad para encontrar una red de proveedores confiables.

Los estándares de calidad y tiempos de entrega necesarios para llevar a cabo la manufactura esbelta no siempre pueden ser cumplidos por proveedores nacionales. Este problema se agrava debido a una inadecuada red de transporte, lo que ocasiona que los tiempos de traslados no sean los requeridos.

Aunque los proveedores transnacionales suelen ser más confiables en lo referente a calidad, muchas veces no es posible que realicen entregas frecuentes, sobre todo cuando se trata de proveer a empresas de tamaño mediano o pequeño. Por otro lado se tiene el problema de no contar con un tiempo de respuesta rápido, (dado que los costos de transporte hacen poco viable el realizar entregas de lotes frecuentes de pocos productos), en este tipo de empresa. Algunas empresas han solucionado parte de sus problemas subcontratando su sistema logístico con empresas especializadas. A continuación se muestra un análisis comparativo entre proveedores nacionales y extranjeros:

Tabla 1. 3 Comparativo entre proveedores nacionales y extranjeros.

Tipo de Proveedor	Ventajas	Desventajas
Nacionales	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de hacer entregas más frecuentes - Menores costos de transportación - Respuesta más rápida a problemas de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estándares de calidad más bajos - Informalidad en las entregas. - Se requiere mayor tiempo para revisar los materiales.
Extranjeros	<ul style="list-style-type: none"> - Buenos estándares de calidad. - Se requiere menor tiempo en la revisión de los suministros. - Alta confiabilidad y puntualidad en las entregas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor capacidad para hacer entregas frecuentes. - Costos de transportación mayores - Respuesta a problemas de calidad más lenta.

1.3.2 Resistencia al cambio del personal.

La manufactura esbelta requiere que los trabajadores tengan una actitud proactiva, un alto grado de compromiso con la empresa, capacidad de tomar decisiones de manera rápida. Desafortunadamente esta cultura laboral no es común en las empresas mexicanas, lo que dificulta la implementación de la manufactura esbelta.

El miedo al cambio, la falta de compromisos, la corrupción de los sindicatos, la falta de responsabilidad y la acumulación de vicios y malos hábitos son algunas de las dificultades que hay que afrontar. Ante estas limitaciones es necesario llevar a cabo una capacitación a fondo en el personal, así como llegar a compromisos bilaterales.

Aunque la cultura laboral mexicana no es la óptima, es importante destacar que finalmente las actitudes de la dirección de una empresa se difundirán a toda la organización, por lo que es vital que el cambio se de en la alta gerencia en un principio.

1.3.3 Bajos niveles educativos

A diferencia de otros países más desarrollados los niveles educativos en México todavía son muy deficientes; según los datos de la UNESCO (2000) en México solo el 51 % de la población en edad de cursar la secundaria estaba inscrita en la misma, mientras que en E.U.A. y Japón este porcentaje era del 90 % y 99 % respectivamente. Dado que las herramientas de manufactura moderna requieren personal altamente capacitado y capaz de tomar decisiones, México enfrenta una limitante muy adversa debido a su bajo nivel educativo.

1.3.4 Sistemas de comunicación limitados

A pesar de que los medios de comunicación han sido mejorados notablemente en los últimos años, aún se tienen deficiencias en los sistemas ferroviarios y carreteros, sobre todo si estos se comparan con los de los países desarrollados. Asimismo, estas deficiencias se ven agravadas por la extensa y accidentada geografía del país, lo cual también complica una entrega eficiente de materiales dentro del país.

1.3.5 Cultura empresarial enfocada a resultados

La implementación de un sistema de manufactura esbelta es un proceso largo, de entre 1 y 2 años, lo que hace que los beneficios no se perciban en el corto plano, sino más bien en el mediano y largo plazo. Si se considera que muchas de las empresas mexicanas desean obtener resultados inmediatos, el sistema de manufactura esbelta resulta poco atractivo para los empresarios.

1.3.6 Restricciones tecnológicas.

Un sistema moderno de manufactura esbelta requiere de diversos implementos tecnológicos como son un buen sistema de comunicación con los proveedores, un avanzado sistema de logística, un sistema de planeación de la producción automatizado, así como diversos softwares. Algunos de los aspectos que requieren el uso de software son el control de almacenes, la programación de las órdenes de producción y el adecuado monitoreo del desempeño del proceso en tiempo real.

En lo referente a automatización es importante señalar que la manufactura esbelta propone como principio la mejora de los procesos en sí, y solamente cuando estos han sido optimizados se puede proceder a implementar cierto grado de automatización, procurando que esta sea simple y flexible.

Estos requerimientos tecnológicos, aunque no son insuperables, pueden ser una limitante más para la adecuada implementación de la manufactura esbelta.

1.3.7 Ausencia de una cultura sobre manufactura esbelta.

El sistema de manufactura esbelta no ha sido aún difundido ampliamente en nuestro país haciéndolo menos asequible. Puesto que muchas compañías que emplean esta estrategia adquieren sus insumos a compañías transnacionales, o bien las adquieren en el extranjero, esta acción no estimula a otras empresas nacionales a implementar la manufactura esbelta a sus organizaciones.

La cultura esbelta está ligada a conceptos tales como planeación, puntualidad, calidad, trabajo en equipo, lealtad y responsabilidad, aspectos que todavía no son muy frecuentes en todas las empresas mexicanas. Finalmente los programas de capacitación resultan caros y poco accesibles a las empresas medianas y pequeñas del país.

1.4 Características de las empresas metalmecánicas nacionales

La mayor parte de las empresas metalmecánicas operan en un mercado muy específico, generalmente trabajan para otras compañías de gran tamaño con sólidos conocimientos en este mercado. Por lo que estas industrias diseñan desarrollan y manufacturan productos hechos a la medida de las necesidades de sus clientes, respetando sus especificaciones y cumpliendo con periodos de entrega preestablecidos. Debido a la gran variedad de productos y necesidades del mercado, este tipo de empresas frecuentemente se encuentran desarrollando una amplia gama de proyectos con diferentes grados de dificultad y características de calidad diversas.

Las características más representativas de este tipo de empresas son:

- Los productos personalizados para un usuario final se basan en conceptos de productos ya existentes.
- El tiempo de entrega de los productos varían de unas pocas semanas a cuatro meses o más.
- El proceso de cotización e ingeniería del producto requiere un análisis cuidadoso por parte de varios departamentos especialmente el departamento de ingeniería.
- La elaboración de la mayor parte de los productos es administrada mediante un proyecto
- Flexibilidad y adaptación a los deseos del cliente.
- La fabricación de los componentes de un artículo comienza antes que se haya concluido totalmente el proyecto de fabricación del mismo.
- Tendencia hacia la fabricación de productos modulares (subensambles) y la estandarización de las partes que componen los productos.
- Empleo de personal altamente capacitado en todas las etapas del proceso productivo.
- Tendencia a usar componentes comprados.
- Se tiene que lidiar con modificaciones en los proyectos durante las etapas de desarrollo y producción.
- Las funciones de planeación se centran en los materiales y las capacidades productivas.
- Plazos cortos de entrega
- Integración de las funciones de diseño y logística.

1.4.1 Clasificación de las empresas metalmecánicas

Es posible clasificar a las empresas metalmecánicas, esta clasificación se basa en cuatro parámetros fundamentales que a continuación se detallan:

- Porcentaje de trabajos repetitivos.
- Tipo de equipos fabricados.
- Trabajos por operario y semana.
- Disposición de planta.

Tabla 1.4 Clasificación de la empresa metalmecánicas.

Empresa	Tipo de equipos Fabricados.	Porcentaje de Trabajos repetidos	Trabajo por Operario y semana	Disposición de planta
Tipo 1	Equipos grandes Y complejos	Bajo	Bajo	Fija
Tipo 2	Productos finales sencillos	Moderado	Mediano	Por proceso.
Tipo 3	Servicios subcontratados	Moderado	Alto	Por proceso
Tipo 4	Operaciones subcontratadas	Moderado	Alto	Por proceso
Tipo 5	Productos finales estándar	Alto	Alto	En línea

a) Porcentaje de trabajos repetidos.

El porcentaje de trabajos repetidos se define como el porcentaje de trabajos que en un mes son idénticos a los trabajos realizados en un periodo de tiempo igual anteriormente. Esta clasificación se basa en la siguiente clasificación:

Clasificación	Porcentaje de trabajos repetidos.
Bajo	menos del 35 %
Moderado	entre 35 y 80 %
Alto	más del 80 %

Generalmente las empresas tipo I tienen un porcentaje de trabajos repetidos entre bajo y moderado, mientras que las de tipo II tienden a tenerlo entre moderado y alto.

b) Tipo de equipos Fabricados

Equipos Grandes y Complejos.

Las compañías del tipo I, por lo general fabrican grandes y complejas unidades; cada una de ellas compuesta por cientos de diferentes partes y componentes; cada uno de los cuales; a su vez, está definido por su número de parte y es elaborado de acuerdo a un plano específico de fabricación. Por lo general el pedido de este tipo de artículos es por muy pocas piezas, regularmente solo una. Debido a que generalmente estos artículos están fabricados de acuerdo a las necesidades del cliente no es justificable su fabricación para stock o la fijación de estándares de calidad específicos para cada artículo. Como no se disponen normalmente de todos los materiales y componentes prefabricados o en stock, es necesario producir para cada proyecto todas las partes que lo componen desde el principio; con la desventaja de tiempos de entrega preestablecidos con el cliente.

Productos finales sencillos.

Las compañías del tipo II, habitualmente, producen lotes de artículos de medianos a grandes en cada uno de sus pedidos. Sin embargo debido a la gran cantidad de variantes de los productos, (tamaños, formas, colores, componentes o configuraciones) que fabrican, les es difícil establecer estándares de calidad para toda su línea de artículos. Si a esto agregamos los modelos especiales, fabricados de acuerdo a las necesidades específicas de clientes únicos y la administración de la gran cantidad de información requerida para su elaboración, (planos, listas de materiales, plantillas, diagramas eléctricos, etc.).

Servicios subcontratados

Este tipo de compañías son principalmente suministradoras de las compañías I y II, y se especializan en uno o más procesos y llenan sus empresas con piezas diseñadas por sus consumidores, de cientos de configuraciones diferentes. Con frecuencia pueden satisfacer las necesidades anuales de un consumidor, de un determinado número de piezas, en unas cuantas horas de su tiempo de producción.

Operaciones subcontratadas

Estas compañías se diferencian de las anteriores únicamente en que se trata de pequeños talleres independientes especializados en ciertas operaciones, a menudo trabajando con materiales suministrados por el cliente. La variedad de los trabajos es otra vez la regla, requiriendo cada uno de ellos solamente unas pocas horas de su tiempo de producción.

Productos finales estándar.

Estas empresas cuentan con líneas de producción formales en las cuales procesan una infinidad de productos estandarizados, en este tipo de empresas también se puede dar la subcontratación por parte de una empresa del mismo tipo que tenga problemas de capacidad de producción.

c) Trabajos por operario y semana.

Casi todas las empresas metalmecánicas presentan dos similitudes:

1. Gran variedad de diseños (debido a la infinidad de configuraciones, opciones, colores, tamaños, formas, modelos, etc.).
2. Corto tiempo de producción de cada tarea componente de cada proyecto.

Estos dos factores se combinan en un solo parámetro de trabajos por operario y semana, reflejando la cantidad media de pedidos diferentes o de preparaciones diferentes y/o de cambios de preparación que ha de hacer cada trabajador a lo largo de una semana. Este parámetro tiende a ser más alto en las empresas de tipo I frente al tipo II.

d). Disposición de planta.

Generalmente se dan dos disposiciones básicas en el proceso de fabricación de las empresas metalmecánicas: la disposición por proceso y la disposición fija, sin embargo en algunas ocasiones se utiliza la disposición en línea.

Disposición por proceso

En esta disposición se ubica la maquinaria y los herramientas en áreas específicas dedicadas a un proceso específico, como por ejemplo: corte, doblado, ensamble, alambrado, etc. Cada área se encarga de un proceso específico de fabricación. El producto y/o sus componentes van pasando por cada una de estas áreas en su proceso de elaboración hasta quedar terminado. Esta disposición es usada principalmente cuando es posible manipular el producto a través de cada área o bien se tiene productos de tamaños estandarizados y se cuenta con transportadores especializados.

Disposición Fija.

En esta disposición todos los componentes materiales, la mano de obra y sus herramientas es llevada hasta la zona en que se encuentra el producto. De forma tal que los factores de la producción confluyen al producto en proceso. Esta disposición se utiliza sobre todo en la fabricación de productos de gran tamaño, como son locomotoras, horno y equipos de proceso, etc.

Disposición en Línea

En este caso toda la maquinaria y equipo necesarios para producir un determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que existe una elevada demanda de uno o varios productos normalizados.

Conclusiones capítulo 1

Al inicio de este capítulo se plantearon las ventajas de la manufactura esbelta y como este tipo de técnicas de manufactura hicieron posible que las empresas Japonesas salieran de una época de crisis y se convirtieran en las mejoras de su tipo en varios sectores industriales. En la segunda parte de este capítulo se presentaron las nuevas condiciones para la competencia de las empresas actuales en el mercado global, las nuevas tendencias de producción y disminución de costos.

Finalmente en la tercera parte se presentaron las características de las empresas nacionales y en particular de las empresas metalmecánicas nacionales, la problemática actual para la implementación de las técnicas esbeltas. Por lo que se concluye de este capítulo que si no buscamos adoptar las técnicas de manufactura esbelta, las compañías nacionales cada vez estarán más rezagadas con respecto a las compañías transnacionales. La intención final de este capítulo es despertar el interés en la adopción de las técnicas esbeltas.

CAPÍTULO 2. LA MAUFACTURA ESBELTA

En este capítulo se presentan los principios del pensamiento esbelto, sus principales herramientas y una propuesta para la aplicación de la manufactura esbelta basada en los principios teóricos de la misma y en la experiencia de la práctica en la solución de problemas en empresas.

2.1 Principios del pensamiento esbelto.

El sistema de manufactura esbelto es un método racional de fabricación, que elimina por completo los elementos innecesarios a fin de reducir los costos. Su idea básica radica en la obtención del tipo requerido de unidades en el tiempo y la cantidad que asimismo se requieran. La puesta en práctica de esta idea consigue eliminar las existencias innecesarias de productos en proceso y productos terminados. Para lograr esto la manufactura esbelta se basa en 5 principios básicos, que se describen a continuación:

1. Definir el valor desde el punto de vista del cliente:

La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.

2. Identificar la corriente de valor:

Eliminar desperdicios eliminando los pasos que no agreguen valor, algunos son inevitables y otros pueden ser eliminados inmediatamente.

3. Producir sobre la base de los requerimientos del cliente:

Producir con base en las órdenes de los clientes, es decir evitar producir productos para almacenarlos.

4. Mejoramiento del flujo:

Buscar que todo el proceso fluya suavemente y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor final.

5. Perseguir la perfección:

Una vez que se ha establecido los cuatro pasos anteriores, debe buscarse mejorar continuamente el proceso.

A continuación se detallan los principios del pensamiento esbelto:

2.1.1 Definir el valor desde el punto de vista del cliente.

El enfoque al cliente es esencial en el éxito de cualquier negocio.

El crecimiento de un negocio depende de la capacidad de satisfacer las expectativas de nuestros clientes en términos de precio, calidad y entrega.

Una actividad clave en la manufactura esbelta, es comprender (en términos cuantitativos) las necesidades del cliente y traducirlas en salidas medibles de los procesos. A este proceso se le llama comprender la voz del cliente.

Voz del Cliente (VOC): obtener una lista con necesidades potenciales o actuales, de un consumidor, respecto a lo que deben ser los requerimientos de un producto o servicio. Para llevar a cabo este proceso existen varias técnicas la más común de estas es el Despliegue de la Función de Calidad (QFD).

Despliegue de la función de calidad

El despliegue de la función de calidad se refiere a determinar que va a satisfacer al cliente y traducir los deseos del cliente en un diseño meta.¹¹ La idea es lograr tener un buen entendimiento de los deseos del cliente e identificar las soluciones de proceso alternativas. Después la información se integra en el diseño del producto en desarrollo.

La herramienta básica del QFD es la casa de la calidad (Figura 2.1). La casa de la calidad es una técnica gráfica para definir la relación entre los deseos del cliente y el producto o servicio. Sólo definiendo esta relación en forma rigurosa se podrá construir productos y procesos con las características que los clientes desean. Para ejecutar la casa de la calidad deben ejecutarse seis pasos básicos:

1. Identificar lo que el cliente desea
2. Identificar cómo el producto o servicio va a satisfacer el deseo del cliente.
3. Relacionar los deseos del cliente con los como del producto.
4. Identificar la relación entre los como de la empresa.
5. Desarrollar una ponderación sobre la importancia de cada uno.
6. Evaluar los productos de la competencia.

El análisis del QFD se emplea sobre todo en situaciones en las cuales se están desarrollado nuevos productos o bien cuando los productos de la compañía enfrentan condiciones adversas respecto al mercado ya sea por competidores mejor posicionados o debido a cambios en los requerimientos de los clientes.

Ejemplo de la construcción de la casa de la calidad.³

La compañía Great Cameras Inc. desea mejorar sus productos mediante la técnica QFD. Por lo que lo primero que Great Cameras Inc. determinó es lo que el cliente desea a través de una amplia investigación de mercado. Los deseos de los clientes se muestran a la izquierda de la casa de la calidad y son: ligera, fácil de usar, confiable, fácil de sostener firmemente y sin doble exposición.

Segundo, el equipo de Ingeniería del producto determinó cómo la organización traducirá los deseos del cliente en el diseño del producto y los atributos meta del proceso. Estos como se introducen en la parte superior de la casa de la calidad. Las características son: bajo consumo de electricidad, componentes de aluminio, foco, exposición y avance de la película automáticos y diseño ergonómico.

Tercero, el equipo de ingeniería del producto evaluó cada deseo del cliente contra los cómo. En la matriz de relaciones de la casa de la calidad, el equipo evaluó que tan bien su diseño cumplirá las necesidades del cliente.

Cuarto, en el “techo” de la casa el equipo estableció la relación entre los atributos.

Quinto, el equipo desarrollo la calificación de importancia para los atributos de su diseño en la línea inferior de la tabla. Hizo esto asignando valores (5 para el alta, 3 para la media y 1 para la baja) a cada elemento de la matriz de relaciones y después multiplicando cada valor por la calificación para saber como proceder respecto al diseño del producto y del proceso, donde los valores más altos son los más críticos para que el producto tenga éxito.

Sexto, la casa de calidad también se usa para evaluar a los competidores. ¿En que grado los competidores cumplen las demandas del cliente? Las dos columnas de la derecha indican qué tanto los competidores satisfacen los deseos del cliente según la investigación de mercado (Bien, Regular, deficiente). Por tanto, la compañía A hace un buen trabajo en cuanto a “ligera”, “fácil de usar” y fácil de sostener firmemente”, un trabajo regular respecto a “confiabilidad”, y deficiente en cuanto a “sin doble exposición”. La compañía B tiene un buen resultado en la “confiabilidad” pero deficiente en los otros atributos. Los productos de otras empresas e incluso el producto propuesto, pueden agregarse a la derecha de la compañía B, la figura 2.1 muestra la casa de la calidad resultante del análisis.

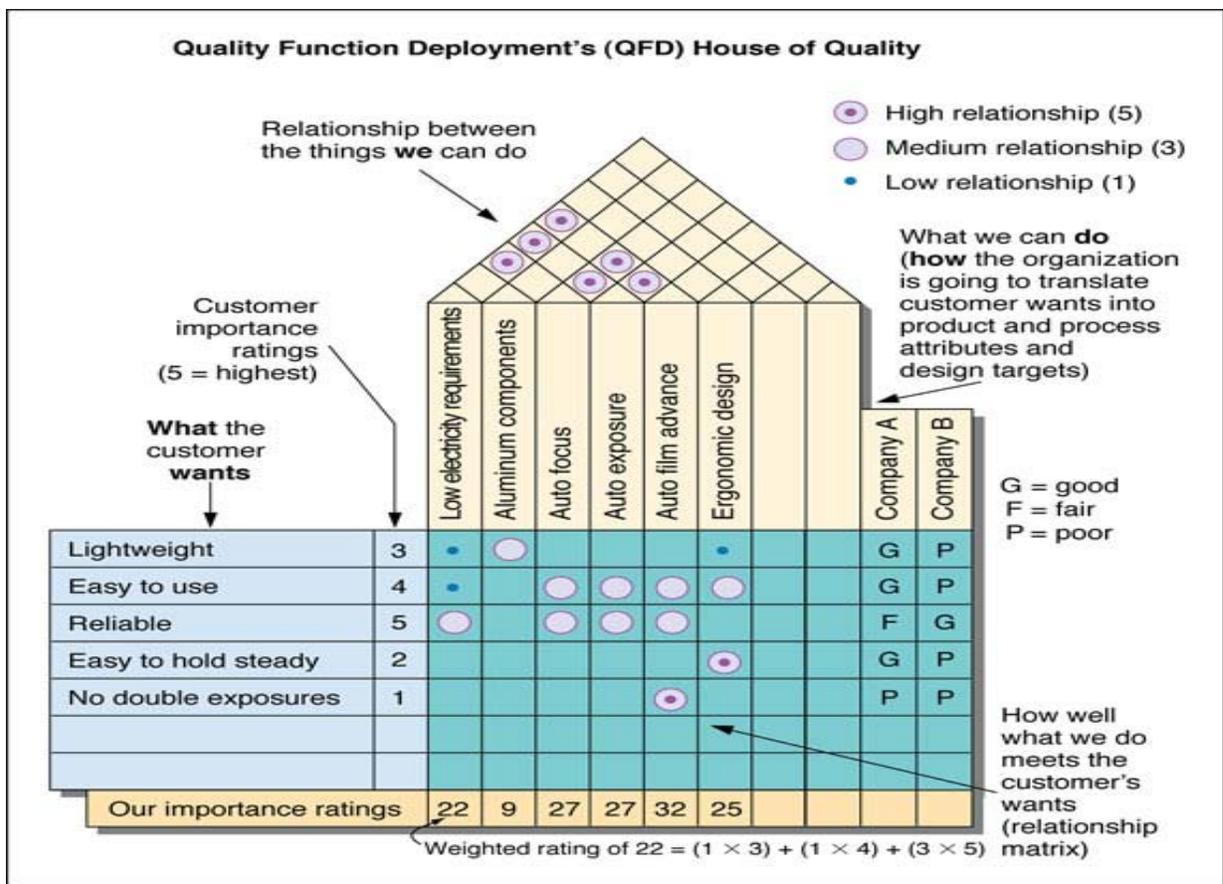


Figura 2.1 Ejemplo de QFD Tomado del libro Principles of operations management de Redner y Heizer

2.1.2 Identificación de la corriente de valor.

Como fue mostrado anteriormente, el segundo de los principios del pensamiento esbelto dice:

“Identificar la corriente de valor, la cual es el conjunto de las acciones específicas que debe realizar el productor para entregar un producto y eliminar las actividades que no generan valor.”

La eliminación del desperdicio requiere segregar las actividades que no generan valor y eliminarlas. Esta es la base de la lucha por la eliminación de los desperdicios de producción. El desperdicio se refiere a cualquier actividad humana la cual absorbe recursos pero no crea valor. Taichi Ohno, ejecutivo de Toyota identifico 7 tipos de desperdicio:

1. Desperdicio por sobreproducción de los bienes necesarios.
2. Desperdicio por espera de las personas para que un equipo de proceso termine su trabajo en una actividad previa.
3. Desperdicio por transporte innecesario de materiales y productos.
4. Desperdicio por procesamiento innecesario.
5. Desperdicio por inventarios de bienes esperando ser procesados o consumidos.
6. Desperdicio por movimiento innecesario de personas
7. Desperdicio por defectos en productos.

En a tabla 7 se presenta a detalle para cada tipo de desperdicio sus principales síntomas y la forma de eliminarlo, este análisis será muy útil al iniciar el mapeo de la corriente de valor en una empresa. De hecho la herramienta de manufactura empleada para detectar y eliminar las operaciones que no agregan valor, es el mapeo de corriente de valor que se verá más adelante en el apartado de las herramientas de la manufactura esbelta.

2.1.3 Producir sobre la base de los requerimientos del cliente

El sistema de producción con base en los requerimientos del mercado también es conocido como sistema de "pull" o jalar¹, tiene sus propias características a la hora de funcionar, pues las máquinas no producen hasta que se les solicita que lo hagan, de manera que no se generan inventarios innecesarios que quizá al final queden varados y no se vendan, ya que serían excedentes de producción, este sistema permite:

- Reducir inventario, y por lo tanto, poner al descubierto los problemas
- Hacer sólo lo necesario facilitando el control
- Minimiza el inventario en proceso
- Maximiza la velocidad de retroalimentación
- Minimiza el tiempo de entrega
- Reduce el espacio

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA.

Tipo de desperdicio	Síntoma	Forma de eliminarlo
Sobreproducción	Producción en lotes	SMED
	Cuellos de botella	Arreglo de celdas de servicio
	Operaciones cortina	Administración de la demanda Métricas (entregas)
Espera	Tiempo improductivo	Contenido del trabajo productivo
	Desabasto de partes	Mantenimiento productivo total
	Largos tiempos de entrega	Sistema de empuje Kankan Métrica (tiempo de entrega)
Transporte innecesario	Utilización del espacio inadecuado.	5 S (Mejora del lugar de trabajo)
	Distancia recorrida por el operario	Controles visuales
	Rastreo del flujo de materiales	Diseño de células (layout) Métrica (densidad / transporte)
Proceso	Sistemas redundantes	DMFE
	Mala interpretación de los requerimientos de calidad	FMEA Equipos enfocados en los productos
	Diseño de procesos insuficiente	Análisis de la capacidad del proceso Métricas (costo total)
Inventarios	Excesivo tiempo de cambio	Manejo materiales ABC Flujo de una pieza
	Alto inv. RM. WIP. y FG.	Planeación/control de mats. Balanceo de la carga trabajo
	Exceso de decisiones adm.	Modelo de mezcla de mat. Proceso para orden Variación de Prod. Term. BOM de un solo nivel Métrica (vueltas de inventario)
Movimiento	Baja productividad.	Estándares de producción
	Exceso de manipulación	Instrucciones de trabajo gráficas
	Tiempo improductivo del operador	Reglas de operación / roles / responsabilidades Entrenamiento polivalente Métrica (productividad)
Productos defectuosos	Bajo rendimiento del proceso	Alineación cliente / proveedor Control estadístico de procesos
	Rotación de empleados	Fallas en línea de autoridad Plan de comunicación
	Poco involucramiento del personal	Bajo desempeño del supervisor de área Técnicas de mejora continua
	Limitado conocimiento del proceso	Inspecciones en la fuente Poka yoke
	Falta de comunicación	Métrica (desempeño de la calidad)

Tabla 2.1 7 tipos de desperdicios de producción sus síntomas y las formas de eliminarlos.

Notas:

SMED (Single Minute Die Exchange) El cambio de herramientas de menos de 10 minutos es una técnica de Manufactura Esbelta
 DMFE o AMEF El Análisis de modo y efecto de falla es una técnica para prevenir errores de diseño o fabricación.
 RM (Raw Materials) Materias primas.
 WIP (Work In Process) Producción en proceso
 FG (Final Goods) Productos terminados.
 BOM (Bill of Materials) Explosión de materiales de un artículo.

El sistema de producción de "jalar" está soportado por el kanban, una metodología de origen japonés que significa "tarjeta numerada" o "tarjeta de identificación". Esta técnica sirve para cumplir los requerimientos de material en un patrón basado en las necesidades de producto terminado o embarques, que son los generadores de la tarjeta de kanban, y que se enviarían directamente a la planta para que procesen solamente la cantidad de productos requerida.

A cada pieza le corresponde un contenedor vacío y una tarjeta, en la que se especifica la referencia (máquina, descripción de pieza, etcétera), así como la cantidad de piezas que se han de producir para llenar cada contenedor antes de ser trasladado a otra estación de trabajo, por citar un ejemplo. Como regla, todos y cada uno de los procesos deberán ir acompañados de su tarjeta kanban (Fig. 2.2).

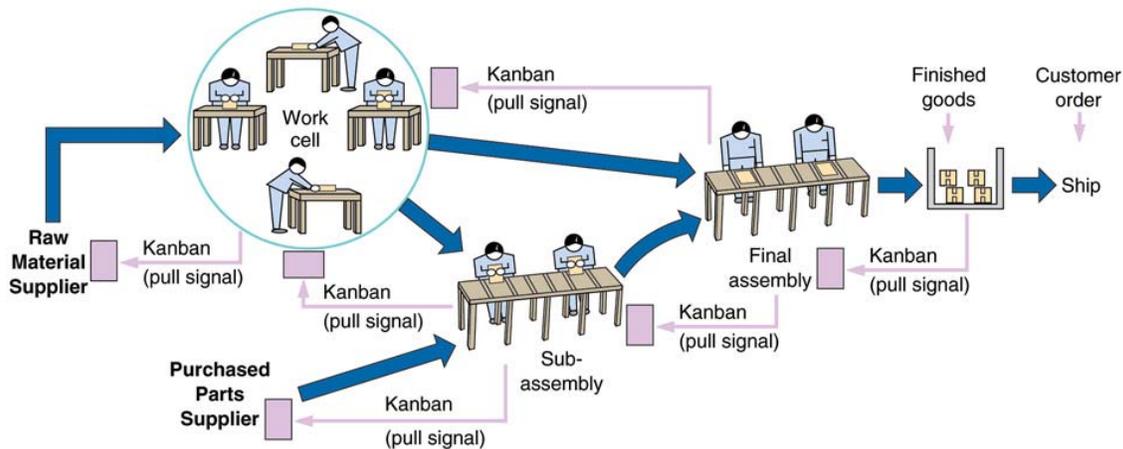


Figura 2.2a ejemplo del proceso de producción utilizando tarjetas Kanban.



Figura 2.2b ejemplo de tarjeta Kanban de Toyota.

2.1.4 Mejoramiento del flujo:

En la producción pull, todos los procesos deben reorganizarse de manera que las piezas de trabajo fluyan a través de las estaciones de trabajo en el orden en el cual tienen lugar sus procesos. Una vez formado el proceso, el siguiente paso es iniciar el flujo de una pieza, permitiendo que sólo fluya, de un proceso a otro, una pieza a la vez. Esto reduce el tiempo de espera y hace difícil que se acumule inventario entre los procesos. La figura 2.3 muestra gráficamente la diferencia entre el flujo de producción de una pieza y el sistema de producción por lote, como se puede observar el tamaño de las corridas es significativamente menor y la rotación de modelos es mayor en el flujo de una pieza.

Además de reducir los tiempos de espera y de cortar el exceso de inventario, el flujo de una pieza también ayuda a los trabajadores a identificar en forma inmediata los problemas de calidad, porque

cualquier defecto que se presente en el proceso anterior puede detectarse en el proceso siguiente. El flujo de una pieza también permite una inspección del 100 %, ya que cada pieza pasa por las manos de cada operador, en la sección de herramientas de manufactura esbelta veremos el concepto de poka yoke que resume este principio.

Además otro mérito del proceso de flujo de una pieza es que no requiere equipos grandes o especializados, de hecho la mayoría del equipo es de usos general y solo debe ser lo suficientemente grande para procesar una pieza a la vez dentro del tiempo de entrega programado. El acomodo de la maquinaria en los procesos esbeltos normalmente se da por celdas y emplea métodos de cambio rápido de herramientas, estas técnicas se verán en la sección dedicada a las herramientas para la manufactura esbelta.

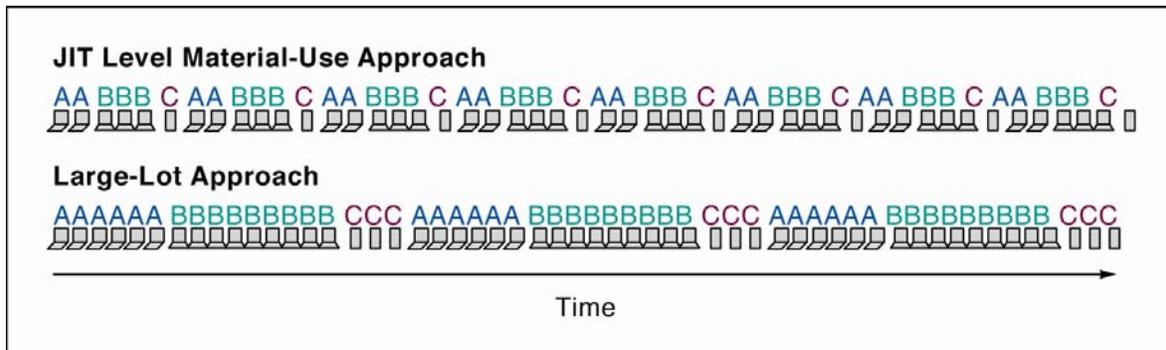


Figura 2.3 comparación entre el enfoque de producción nivelada y la producción por lote

2.1.5 Perseguir la perfección

La manufactura esbelta emplea varias herramientas destinadas a buscar el perfeccionamiento de sus operaciones, entre las más empleadas se encuentran:

El Kaizen

Esta palabra proviene de dos ideogramas japoneses: “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”. Esta técnica se centra en el mejoramiento paulatino de los procesos, es decir se llevan a cabo pequeñas mejoras de manera continua. Esta técnica se verá con mayor detalle en la sección de herramientas de manufactura esbelta.

El ciclo Deming también llamado ciclo Plan–Do–Check–Act

El ciclo Plan Do Check Act (figura 2.4) es un modelo para realizar cambios en cuatro pasos básicos. Es un círculo que no tiene fin, el ciclo PDCA se debe repetir constantemente para lograr lo que llamamos mejora continua. Este ciclo complementa al kaizen en la búsqueda de mejoras en la organización.



Figura 2.4: Ciclo Plan-do-check-act

Procedimiento

1. Planear: Reconocer una oportunidad y planear un cambio.
2. Hacer: Probar el cambio. Lanzar un estudio de pequeña escala.
3. Evaluar: Revisar la prueba, analizar los resultados e identificar lo aprendido.
4. Actuar: Tomar acciones con base en lo que se ha aprendido en el paso previo del estudio. Si el cambio no funciona, reiniciar el ciclo pero bajo un plan diferente. En caso de ser exitoso, incorporar lo aprendido dentro de una prueba a mayor escala. Usar este nuevo conocimiento para planear nuevas mejoras, iniciando de nuevo el ciclo

A continuación se presentan algunas de las herramientas de la manufactura esbelta más empleadas para la mejora de procesos.

2.2 Herramientas de la manufactura esbelta

Para mantener su competitividad las empresas deben ser capaces de detectar las causas de sus problemas y luchar contra ellas. Los fenómenos que suponen una desventaja en la vida cotidiana de las empresas y que impiden su funcionamiento eficaz y al mínimo costo ya se han presentado en el referente a los siete tipos de desperdicios. A continuación se presentan las herramientas que provee la manufactura esbelta para combatir estos efectos.

2.2.1 Mapas de corriente de valor

Un mapa de corriente de valor es una representación esquemática que muestra el flujo de producción dentro de una planta, incluyendo el embarque de entrega al cliente y la recepción de partes y materiales. También muestra el flujo de la información que es necesario para la elaboración del producto.

Los mapas de la corriente de valor son una herramienta que permite tomar una perspectiva amplia de la corriente de valor, lo cual permite trabajar sobre la gran imagen (puerta a puerta), no-solo sobre procesos individuales, mejorando el todo, no únicamente mejorando sus partes.

La realización de un mapa de corriente de valor es simple y consiste únicamente en seguir el trayecto del proceso de un producto desde el cliente hasta el proveedor y dibujar cuidadosamente una representación visual de cada proceso en el flujo de materiales e información. Entonces,

realizar un conjunto de preguntas y dibujar un “estado futuro” para el mapa que muestre como debe fluir el valor en una condición mejorada.

La práctica en el dibujo de mapas de corriente de valor permite aprender a ver el piso de trabajo en una forma que apoya la manufactura esbelta. El propósito de buscar ser esbelto no es elaborar un mapa, el cual es solo una herramienta. Lo importante es la creación de un flujo de valor con un mínimo de desperdicio. Para crear este flujo es necesario contar con una visión del flujo. El mapa de la corriente de valor ayuda a comprender el proceso y sus interrelaciones y enfocarse en el flujo con una visión de un ideal o al menos un estado mejorado.

Flujo de materiales e información.

Dentro del flujo de producción, el flujo de materiales a través de la fábrica es el flujo que usualmente viene a la mente. Pero existe también el flujo de información, que indica a cada proceso que elaborar ahora o que hacer después. El flujo de los materiales y el flujo de la información son dos lados de la misma moneda. Es necesario elaborar un mapa de ambos.

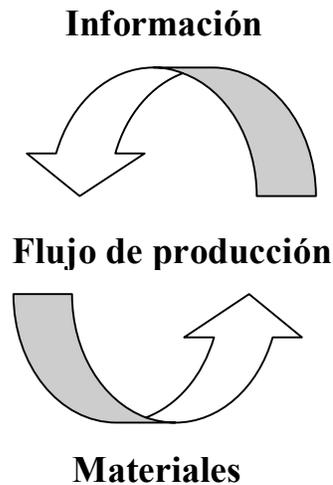


Figura 2.5 Flujo de materiales e información

En manufactura esbelta, el flujo de información es tratado con tanta importancia como la importancia considerada clave para el flujo de los materiales. Toyota y sus proveedores pueden usar los mismos procesos básicos de conversión de materiales como lo hacen los productores en masa, como estampado, soldado, ensamble, etc. Pero las plantas de Toyota regulan su producción de una manera completamente diferente a como lo hacen los productores en masa.

En Toyota, el método del mapeo de la corriente de valor es llamado “Mapeo del flujo de información y materiales”. Este no es usado como un método de entrenamiento, o como un medio para “aprender a ver”. Este es usado por los ejecutantes del sistema de producción para representar los estados actuales o futuros, o “ideales en el proceso de planeación para implantar un sistema de producción esbelto. En Toyota, mientras la frase “corriente de valor” es raramente escuchada, se da atención infinita para establecer el flujo, eliminar el desperdicio y agregar valor. Las personas en Toyota aprenden acerca de tres flujos en manufactura: el flujo de los materiales, información y personas / procesos. Los mapas de la corriente de valor cubren los primeros dos de estos flujos y está basado en los mapas del flujo de materiales e información utilizados por Toyota.

4

La aplicación de este método comienza por identificar una corriente de valor, la cual está asociada a una familia de productos.⁴

Una familia de productos es un grupo de productos que pasan a través de etapas similares de procesamiento y por equipo común en los procesos de producción corriente abajo del flujo. Las familias de productos se identifican desde el cliente final de la corriente de valor.

Si la mezcla de productos se complica se puede crear una matriz con los pasos del proceso y equipo en un eje y los productos en el otro eje, tabla 2.1.

Tabla 2.1 Identificación de una familia de productos.⁴

		Pasos y equipos de ensamble								Familia
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Productos	A	X	X	X		X	X			Si
	B	X	X	X	X	X	X			Si
	C	X	X	X		X	X	X		Si
	D		X	X	X			X	X	No
	E		X	X	X			X	X	No
	F	X		X		X	X	X		No
	G	X		X		X	X	X		No

El mapeo de la corriente de valor puede ser una herramienta de comunicación, una herramienta de planeación de negocios para administrar el proceso de cambio. El mapeo de la corriente de valor es esencialmente un lenguaje y la mejor forma de aprender a elaborar mapas es haciéndolo. El primer paso es dibujar el estado actual, el cual es elaborado recolectando la información en piso. Esto provee la información necesaria para desarrollar un estado futuro. Es importante notar en la siguiente figura que las flechas entre los estados actual y futuro de la corriente de valor van en ambas direcciones, indicando que el desarrollo del estado actual y los futuros son esfuerzos superpuestos.

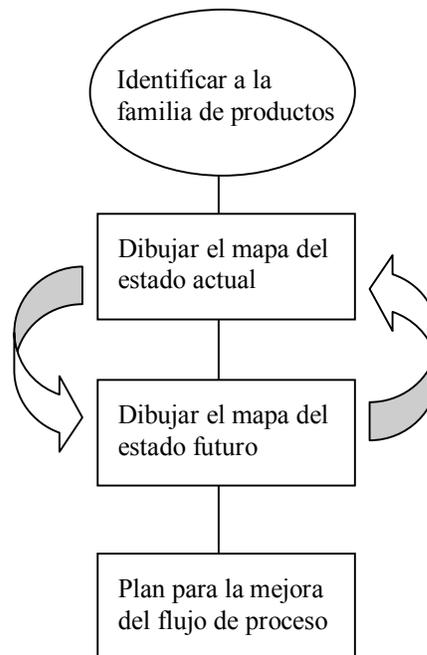


Figura 2.6 Pasos iniciales para la corriente del valor.

Las ideas sobre el estado futuro vendrán conforme se elabora el mapa del estado actual. El paso final es preparar un plan que describa cómo la planificación permitirá lograr ese estado futuro. Así que, conforme un estado futuro se convierte en realidad, un nuevo estado debe ser dibujado. Eso es mejora continua al nivel del flujo de valor.

El mapa de la corriente de valor es una herramienta esencial por que:

- Ayuda a visualizar más que solo el flujo de producción. Se puede ver el flujo.
- Ayuda a ver más que el desperdicio. El mapa ayuda a ver las fuentes de desperdicio en la corriente de valor.
- Proporciona un lenguaje común para hablar acerca de procesos de manufactura.
- Muestra la toma de decisiones acerca del flujo aparente, así que se puede discutir acerca de éstas. Además, permite ver muchos detalles y decisiones que ocurren casi por costumbre.
- Liga los principios con las técnicas esbeltas, lo cual ayuda a eliminar las mejoras superficiales en el flujo del valor.
- Forma las bases de un plan de implantación. Ayuda a diseñar cómo debe operar el flujo puerta a puerta. El mapeo de la corriente de valor se convierte en un proyecto para implementación esbelta.
- Muestra el enlace entre el flujo de información y el flujo de materiales. Ninguna otra herramienta hace esto.

Es mucho más útil que las herramientas cuantitativas y los diagramas de distribución de maquinaria que produce una cuenta de pasos de valor no agregado, tiempo de entrega, distancia recorrida por los materiales, la cantidad de inventario y otra información importante. El mapa de la corriente de valor es una herramienta cualitativa mediante la cual, se describe en detalle cómo una planta de producción puede operar con la intención de crear flujo de valor. Los números son buenos para crear un sentido de urgencia y mediciones antes / después. El mapa de corriente de valor es adecuado para describir que está ocurriendo actualmente.

En el anexo 1 se presenta un ejemplo de mapa de corriente de valor y la metodología para su elaboración.

2.2.2 Celdas de manufactura

En las fábricas frecuentemente la ubicación de las actividades resulta perjudicial para la eficacia. A menudo esto es resultado de un crecimiento poco controlado. Raramente se construyen las fábricas teniendo desde el principio el tamaño y configuración definitivos. La extensión progresiva de actividades conduce a ir añadiendo nuevos equipos, sin aprovechar para mover al propio tiempo las máquinas existentes y optimizar el conjunto.

Una segunda causa de la mala ubicación de las máquinas es la ubicación funcional. En una disposición funcional, las máquinas que llevan a cabo el mismo tipo de operación se encuentran agrupadas. Así las taladradoras se agrupan una junto a la otra y son operadas por especialistas. De igual forma se agrupan las prensas, los tornos, las cortadoras, etc. (fig. 2.7.1).

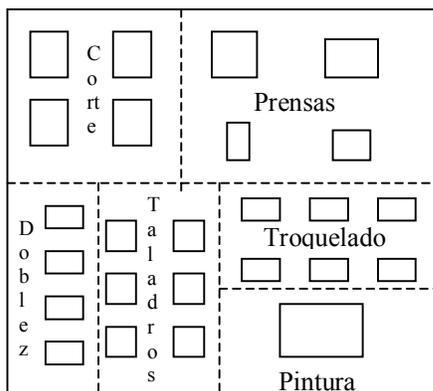


Figura 2.7.1 disposición funcional

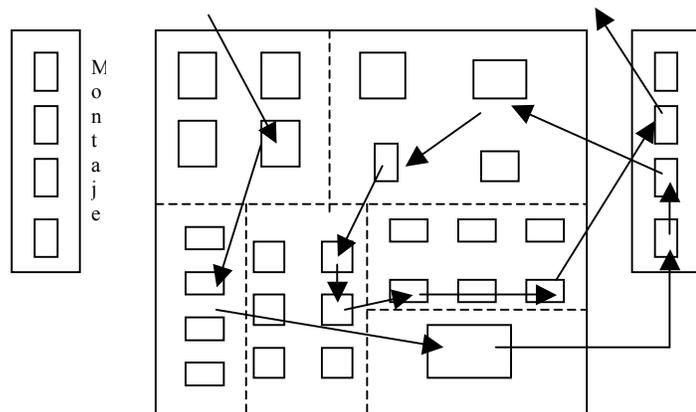


Figura 2.7.2 Circulación de materiales en una distribución funcional

Es posible mejorar considerablemente la distribución de las actividades de las plantas. El objetivo a buscar es simple, se trata de colocar uno al lado del otro los puestos de trabajo que efectúan operaciones sucesivas (sobre una misma pieza o un mismo producto). Es necesario encadenar entre sí las operaciones, suprimir los almacenes intermedios, reducir a lo estrictamente indispensable las operaciones de manufactura, simplificar el flujo de las piezas, facilitar el flujo de producción.

Primero es necesario agrupar los productos que han sido identificados y segregados en familias de productos (ver tabla 2.1), estos son colocados en un diagrama de Pareto. Este diagrama presenta de manera gráfica las agrupaciones de productos. Normalmente 40 % de los productos representan el 60 % de los ingresos. Cuando un grupo de productos cae en esta categoría, es razonable establecer líneas o celdas dedicadas a la producción de estos artículos de manera continua. Estos productos son llamados de alto volumen debido a que se fabrican en grandes volúmenes, con base en órdenes de fabricación frecuentes y una demanda estable (fig. 2.7.2). Los otros tipos de productos caen en una de las dos categorías restantes.

El primer grupo corresponde a los repetidores, productos de propósitos generales elaborados en celdas de operación flexible. Esta categoría cuenta con una gran variedad de productos, los cuales deben ser producidos mediante recursos que no están diseñados para una línea de producción específica. Artículos con un bajo volumen, frecuencia variable de órdenes y alta variabilidad en las rutas de operación. La tercera categoría es la de los artículos extraños. Esta categoría es para artículos misceláneos los cuales son producidos solo una vez o en volúmenes muy bajos o de manera muy poco frecuente (una vez al año).

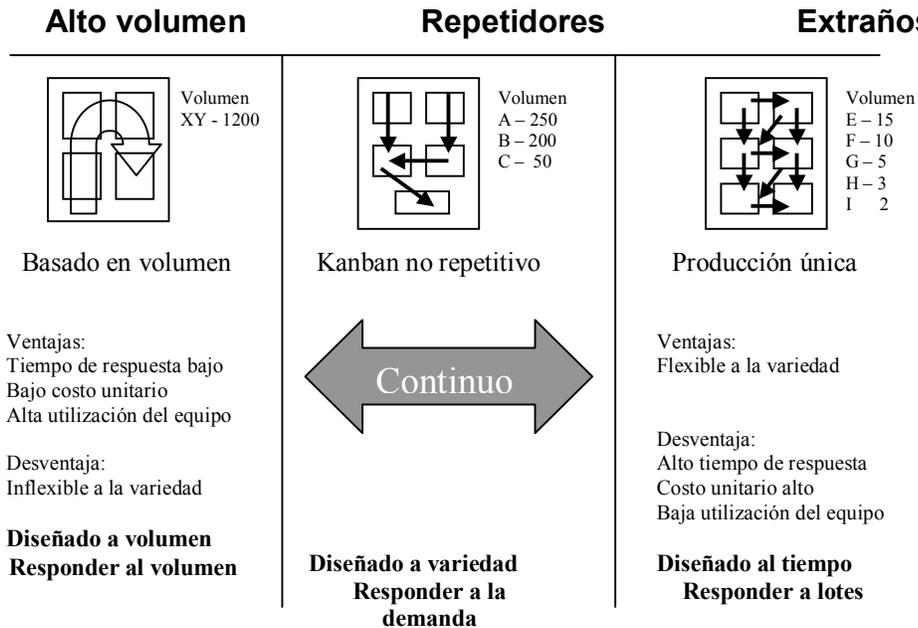


Figura 2.8 Productos alto volumen, repetidores y extraños.

Una celda corresponde al recorrido mínimo que habría de efectuar una pieza tratada para cada una de sus máquinas. Permite encadenar las sucesivas operaciones relativas a una misma pieza, con lo que se hacen mínimos los plazos. Una pieza en efecto puede fabricarse en uno minutos, en tanto que en una fábrica tradicional serían necesarias varias semanas. La creación de células puede ser poco costosa. Los beneficios obtenidos son tan elevados que la operación puede hacerse rentable en algunas semanas.

Ejemplo de Celdas de Manufactura

Cummins Engine Company, fabricante de motores diesel, establecido en Columbus, Indiana, aplica las celdas de manufactura a fin de lograr una producción de alto volumen para algunas de las 100,000 partes que figuran en su catálogo. Cummins realizó la transición, de la distribución por proceso a la producción celular, reorganizándose en departamentos de productos, cada uno de los cuales es responsable de una familia de productos conexos. En una familia de motores figuran 86 volantes, 49 cajas de volante, 17 motores de arranque y 12 montajes posibles. Estos componentes fueron clasificados de acuerdo con el volumen, la previsibilidad de la demanda, la estabilidad del diseño y los tiempos necesarios para hacer los cambios al pasar de la fabricación de un producto a la de otro. La gerencia agrupó las máquinas en células: disposiciones en forma de U que llevan las partes desde el torno hasta la rectificadora y la fresadora, con pocas interrupciones. El inventario de trabajos en proceso es transferido de una máquina a otra sin la necesidad de generar

amortiguadores intermedios, por lo cual se transmite de una operación a la siguiente sin perturbación alguna.

La planta de Columbus tiene 15 células, cada una de las cuales fabrica un grupo relativamente pequeño de partes conexas: una línea de bombas de agua, una línea de volantes, una línea de múltiples, entre otras. Estas distribuciones híbridas, dedicadas a la elaboración de una gama más estrecha de partes, requirieron la compra de algunas máquinas nuevas. Sin embargo, Cummins invirtió solamente 60,000 USD en nuevas máquinas, 105,000 USD en accesorios y herramientas adicionales y cerca de 40,000 USD para cambiar la localización del equipo de toda la planta. Durante el primer año, los requisitos de espacio de piso se redujeron en un 25 %, la chatarra en un 30 % y el inventario de trabajo en proceso en 90 %. El ahorro en costos de mano de obra fue más de un millón de dólares. La distribución híbrida permite que un sistema de alto volumen y uno de bajo volumen coexistan en la misma instalación.

Cummins Engine Flexes Its Factory. Harvard Business Review (marzo-abril 1990), pags. 120-127.

2.2.3 Reducción de las fallas en la maquinaria (Mantenimiento Productivo Total)

Aprovechamiento de la disponibilidad operacional.

Disponibilidad operacional es el enfoque de reducir agresivamente el tiempo no productivo. Su propósito es maximizar la cantidad de tiempo que el proceso es capaz de operar, reduciendo al mínimo el efecto del tiempo muerto y otras formas de tiempo perdido. Su propósito es apoyar al flujo de manufactura. La figura 2.2 muestra de manera esquemática un enfoque para analizar el aprovechamiento de la disponibilidad operacional.

Tabla 2.2 Aprovechamiento de la disponibilidad operacional

Tiempo total en el turno de trabajo							Tiempo de paros programados
Tiempo disponible para producir						Concesiones al personal	
Tiempo efectivo para producir	Tiempo de paro por máquinas y servicios generales	Tiempo de paro por cambios de modelo.	Tiempo de paro por problemas de calidad	Tiempo de paro por esperas y ajustes	Tiempo perdido por bajas en la eficiencia de producción		

Las siguientes condiciones ayudan a elevar la disponibilidad operacional:

- Maquinaria en buen estado y con mantenimiento apropiado para evitar descomposturas inesperadas o reducciones de capacidad de producción.
- Cambios de modelos rápidos. Se recomienda en este caso que el tiempo empleado en realizar cambios de modelo y ajustes no exceda el 10 % del tiempo disponible para producción.
- Un sistema de respuesta rápida para atender cualquier paro en los procesos o en la maquinaria. Dichas contingencias pueden ser de diversos tipos.
- Cartas con registro para dar seguimiento a la disponibilidad operacional.

Las condiciones anteriores marcan la necesidad en primer lugar, de contar con una metodología para mantener en buenas condiciones la maquinaria y buscar “cero descomposturas”.

Tradicionalmente, el estado de la maquinaria es considerado como una responsabilidad primaria del departamento de mantenimiento. En la manufactura esbelta el enfoque es distinto e involucra también al operador de cada máquina como primer responsable de su estado. Los programas de Mantenimiento Productivo Total (TPM) fueron desarrolladas por empresas japonesas para mantener y mejorar el estado de la maquinaria.

Los principales objetivos del TPM son:

- Eliminar el deterioro acelerado.
- Eliminar fallas.
- Eliminar defectos.

Para lograr estos objetivos, es necesario realizar las siguientes actividades:⁹

1. Limpieza inicial
2. Contramedidas para las fuentes de contaminación difíciles de alcanzar
3. Preparación de estándares provisorios
4. Inspección general
5. Inspección autónoma
6. Estandarización
7. Administración autónoma.

Para lograr tener éxito en el TPM es necesario contar con la ayuda de los operadores, dado que ellos se encuentran en la mejor posición para saber cuando su equipo / maquinaria necesitan mantenimiento o reparación, así que la información que puedan proporcionar será de gran ayuda. Para ello se dispone de un tablero cercano al área de trabajo, el cual contiene un lay out que muestra cada una de las máquinas y sobre el esquema de cada máquina se encuentran ganchos en donde el operador puede colgar tarjetas. En dichas tarjetas el operador escribe sus observaciones respecto a los problemas que ha detectado en la maquinaria. Con un vistazo al tablero, el personal de mantenimiento puede entender la problemática de la maquinaria del área, aun cuando no se encuentre presente el operador.

Listas de verificación de mantenimiento productivo deberán ser desarrolladas por el operador y los empleados calificados. Esta lista de verificación proporcionará un método para detectar y corregir problemas sistemáticamente antes de que causen una pérdida importante de tiempo productivo. Adicionalmente se emplean estos listados para desarrollar un stock de refacciones necesarias para mantenimiento del equipo, así como para dar capacitación a los operarios de manera tal que puedan corregir las fallas más comunes de la maquinaria a su cargo.

2.2.4 SMED Ajustes / cambios (de un sistema o actividad a otra)

Los cambios de modelo se deben diseñar para que sucedan dentro del tiempo de ciclo planeado (en el mejor de los casos) minimizando cualquier tiempo no productivo y permitir el flujo de una pieza. Los cambios no siempre se pueden efectuar dentro del tiempo del ciclo planeado, por lo que se deben utilizar métodos estandarizados para un cambio rápido y así reducir el tiempo requerido para realizar el cambio e incrementar el número de veces que se realicen los cambios.

La organización del área de trabajo y los controles visuales son la clave para mejorar los tiempos de cambio. Todo el equipo, las herramientas y los dispositivos deberán estar organizados y

etiquetados en el punto de uso para eliminar las pérdidas de productividad asociadas con la búsqueda de las herramientas y los dispositivos adecuados para realizar el cambio. La clave de la mejora está en la observación cuidadosa de los detalles y en el entrenamiento en la ejecución de los cambios. Estas técnicas están contenidas en la metodología llamada SMED.

SMED significa “Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito”, Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena del lote anterior hasta la primera pieza buena del nuevo lote en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació por necesidad para lograr la producción Justo a Tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos comunes o similares a los usados habitualmente.

Objetivos de SMED

- Facilitar los pequeños lotes de producción
- Rechazar la fórmula de lote económico
- Fabricar cada parte cada día
- Alcanzar el tamaño de lote a 1
- Hacer la primera pieza bien cada vez.

La técnica de cambio rápido de herramientas (SMED) se basa en cuatro fases:

Fase 1. Separar la preparación interna de la externa

Preparación interna son todas las operaciones que precisan que se pare la máquina y externas las que pueden hacerse con la máquina funcionando. Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, esto permite disminuir el tamaño de los lotes.

Fase 2. Convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa

La idea es hacer todo lo necesario en preparar – troqueles, matrices, punzones,...- fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare, rápidamente se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente.

Fase 3. Eliminar el proceso de ajuste

Las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que normalmente toma un tiempo el poner a andar el proceso de acuerdo a la nueva especificación requerida. En otras palabras los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, esto es, una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que la primera pieza salga bien. Se llama ajuste en realidad a los ciclos que se requieren para completar el ajuste a base de prueba y error hasta que se generan productos de acuerdo a las especificaciones, para lograr esto se requiere además emplear una cantidad extra de material.

Fase 4. Optimización de la preparación

Hay dos enfoques posibles:

- a) Utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distinto producto (diseño de conjunto);
- b) Producir las distintas piezas al mismo tiempo (diseño en paralelo)

Técnicas para la reducción del cambio de modelo

1. Estandarizar las actividades de preparación externa
2. Estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina
3. Utilizar un elemento de fijación rápida
4. Utilizar una herramienta complementaria
5. Usar operaciones en paralelo
6. Utilizar un sistema de preparación mecánica

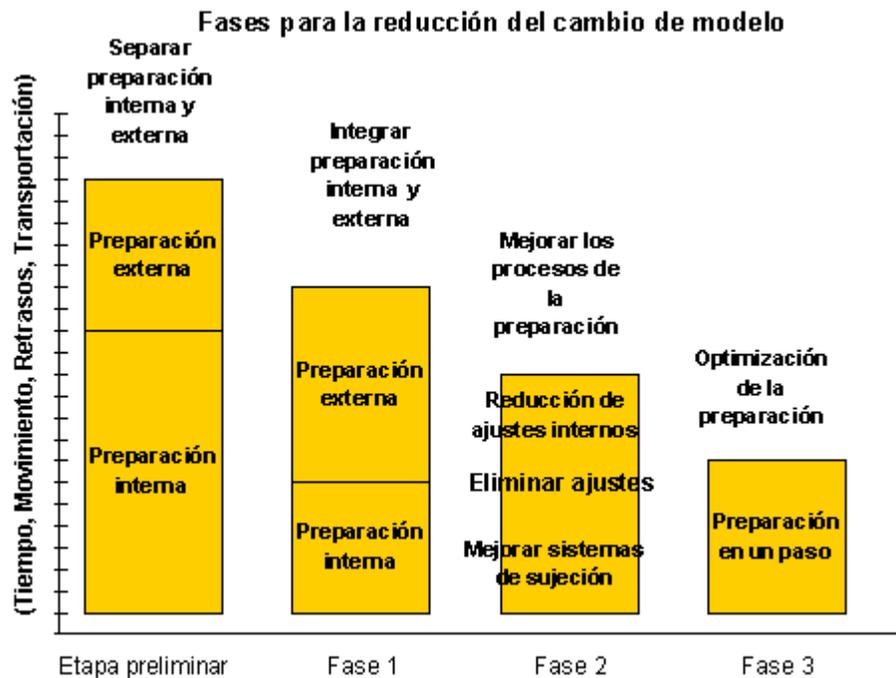


Figura 2.9. Fases para la reducción del cambio de modelo

Ejemplo de Aplicación de SMED ¹⁷ “Mejorando los cambios de ancho de bobina para el moldeo de neumáticos.

Esta es una operación en la cual se ponen los neumáticos montando secciones prefabricadas.

En las operaciones de producción de neumáticos, es necesario moldear un cierto número de tamaños de neumáticos en una máquina de moldeo singular. Las plantillas, así como las bobinas, tienen que cambiarse de acuerdo con el tamaño del neumático. Para reducir los tiempos de cambio, se acostumbraba a cambiar las bobinas completas después de haber sido preparadas en una operación externa.

Con la tendencia creciente hacia una alta diversidad, en volúmenes individuales bajos, el número de bobinas se incrementaba. Esto no solamente requería considerables inversiones, también planteaba un grave problema de espacio alrededor de las máquinas de moldeo. Por tanto, era necesario reducir la magnitud de tiempo para las operaciones de preparación del trabajo.

La figura 2.10 muestra las operaciones antes de las mejoras, y la figura 2.11 la operación después de la mejora. Los estudios sobre el tipo y magnitud de las fuerzas que actuaban en las bobinas revelaron que resortes y bandas podían proveer suficiente fuerza de amarre. Como resultado de esto, fue posible eliminar las operaciones de atornillado y desatornillado de cuarenta y dos tornillos, acortando considerablemente el tiempo de operación.

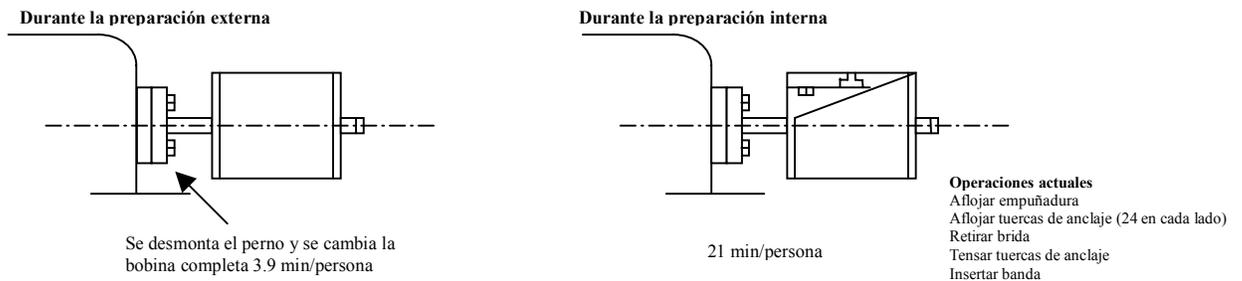


Figura 2.10 Preparación externa e interna en cambios de anchura de bobina para moldeo de neumáticos.

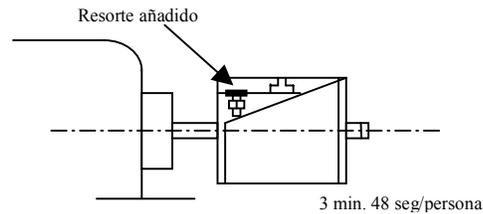


Figura 2.11 Mejora de los cambios de anchura de banda para moldeo de neumáticos.

2.2.5 Calidad en la fuente (dispositivos poka yoke)

El término "Poka Yoke" viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Los sistemas Poka Yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

Un sistema Poka Yoke posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método Poka Yoke en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se este llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

Es posible clasificar los dispositivos Poka Yoke por la fase en que regulan la operación: control o advertencia, o bien por la forma de actuar de los dispositivos, a continuación se presentan las características de estas dos clasificaciones:

Métodos reguladores del Poka Yoke

Métodos de Control

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayudan a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos.

No en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso.

Métodos de Advertencia

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control.

En cualquier situación los métodos de control son por mucho más efectivos que los métodos de advertencia, por lo que los de tipo control deben usarse tanto como sean posibles. El uso de métodos de advertencia se debe considerar cuando el impacto de las anomalías sea mínimo, o cuando factores técnicos y/o económicos hagan la implantación de un método de control una tarea extremadamente difícil.

Clasificación de los dispositivos Poka Yoke

1. Métodos de contacto. Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

2. Método de valor fijo. Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben repetirse un número predeterminado de veces.

3. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en los cuales las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación.

Ejemplo De la utilización de Dispositivos Poka Yoke ¹⁶

La compañía de Aspiradoras de Matsushita Electric tenía constantes reclamaciones debidas a que continuamente se omitía algún accesorio en el proceso de empaque final. Al hacer un análisis de la operación se logro descomponerla en las siguientes actividades:

1. Colocación de 10 pequeños accesorios y un manual de instrucción en una caja de cartón, junto con los artículos mayores tales como el cuerpo de la aspiradora y la manguera.
2. Cuando se concluye el empaque, la tapa se cierra y se sella con cinta plástica.
3. La caja de cartón completa se pesa en una báscula colocada próxima al transportador de rodillos.
4. Cuando el peso esta por debajo del estándar se reabre la caja y se verificaban las partes omitidas. Cualquier omisión se repone.

El problema es que el nivel de precisión de la báscula no hace posible detectar la omisión de los accesorios más pequeños. Se recibían frecuentes quejas de los clientes que habían recibido aspiradoras con faltantes. El gerente de producción tenía la idea de emplear una balanza más precisa, pero su alto costo la hacía poco viable.

Después de hacer una análisis más detallado del proceso se decidió cambiar de fondo la forma en que se venían llevando a cabo las inspecciones dado que estas solo podían detectar los artículos defectuosos, en lugar de prevenir las causas de los defectos. Con esta idea en mente se rediseño el proceso como sigue:

1. Se instalaron foto celdas en los contenedores en que se almacenan cada uno de los accesorios pequeños de manera que cada vez que una pieza se retiraba del contenedor se activaba un conmutador de límite.
2. Se instalo una foto celda en el contenedor de los panfletos de instrucción. De manera que el movimiento de la mano tomando un panfleto de instrucción activa el sensor y dispara un conmutador de límite.

3. Por tanto el movimiento necesario para tomar cada accesorio activa un conmutador de límite una luz verde. Si las operaciones se completan adecuadamente se desactiva el tope del transportador y la caja es movida a la siguiente estación del proceso.
4. Si se omite una pieza el tope que detiene a la caja en el transportador no se desactiva y por tanto la caja queda parada, activándose una luz roja y un zumbador. Cuando se agrega la pieza no indicada por la luz verde, el tope desciende.
5. Se aplica entonces la cinta y la caja es terminada.

Después de hacer estos cambios se eliminaron las reclamaciones y la operación ha continuado con cero defectos.

2.2.6 Administración visual

Un lugar de trabajo limpio, organizado y con un robusto sistema de administración visual constituye el punto de partida para identificar fácilmente el desperdicio y detectar cualquier anomalía en el lugar de trabajo, permitiendo identificar una gran cantidad de oportunidades de mejora.

La práctica de la administración visual incluye el claro despliegue de artículos, cartas, listas y registros de desempeño, de tal forma que tanto la administración como los trabajadores recuerden continuamente todos los elementos que logran la calidad, el costo y la entrega exitosos.⁸

Los problemas deben ser visibles en el lugar de trabajo. Si una anomalía no puede ser detectada, nadie puede manejar el proceso. Así que el primer principio es resaltar los problemas.

La segunda razón de la necesidad de control visual es ayudar a los trabajadores y supervisores a permanecer en contacto directo con la realidad del lugar donde se agrega valor. La administración visual es un método práctico y barato para determinar cuando cualquier situación está bajo control y para enviar una alteración en el momento en que alguna anomalía surge.⁸

Los controles visuales son simples señales visuales o auditivas que brindan una explicación inmediata para una determinada situación o condición. Son eficaces, auto regulados y manejados por operadores.

Tradicionalmente al transmitirse la información que se origina en el lugar de trabajo a través de los distintos niveles de la organización hasta alcanzar la alta dirección. Esto provoca que la información se distorsione, es más abstracta y variable respecto a la realidad. Por el contrario la información visual es más eficaz.

Con la aplicación de la administración visual, tanto el administrador como cualquier otra persona pueden entender el estatus del área de un vistazo conforme caminan dentro del lugar de trabajo o sus alrededores. Esto da la oportunidad de reaccionar de manera más rápida y directa ante los problemas.

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver.⁵ La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y podemos decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente.

Algo importante para los controles visuales es que estos sean estandarizados para permitir que un mismo control visual represente el mismo mensaje a las personas en cualquier lugar que éste es

colocado. Es recomendable elaborar un pequeño manual que contenga los controles visuales utilizados en la planta para una aplicación uniforme de los mismos.

Un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores
- Dónde ubicar la calculadora, carpetas bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo

Ejemplos de controles visuales

En Toyota cada línea de montaje y de mecanización está equipada con un cuadro de luces y un tablero de control de las luces denominado "Andon" ¹⁸. El cuadro de luces se utiliza para avisar al supervisor, operario de mantenimiento o trabajador en general de alguna situación anormal (Fig. 2.12). Posee usualmente varias luces de diferentes colores, cada una significa que se requiere un tipo diferente de asistencia. En las principales líneas las luces están suspendidas del techo o colocadas en lo alto para que los supervisores y los operarios de mantenimiento puedan verlas con facilidad.

En muchos casos, el Andon cuenta con luces de diferentes colores para indicar la condición de la línea. Una luz verde, por ejemplo, indica operación normal y una amarilla indica que un trabajador solicita ayuda para resolver un problema. Si no se corrige la situación, se encenderá una luz roja que indica que la línea está detenida. En otras disposiciones, los tableros Andon pueden tener más luces y utilizar colores diferentes para indicar la condición de la línea. El tablero tiene generalmente cinco colores con los siguientes significados:

Rojo: Avería en la máquina.

Blanco: Final de una serie de producción: se ha producido la cantidad requerida.

Verde: No se trabaja por falta de materiales.

Azul: Unidad defectuosa.

Amarillo: se requiere preparación (incluyendo cambio de herramientas, etc.)

Todos los tipos de Andon se apagan al llegar un supervisor o persona de mantenimiento a la posición responsable del retraso.

Línea de Producción

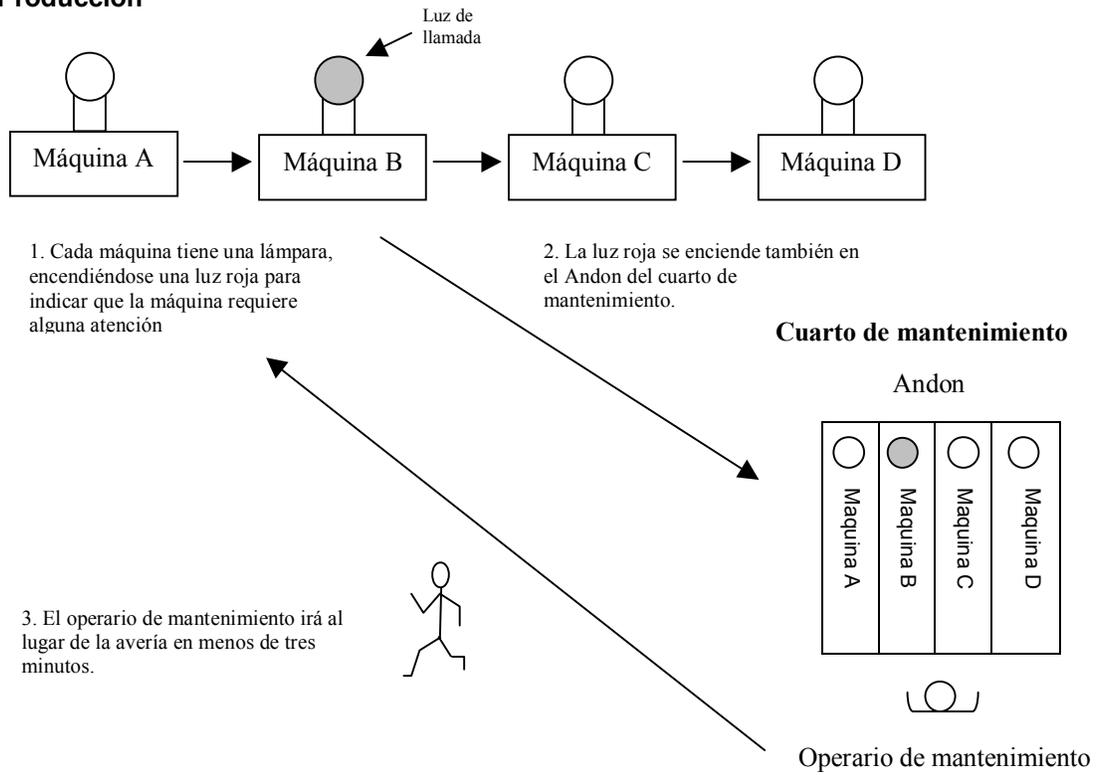


Figura 2.12 Control visual de Mantenimiento de maquinaria

2.2.7 Mejora continua (Kaizen)

Los dos pilares que sustentan Kaizen son los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. De hecho, Kaizen se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación. Además, Kaizen también se enfoca a la eliminación de desperdicio, identificado como "muda", en cualquiera de sus formas.

La estrategia de Kaizen empieza y acaba con personas. Con Kaizen, la dirección guía a las personas para mejorar su habilidad de encontrar expectativas de calidad alta, costo bajo, y entrega en el tiempo continuamente. Kaizen transforma compañías en "Competidores Globales Superiores"

La figura 2.13 presenta la diferencia entre la forma occidental de administrar y el enfoque kaizen. Si bien en ambos enfoques el objetivo es mejorar las condiciones de las compañías y ser más eficientes, el enfoque occidental se concentra en los resultados a corto plazo, en reducir gasto e incrementar ganancias el próximo mes. Por el contrario el enfoque kaizen busca una mejora continua poco espectacular pero que en el largo plazo dará mejores resultados.

Objetivos del Kaizen

1. El desperdicio ('muda' en japonés) es el enemigo público número 1; para eliminarlo es preciso ensuciarse las manos.
2. Las mejoras graduales hechas continuamente no son una ruptura puntual.
3. Todo el mundo tiene que estar involucrado, sean parte de la alta gerencia o de los cuadros intermedios, sea personal de base
4. Se apoya en una estrategia barata, cree en un aumento de productividad sin inversiones significativas; no destina sumas astronómicas en tecnología y consultores.
5. Se aplica en cualquier lado; no sirve sólo para los japoneses.
6. Se apoya en una "gestión visual", en una total transparencia de los procedimientos, procesos, valores, hace que los problemas y los desperdicios sean visibles a los ojos de todos.
7. Centra la atención en el lugar donde realmente se crea valor ('gemba' en japonés).
8. Se orienta hacia los procesos.
9. Da prioridad a las personas, al "humanware"; cree que el esfuerzo principal de mejora debe venir de una nueva mentalidad y estilo de trabajo de las personas (orientación personal para la calidad, trabajo en equipo, cultivo de la sabiduría, elevación de lo moral, auto - disciplina, círculos de calidad y práctica de sugerencias individuales o de grupo).
10. El lema esencial del aprendizaje organizacional es aprender haciendo.

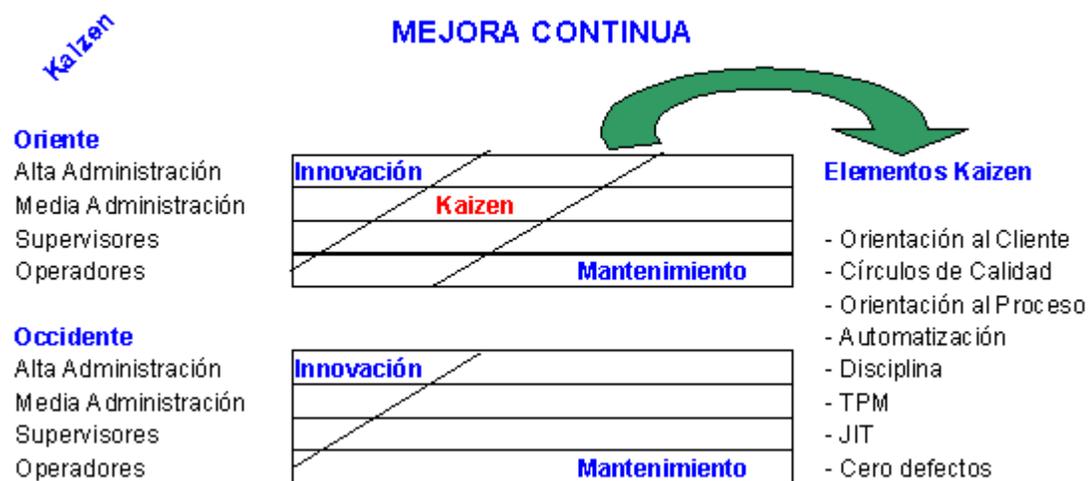


Figura 2.13 Principales diferencias entre el pensamiento de mejora occidental y el kaizen.

Ejemplo de Kaizen

La técnica de las 5 'S' o el movimiento de cinco pasos para el Kaizen ¹⁷.

El movimiento de 5-S toma su nombre de cinco palabras japonesas que principian con s: seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke. Como parte de la administración visual se colocan signos que repiten los pasos en el taller.

Paso 1 Seiri (enderezar). Diferenciar entre lo necesario y lo innecesario y descartar lo innecesario. Esta técnica se emplea para separar lo necesario en las siguientes áreas

- Trabajo en proceso
- Herramientas innecesarias
- Maquinaria no ocupada
- Productos defectuosos
- Papeles y documentos.

Paso 2 Seiton (poner las cosas en orden). Las cosas deben mantenerse en orden de manera que estén listas para ser utilizadas cuando se necesiten. Es decir colocar las herramientas más empleadas lo más cerca posible del área de trabajo. Mientras que las cosas que se empleen con menor frecuencia se mandaran a un almacén y se tendrán bajo el adecuado control.

Paso 3 Seiso (limpieza). Mantener limpio el lugar de trabajo.

Paso 4 Seiketsu (estandarizar). Una vez definido el procedimiento de selección y organización, estandarizarlo mediante procedimientos y controles visuales que faciliten la implantación del mismo.

Paso 5 Shitsuke (disciplina). Seguir los procedimientos desarrollados.

2.3 El proceso de Aplicación: Una guía metodológica

La manufactura esbelta como tal no posee un proceso de aplicación estandarizado, en la mayoría de los casos las mejoras corresponde a aplicaciones puntuales de algunas de las herramientas de la manufactura esbelta. Para dar una mayor formalidad al proceso de implementación se toma el proceso de solución de problemas comúnmente utilizado en la planificación. De hecho se toma una variación del proceso de planeación aplicado a procesos de consultoría.

En la bibliografía especializada se pueden encontrar muy diversas formas de subdividir el proceso de aplicación. Diversos autores sugieren, modelos que van de tres a diez fases. Se ha elegido un modelo sencillo de cinco fases que abarcan los siguientes apartados: iniciación, diagnóstico, planificación de medidas, aplicación y terminación. Este modelo representado en la figura 2.14, será la base para la aplicación de la metodología en el siguiente capítulo. Obviamente no se puede aplicar a ciegas un modelo universal en todas las situaciones, pero constituye un buen marco para estructurar y planificar cometidos y proyectos particulares.

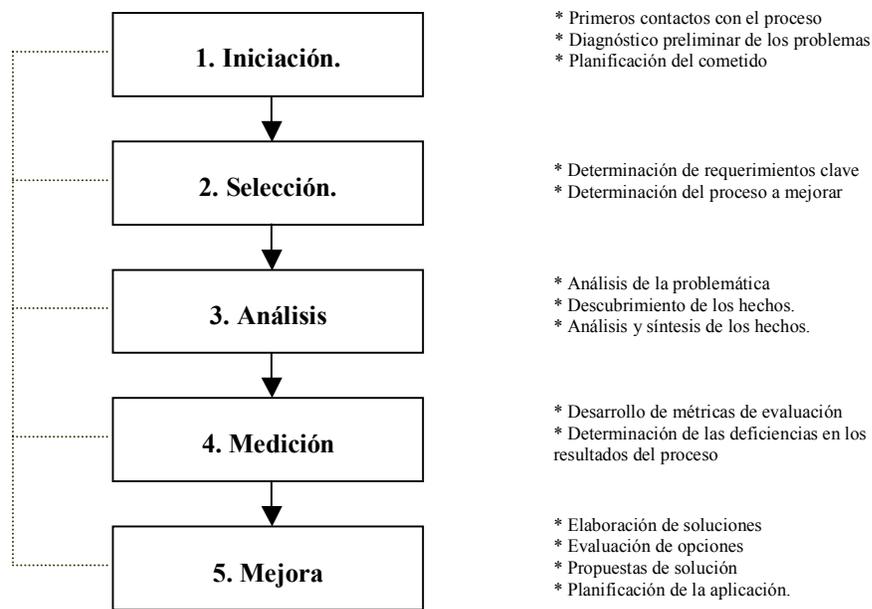


Figura 2.14 Etapas del proceso de mejora

Al aplicar el modelo en una situación concreta es posible que ciertas fases se superpongan; por ejemplo, la medición puede comenzar antes de que quede terminado el análisis de la problemática o quizá no sea necesario un análisis detallado o que se integre con la elaboración de las propuestas. También podría ser útil pasar de una etapa posterior a una anterior. Por ejemplo, la medición no sólo sirve para efectuar la determinación final de los resultados de la tarea y de los beneficios derivados del cambio (fase de mejora), sino también para decidir si se vuelve hacia atrás y se adopta un método distinto. Cada fase puede subdividirse en varias fases o actividades paralelas. Todo el modelo ha de aplicarse con flexibilidad y con una gran dosis de imaginación y sentido común; ya que no existen problemas idénticos en las empresas.

2.3.1 Fase 1. Iniciación

Para iniciar la búsqueda de una posible solución a un problema planteado, se debe saber con exactitud que se espera por parte del dueño del proceso. Por lo que durante las reuniones iniciales, se alientará a los involucrados en el proceso su percepción personal del problema que es necesario resolver y del trabajo que deberá resolverse. En esta etapa se debe plantear claramente el perfil de la compañía a estudiar sus características más importantes, su forma de trabajar y las características de sus procesos. En esta etapa es preciso definir de forma clara el proceso al cual se está considerando, sus entradas, salidas, proveedores, etc. (fig. 2.15)

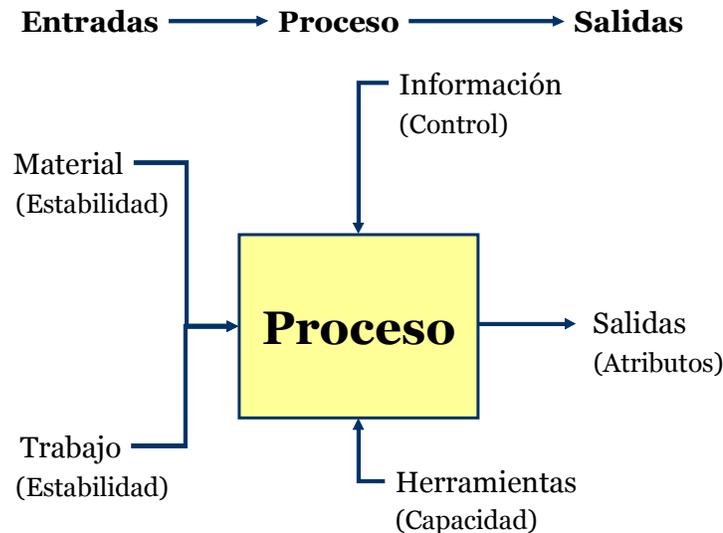


Fig. 2.15 Identificación del proceso a estudiar y sus características.

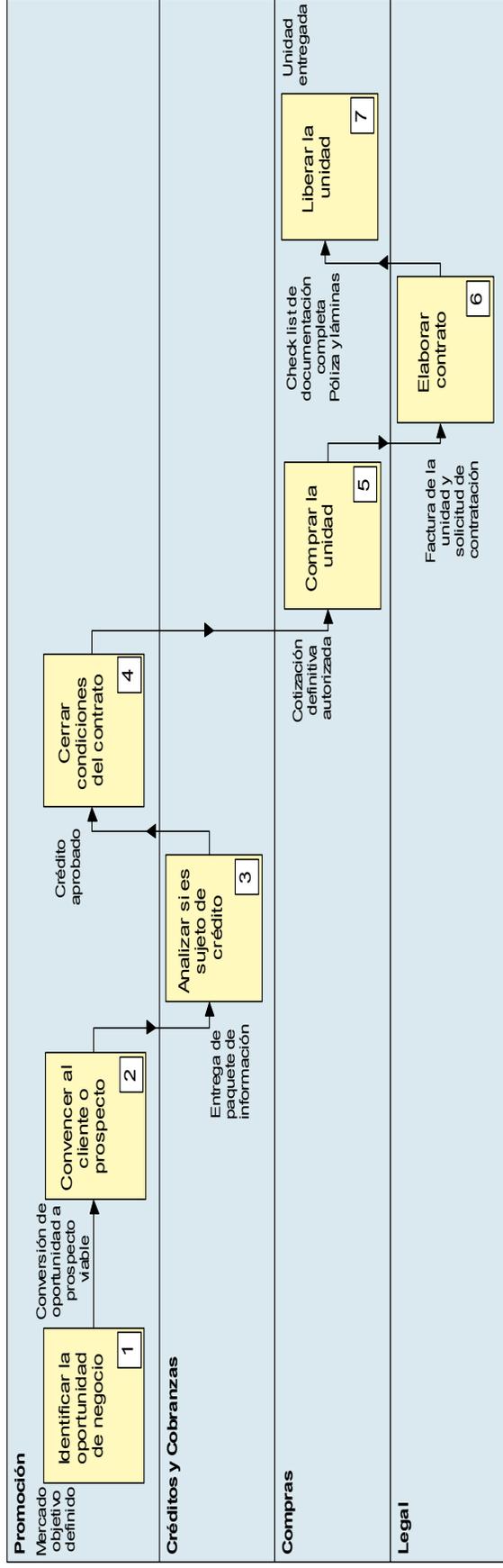
2.3.2 Fase 2 Selección

Con todo no existe garantía de que la percepción y descripción del problema sean correctas y de que se reciba una información completa e imparcial. Antes de comenzar a planificar un cometido y de proponer un trabajo concreto se debe efectuar un pre-diagnóstico propio e independiente del problema.

Su objetivo es examinar el problema que afronta y los objetivos que se trata de alcanzar, de manera detallada y a fondo, poniendo al descubierto los factores y las fuerzas que ocasionan el problema e influyen en él, y preparar toda la información necesaria para decidir como se ha de orientar el trabajo encaminado a la solución del problema. Una meta igualmente importante consiste en examinar la relación entre el problema de que se trate y los objetivos y resultados globales alcanzados por la organización y averiguar su capacidad potencial para efectuar los cambios y resolver el problema con eficacia. Es decir se debe acotar la problemática dentro de los procesos seleccionados considerando las operaciones que tiene una mayor repercusión en la problemática a tratar. Con este fin es posible desarrollar un mapeo de procesos, esta técnica nos permite detectar las operaciones que contienen la problemática (Fig. 2.16)

Finalmente la selección adecuada de los problemas más representativos nos llevará a aportar soluciones de gran impacto a la empresa, al categorizar las problemáticas aportadas por los integrantes de la empresa a estudiar.

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA.



Mapa de proceso Nivel 1

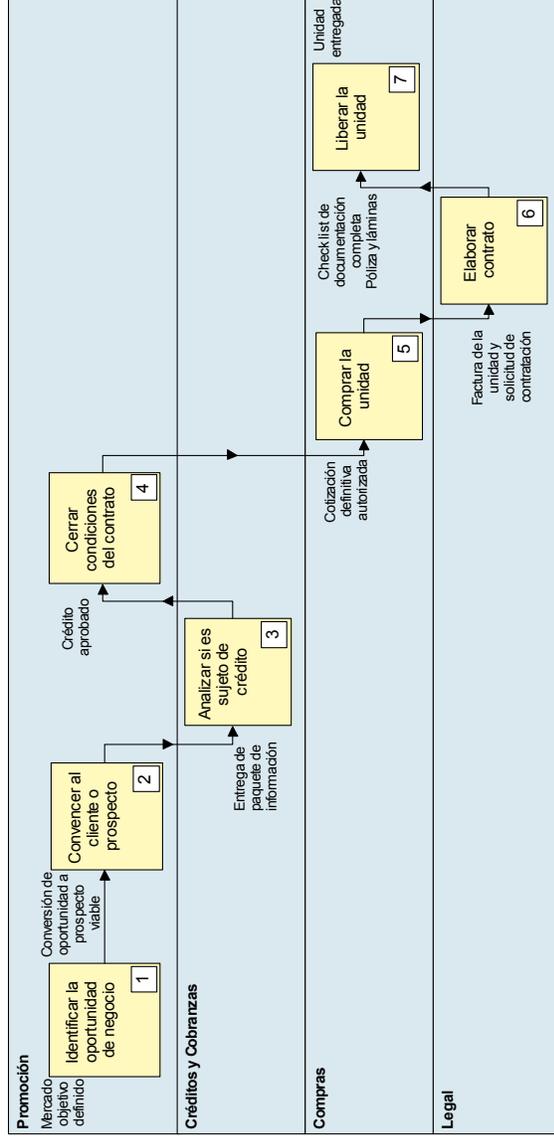


Fig. 2.16 Mapa de proceso nivel 2

2.3.3 Fase 3 Análisis

Esta fase consiste en la elaboración de un diagnóstico a fondo del problema que se ha de solucionar. Durante esta fase se determinará el tipo de modificaciones que se requerirán en el proceso. Establecer de manera pormenorizada los objetivos que se han de alcanzar con el cometido de evaluar el rendimiento, los recursos, las necesidades y las perspectivas de la organización. Habrá que definir si el problema fundamental está dentro de los alcances de la Manufactura esbelta y qué técnicas pueden servir para la solución del problema.Cuál es su esencia y qué problemas implicará su eliminación, etc. Se sintetizan los resultados de la fase de diagnóstico y se extraen conclusiones sobre cómo orientar el trabajo con respecto a las medidas propuestas con el fin de que se resuelva el problema real y se obtengan los beneficios deseados. Durante esta fase se pueden vislumbrar algunas posibles soluciones.

En el caso de manufactura esbelta en esta etapa se emplea la técnica de los mapas de corriente de valor. Adicionalmente es posible emplear técnicas como el diagrama de Pareto, el diagrama de Ishikawa, el diseño de experimentos, etc. La selección de las herramientas a emplear depende de las características del problema a estudiar

2.3.4 Fase 4 Medición

La investigación y el diagnóstico de los hechos a menudo no son reflejados en términos numéricos, de manera que sea posible llevar a cabo un seguimiento puntual del desempeño. Para evitar esto se propone en esta fase desarrollar métricas de seguimiento claras, las cuales nos permitirá evaluar de manera clara la pertinencia y la calidad de las soluciones que se propondrá. El desarrollo de métricas de medición nos permitirá tener una base con la cual justificar las decisiones sobre qué aspectos del problema conviene examinar a fondo y qué aspectos se pueden dejar de lado.

En esta etapa se hará una evaluación de los parámetros más importantes de la empresa desde el punto de vista del proceso. El desarrollo de las métricas de medición varía de empresa a empresa dependiendo de sus características propias y de los objetivos de la misma. Sin embargo se pueden definir las características que debe poseer un buen sistema de medición:

- Las mediciones del desempeño deben estar orientadas al proceso.
- La medición del desempeño debe ser visual.
- La medición del desempeño debe ser significativa.
- Debe ser cuantitativo.
- Fácil de entender
- Favorece un comportamiento adecuado
- Ofrece visibilidad para todos los participantes
- Los indicadores están bien definidos y ser entendidos por todos los participantes.
- Abarcar todos los elementos que integran el proceso
- Medir solamente lo que es identificado como importante
- Es multidimensional (mide utilización, productividad y desempeño).
- La recolección y el análisis representan un bajo costo.

Una medición del desempeño de la manufactura esbelta, comúnmente incluye tres tipos de mediciones, como se puede observar en la figura 2.17:

- Costo de operación
- Tiempo de respuesta
- Rentabilidad y márgenes
- Servicio al cliente

Es importante combinar estos tres tipos de indicadores de manera que sea posible a través de la medición del desempeño saber que impacto tienen las medidas tomadas en el piso de operaciones en el conjunto del negocio. Permittiéndonos ver claramente si realmente se están realizando las mejoras planteadas al inicio del proceso y si las medidas tomadas están alineadas con los objetivos del negocio y las necesidades de los clientes.

Métricas relacionadas con el Costo de Operación.

Costo total del ciclo productivo

Costo de mano de obra

Costo de envíos retrasados.

Costo de inventario

Días para cobrar

Rotación de inventarios

Rotación de inventarios = Costo de ventas (COGS) / Inventario promedio

Días de inventario

Días de inventario = 365 / Rotación de inventarios

Métricas relacionadas con el Tiempo de respuesta

Tiempo de ciclo de la cadena de suministro

Tiempo de ciclo de entrega

Tiempo de respuesta al cliente en órdenes

Tiempo del ciclo de manufactura

Rentabilidad y márgenes

Margen operativo por producto / canal

Ganancias netas (NOPAT)

Retorno sobre activos (ROA)

Esta métrica indica la eficiencia con la que utiliza todos sus recursos para generar ventas y beneficios.

ROA = Utilidad Neta / Activos totales * 100

Flujo de efectivo

Ciclo de conversión de efectivo (Cash Gap)

El cash gap es un concepto simple que ayuda a las personas involucradas en la operación a entender la forma en que sus acciones y desempeño afectan a la compañía

El ciclo de Conversión de Efectivo comprende la evaluación de:

- Días de inventario
- Número de días requeridos para cobrar
- Número de días requeridos para Pagar

Generándose por la rotación de los tres el cash gap (fig. 2.17)

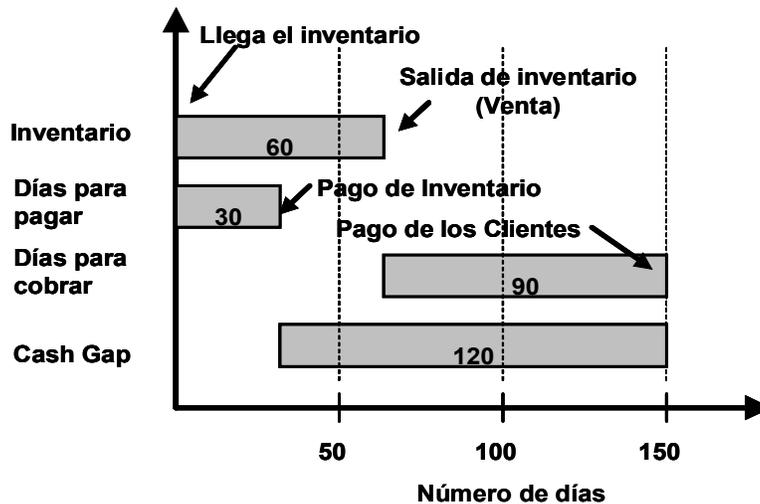


Fig. 2.17 Ciclo Cash Gap

Cash Gap = Días de inventario + Días para Cobrar – Días para Pagar

Servicio al cliente

Niveles de servicio al cliente por segmento o canal

Tasa de órdenes completas

Entregas a tiempo

Entregas por solicitud del cliente

Tasa de surtido (fill rate)

Tiempo total de respuesta

En la parte del proceso las métricas orientadas a la medición del ciclo de proceso o el tiempo de proceso suelen ser las más útiles. La reducción del tiempo del ciclo es un indicador de que otros aspectos se están mejorando y usualmente significa que las operaciones que no agregan valor están disminuyendo o que la calidad de la producción está mejorando. Otro beneficio adicional es que la medición del ciclo de producción es relativamente fácil de determinar.

2.3.5 Fase 5 Mejora

Esta fase tiene como objetivo encontrar la solución al problema planteado. Abarca el estudio de las diversas soluciones posibles, la evaluación de las mismas, la elaboración de un plan para introducir los cambios y su presentación para la aprobación correspondiente. Se puede optar entre la amplia gama de técnicas y herramientas que agrupa la manufactura esbelta. La planificación de la acción requiere imaginación y creatividad, así como un enfoque riguroso y sistemático para determinar y estudiar las opciones posibles, eliminar propuestas que podrían conducir a cambios de escasa importancia e innecesarios y decidir que solución se ha de adoptar. Un aspecto importante del plan de acción consiste en elaborar una estrategia y tácticas para la introducción de los cambios, en particular para abordar los problemas humanos que se pueden prever. Superar cualquier resistencia al cambio y captar apoyos para efectuarlo.

En esta etapa se han de emplear las herramientas de manufactura esbelta detalladas en este capítulo, con el fin de planificar las posibles soluciones a la problemática detectada.

Adicionalmente se deberían considerar dos etapas más en el proceso: la puesta en práctica de la mejora y la evaluación periódica del proceso, sin embargo en el presente trabajo no se incluyen las mismas, dadas las limitaciones de tiempo que implican el desarrollo de la tesis. A continuación se presenta una pequeña descripción de estas dos etapas adicionales.

2.3.6 Fase 6 Implantación de las mejoras

La puesta en práctica constituye una prueba definitiva con respecto a la pertinencia y viabilidad de las propuestas elaboradas. Los cambios propuestos comenzarán a convertirse en realidad. Empiezan a suceder las cosas que se han planificado o que escapan a la planificación. Pueden surgir nuevos problemas y obstáculos imprevistos y se puede poner de manifiesto el carácter erróneo de ciertas suposiciones o errores de planificación. La resistencia al cambio puede ser muy distinta a la que se preveía en la fase de diagnóstico y planificación. Quizá sea necesario corregir el diseño original y el plan de acción. Como es imposible prever con exactitud todas las relaciones, acontecimientos o actitudes, y la realidad de la puesta en práctica difiere a menudo de la planificación, la vigilancia y administración de la aplicación son muy importantes.

Esta etapa es muy basta y requiere largos periodos de tiempo para que se obtengan los resultados planificados. En algunas empresas que implantan manufactura esbelta esta etapa toma años y no siempre termina con el grado de éxito deseado. Por la naturaleza de este trabajo esta etapa se omitirá y el proceso quedará únicamente hasta la fase de planificación.

2.3.7 Fase 7 Evaluación y mejora continua

Esta es la última fase del proceso e incluye varias actividades, entre otras: Se evaluará el desempeño, el enfoque adoptado, los cambios introducidos y los resultados logrados. Se presentarán y examinarán los resultados finales del proceso de implementación. Con base en las mediciones obtenidas del proceso se buscará hacer mejoras al mismo para incrementar el desempeño del proceso.

Dentro de esta fase es recomendable implementar programas kaizen de mejora continua con el fin de hacer aportaciones puntuales a la operación del negocio que en conjunto ofrecen un sistema que mantiene la operación en un mejoramiento constante que impide que se pierda el impulso recibido de la mejora realizada (Figura 2.18)

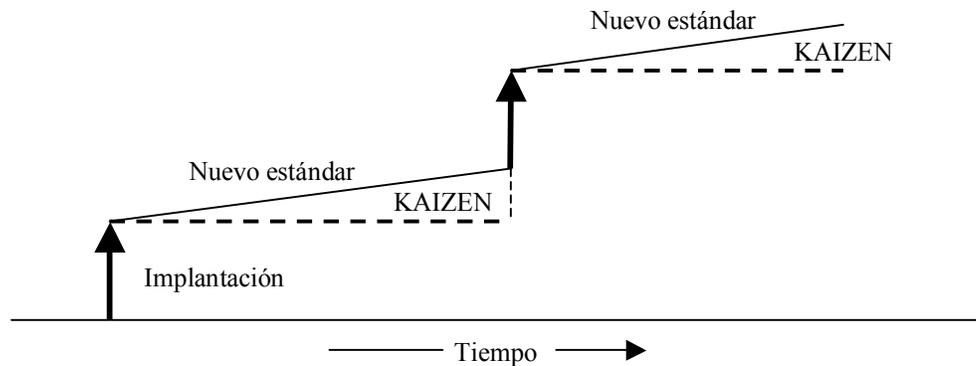


Figura 2.18 Efectos de la aplicación de kaizen después de la implantación

Adicionalmente es preciso hacer un análisis comparativo periódico de nuestra empresa contra los principales competidores de nuestro sector mediante un benchmark que nos permita garantizar que nuestra compañía se mantiene dentro de las compañías líderes del mercado.

Conclusiones del capítulo 2

En este capítulo se mostraron las bases del pensamiento esbelto, así como las principales herramientas de la manufactura esbelta. Finalmente se propuso una opción metodológica para dar cierta estructura a la aplicación de estas herramientas.

Este capítulo sirve como base para la aplicación de la manufactura esbelta, además de servir como una guía muy general para conocer las principales características de la manufactura esbelta.

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE CASO: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN UNA EMPRESA APLICANDO MANUFACTURA ESBELTA

3.1 Iniciación

3.1.1 Descripción general de la empresa

Grupo Termointustrial ECA S.A. de C.V. es una empresa con más de cuarenta años en el mercado nacional que se dedica primordialmente a la elaboración de hornos y equipos relacionados con tratamientos que empleen calor como elemento principal. Esta empresa nació de la fusión de dos compañías:

Enterprise. Fue una de las compañías pioneras en México en quemadores industriales, instrumentación y control, para procesos diversos en la industria, representando y distribuyendo en México una gran variedad de marcas del ramo. Posteriormente incluyó en sus actividades, como división central la de sistemas de combustión. Finalmente incursionó en la automatización de procesos industriales, integrando uno o varios procesos en sistemas centrales de información y control.

CAISA. Nació como una compañía fabricante de quemadores y pequeños hornos industriales. A través de los años, fue incluyendo en su línea de productos, esterilizadores, hornos de mayor capacidad y sofisticación, tanto para baja como alta temperatura, ya fueran para producción por lotes o continuas. Posteriormente se incluyeron casetas de pintura, transportadores y equipos de preparación de superficies.

En años recientes, ambas empresas se complementaron participando en proyectos de gran envergadura y en la modalidad llave en mano.

3.1.1 Unidades de negocio de la empresa (UNE)

La empresa cuenta con cinco unidades de negocio bien definidas:

a) Componentes y refacciones.

Esta Unidad de negocio ofrece una amplia gama de productos y refacciones industriales especializadas en la instrumentación de sistemas de combustión. Esta unidad de negocio cuenta con ejecutivos de marca que cuentan con la capacidad para dar asesoría técnica, desarrollar la ingeniería requerida para alguna aplicación y la realización de las cotizaciones pertinentes. Entre otras se tienen las representaciones en México de las siguientes compañías:

Eclipse	Partlow	Dwyer
Fireye	Honeywell	Endress + Hauser
Danfoss	Raytek	Dungs

b) Líneas de acabado.

Esta UNE reúne varias de las áreas de la empresa con el fin de ofrecer soluciones llave en mano a diversos sectores industriales. Esta UNE se especializa en la fabricación de líneas completas para aplicación de pintura. Esta UNE cuenta con la tecnología y experiencia para el desarrollo de proyectos completos, así como la modificación o ampliación de líneas existentes. Entre otros se da servicio a las siguientes tipos de empresas:

- a) Industria automotriz y de auto partes
- b) Línea blanca
- c) Elaboración de muebles
- d) Tableros eléctricos.

c) Hornos Industriales y de laboratorio.

Esta UNE diseña y fabrica equipos y sistemas para calentamiento y tratamientos térmicos industriales. Esta UNE realiza el desarrollo de la ingeniería conceptual, ingeniería de detalle, fabricación y puesta en marcha. Esto ha permitido a esta UNE incidir en diferentes tipos de empresas tales como:

- 1) Automotriz y auto partes
- 2) Alimenticia
- 3) Farmacéutica
- 4) Línea blanca
- 5) Minera
- 6) Metalmecánica

d) Automatización.

Esta UNE se dedica principalmente a la automatización de los equipos propios de la empresa, así como a la automatización de equipos propiedad de los clientes. Entre las aplicaciones que realiza esta UNE se encuentran:

- 1) Automatización de hornos y equipos de combustión en general
- 2) Automatización de líneas de acabado
- 3) Sistemas de control y monitoreo centralizado
- 4) Automatización y monitoreo de líneas de producción
- 5) Actualización de sistemas de control

6) Venta, asesoría y programación de equipos PLC.

e) Servicio e instalación de equipo.

Esta unidad de negocio se dedica primordialmente a la instalación del equipo fabricado por la compañía, así como a prestar servicios de mantenimiento especializado a los diferentes clientes de la empresa. Los servicios que ofrece esta UNE son:

1. Instalación especializada de equipos
2. Calibración o ajuste de quemadores y equipos de combustión
3. Diagnostico de fallas y corrección de las mismas.
4. Mantenimiento preventivo, correctivo y productivo.
5. Servicio de actualización o mejoramiento de equipos
6. Arranque y puesta en marcha de equipos.
7. Capacitación y adiestramiento del personal del cliente.
8. Asistencia técnica.

Para lograr hacer frente a la gran variedad de productos elaborados por la compañía y a la fusión de sus compañías fundadoras Enterprise y CAISA, grupo termoindustrial ECA cuenta con una plantilla de 350 trabajadores integrados de acuerdo al organigrama mostrado en la figura 3.1.

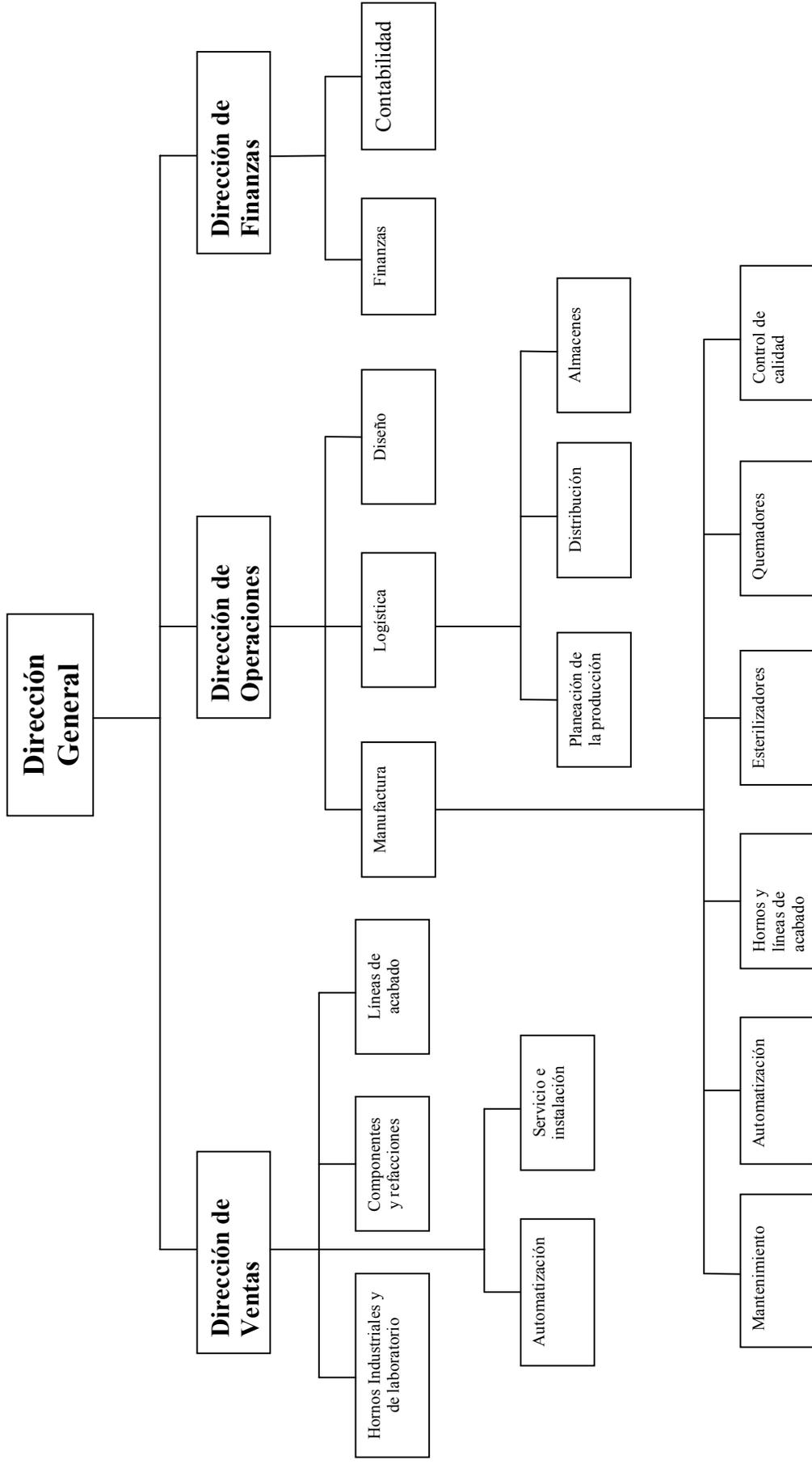


Figura 3.1 Organigrama de la empresa Grupo Termoindustrial E.C.A. S.A.

Características de la operación de la empresa

Como se explicó en la sección anterior, la empresa se orienta a atender dos tipos de mercado:

Por un lado se construyen proyectos “llave en mano” diseñados de acuerdo a los requerimientos específicos de cada cliente. En este tipo de proyecto se parte desde la etapa de diseño y conceptualización de los requerimientos del cliente hasta la instalación y puesta en marcha de los mismos.

Por otro lado la empresa cuenta con artículos de línea, es decir productos pensados y diseñados para servir a cierto tipo de cliente con necesidades similares, los cuales no sufren grandes modificaciones en su diseño o fabricación.

El proceso de fabricación para un proyecto llave en mano es bastante complicado y requiere la colaboración de varios departamentos independientes. El proceso de fabricación de un proyecto va desde la traducción de las necesidades del cliente a un plano de fabricación, su manufactura, y su instalación en la planta del cliente.

Por el contrario en el caso de los artículos considerados de línea o estándar la fabricación obedece a un programa de producción basado en estadísticas de consumo y en datos históricos de la demanda. Este proceso se expone de manera simplificada en la figura 3.2, este diagrama tiene una mayor aplicación en el área de proyectos ya que en la parte de productos de línea el desarrollo de productos conlleva una secuencia diferente.

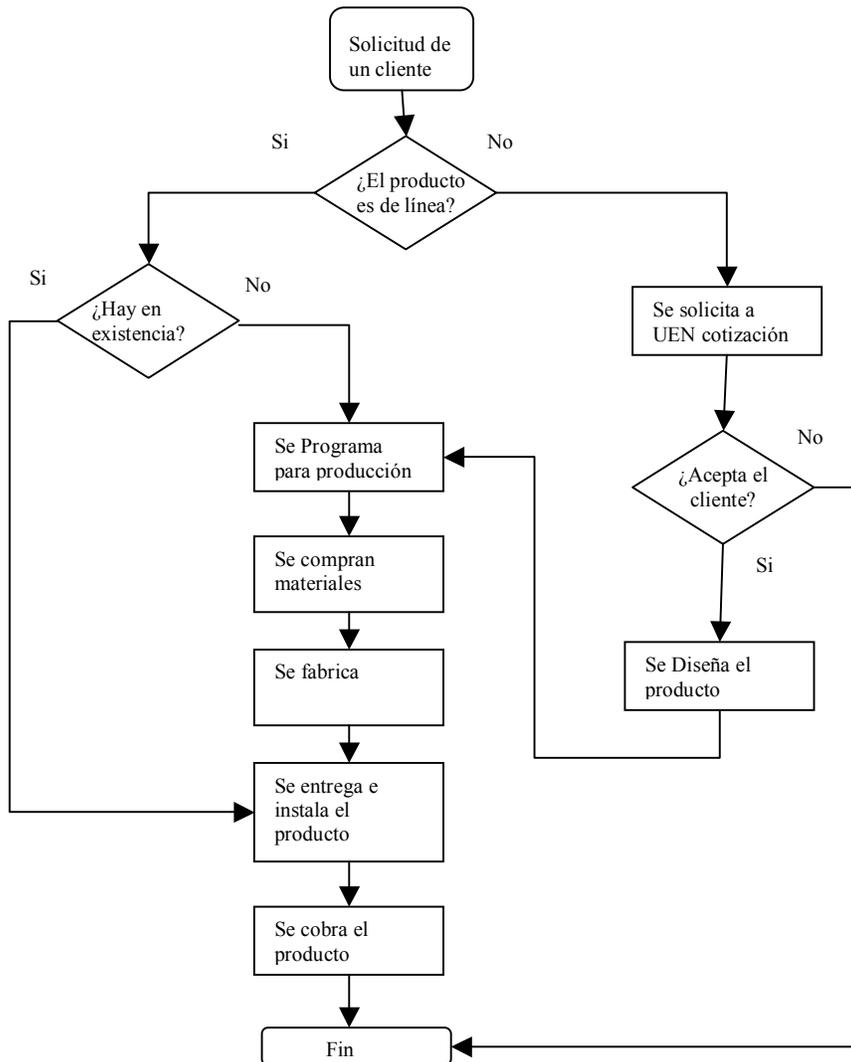


Figura 3.2 Diagrama de flujo simplificado de la operación de la empresa

Problemáticas en la empresa

Grupo Termoindustrial es una empresa familiar que nació y se desarrollo en una época en la cuál la Industria Mexicana se encontraba protegida por restricciones a las importaciones de artículos. Al abrirse el mercado nacional a la importación de todo tipo de artículos, la empresa perdió parte de su mercado frente a productos con mejores prestaciones, diseños más atractivos y precios menores. Adicionalmente el mercado de los productos llave en mano para la industria automotriz impuso nuevas reglamentaciones como las normas ISO TS 16949 e ISO 14000 para sus proveedores. Con el fin de hacer frente a estos retos la compañía planteó varios proyectos especiales para hacer frente a estas contingencias, entre los más importantes se encuentran:

1. **Rediseño de sus principales líneas de productos.** Con el fin de contar con productos más atractivos y con prestaciones similares a las de sus competidores el departamento de diseño analizo las principales características de los productos de los competidores e hizo un estudio entre sus clientes acerca de sus requerimientos para cada línea de productos.
2. **Modularización de los componentes de la línea de hornos y casetas de pintura.** Con el fin de reducir sus costos y ser más competitivo en su línea de proyectos "llave en mano" la empresa introdujo el concepto de "ECOFICOS" (Elementos comunes finitos y costeados), es decir en lugar de partir de cero en la fabricación de un proyecto la empresa será capaz de armar un proyecto partiendo de módulos prediseñados y costeados lo cual representa una enorme ventaja en cuanto a tiempos de entrega y costos de producción.
3. **Certificación en ISO TS16949.** Como proveedor de la industria automotriz la compañía se ve forzada a obtener lo antes posible su certificación ante ISO TS 16949 con este fin se esta evaluando contratar una consultoría en el mediano plazo.
4. **Reducción de costos en la línea de esterilizadores de la compañía.** Ante la competencia de los nuevos productos importados la compañía ha decidido reducir los costos de manufactura de esterilizadores. Así como ampliar la línea de productos al lanzar dos nuevos modelos económicos.
5. **Mejorar el nivel de servicio al cliente.** Es frecuente que los inventarios de producto terminado no correspondan con los requerimientos del mercado en un momento dado. Esto se debe a que los requerimientos cambiaron desde que se realizo la planificación de la producción, hasta que se finaliza la producción.
6. **Costos fijos de fabricación elevados.** Por ser una compañía con una gran cantidad de maquinaria, activos fijos y personal la compañía cuenta con fuertes costos fijos y de no contar con el suficiente nivel de pedidos la compañía sufre de problemas de liquidez.

De los seis proyectos de mejora se seleccionó el relacionado con la reducción de costos en la línea de esterilizadores de la compañía. Dado que la manufactura esbelta por su naturaleza nos permitirá reducir considerablemente los costos de producción de los esterilizadores y por estar enfocada en la fabricación de lotes pequeños de productos variados nos auxiliará en la administración del crecimiento en la línea de productos de la compañía.

Adicionalmente los esterilizadores son un producto clave de la compañía y de no llevar a cabo mejoras en el proceso de producción se correría el riesgo de seguir perdiendo mercado ante los productos importados. Finalmente es posible auxiliar a la compañía mediante la solución de los puntos 5 y 6, al mejorar el nivel de servicio al cliente al reducir el tiempo entre los requerimientos de los clientes y la fabricación de los mismos. Y en el caso del punto 6 es posible evaluar que

partes del proceso son menos valiosas para la compañía y es posible evaluar la posibilidad de usar un outsourcing para reducir los costos fijos.

3.2 Selección

Como se explicó antes, se seleccionó la reducción de costos en la línea de esterilizadores. Con el fin de detectar las mejores áreas de oportunidad para la implantación de las herramientas de la manufactura esbelta, partiremos del análisis de la situación actual con este fin se presenta en primer término el proceso de fabricación de un esterilizador, las partes que lo componen y los requerimientos de producción programados. Con esta información se procederá a elaborar un mapa de corriente de valor, el cual nos permitirá identificar claramente las áreas de oportunidad más significativas.

3.2.1 Características de los esterilizadores

Los esterilizadores son hornos de baja temperatura que trabajan por convección natural empleados en la esterilización de material quirúrgico. Existen dos tipos de esterilizadores los de calor seco y las autoclaves. En el caso de Grupo Termodustrial ECA sólo se fabrican esterilizadores de calor seco.

El ciclo de esterilización por calor seco se hace a una temperatura de 170 ° C por una hora. Por lo que el ciclo de trabajo de un esterilizador consiste en partir de una temperatura ambiente y subir a 170 °C, conservando esta temperatura por 60 minutos.

Los componentes principales de un esterilizador son:

Cámara Interior. La función de la cámara interior es contener el material quirúrgico a esterilizar, permitir la circulación del aire caliente en su cámara y dar cabida al banco de resistencias, el cual proporciona la energía calorífica para que funcione el aparato. Comúnmente está fabricada en acero inoxidable y aluminio.

Cámara Exterior. Este componente proporciona el soporte de la cámara interior y se encarga de aislarla del mundo exterior, evitando la pérdida de calor. Además sirve de soporte para los otros componentes del esterilizador como son: la puerta y los instrumentos de control. Está fabricada en lámina de acero al carbón y es recubierta con una capa de pintura horneada. Entre la cámara interior y la exterior se coloca fibra de vidrio para garantizar un adecuado aislamiento térmico.

Puerta. La puerta se emplea como la forma de dar acceso a la cámara. Está fabricada en el interior en lámina de aluminio y en el exterior en lámina de acero al carbón con un recubrimiento de pintura. En su interior se coloca una capa de fibra de vidrio para proporcionar el aislamiento y emplea un sello de fibra cerámica para reducir la fuga de calor.

Sistema de calefacción y de control. Se encuentra alojado en la cámara exterior y su función es proporcionar la energía calorífica requerida en el proceso, así como controlar la temperatura de la cámara y asegurar que se cumpla el ciclo de esterilización. Está formado por un banco de resistencias, un termostato, un timer (temporizador o también llamado cronómetro) relevadores, conexiones y cableado.

La figura 3.3 muestra un esterilizador modelo 12-27 y sus componentes principales.



Figura 3.3 componentes principales de un esterilizador

3.2.2 Análisis del proceso de manufactura de esterilizadotes

Por ser los esterilizadores productos de línea su proceso de producción inicia con la realización de un plan maestro de producción. Continúa con el plan de requerimiento de materiales y termina con la producción de los mismos. A continuación se presentan los detalles de este proceso:

Pronóstico de ventas

El área de la compañía dedicada a la venta de esterilizadores es la división de hornos industriales y de laboratorio. Y su único cliente, en lo referente a esterilizadores, es la compañía Distribuidora CAISA, esta compañía cuenta con una red de distribución de artículos relacionados con equipo dental por toda la república. Por lo que la elaboración del pronóstico de ventas resulta muy sencilla para la empresa y consiste en solicitar anualmente a Distribuidora su pronóstico de ventas para ese año e ir haciendo correcciones mensualmente a los programas de producción de acuerdo a los requerimientos del mercado.

Planificación de la producción

Actualmente la empresa cuenta con un ERP llamado Baan IV, a través de este ERP la empresa hace su planificación de la producción partiendo de un pronóstico de ventas para cada uno de los artículos que fabrica Tomando como referencia los pronósticos de ventas se creará un plan maestro de producción (MPS) el cual se relaciona con las diferentes áreas de la empresa para coordinar los procesos de compra y fabricación de los diversos artículos. Entre otros el MPS se relaciona con mercadotecnia, planeación de la distribución, planeación de la producción PCP y planeación de capacidad CRP. Asimismo maneja el sistema de planeación de capacidad y el sistema de planificación de materiales MRP como se ilustra en la fig. 3.4

Administración de la producción

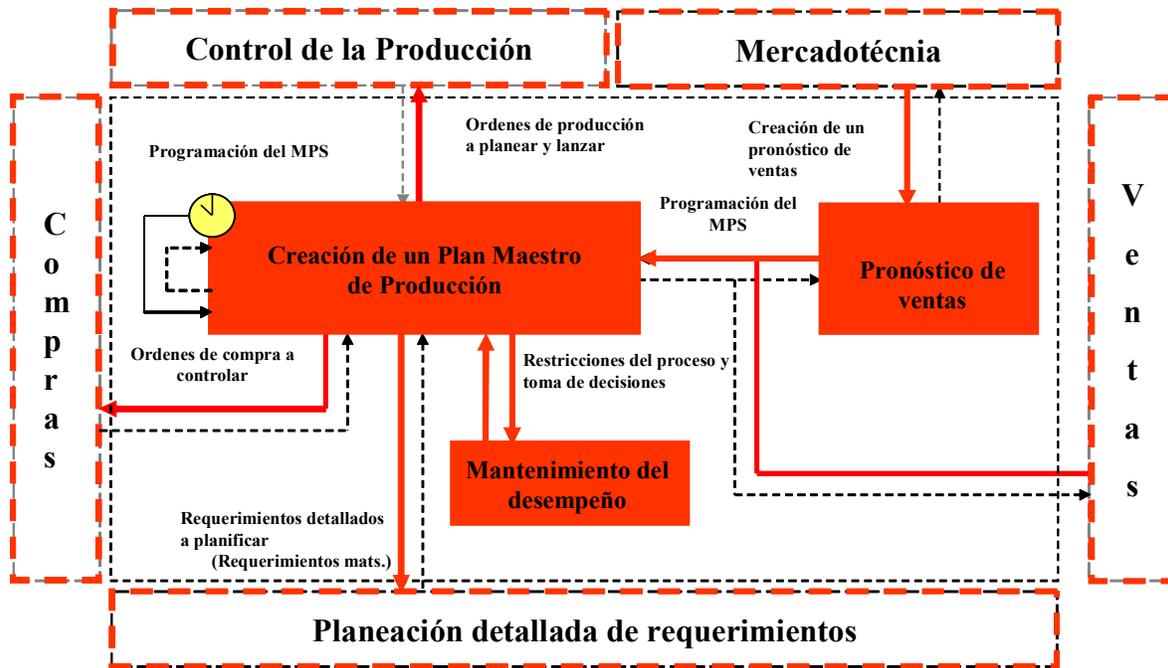


Figura 3.4 El proceso de administración de la producción.

Planeación detallada de requerimientos.

El objetivo de esta etapa es planear las actividades necesarias para convertir los requisitos del departamento de planeación de la producción en órdenes de compras y producción, según sea el caso de artículos comprados o fabricados. Así como reservar los recursos materiales necesarios para la fabricación contenidos en el almacén de la empresa y programar la asignación de la maquinaria y recursos humanos requeridos para la fabricación.

La base para realizar esta planificación son las estructuras de fabricación y las rutas de fabricación para cada producto de la empresa. La figura 3.5 representa una estructura de fabricación simplificada para un esterilizador y la figura 3.6 representa un curso grama sinóptico de ruta estándar, empleada para planificar las operaciones requeridas, así como para analizar la capacidad de mano de obra requerida.

Estructura Fabricación de un esterilizador

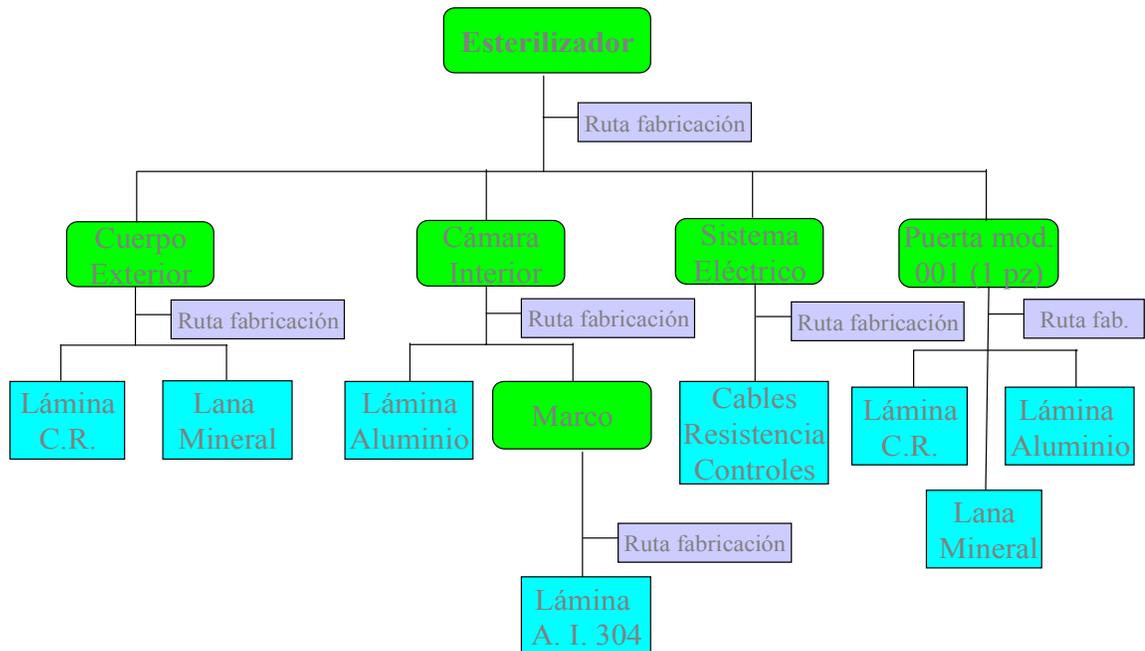


Figura 3.5 Estructura de fabricación simplificada para un esterilizador.

3.2.3 Proceso de producción de un esterilizador

El departamento de producción se encarga de transformar todos los insumos y materias primas en un esterilizador terminado. Para llevar a cabo esta función es necesario realizar el proceso de producción específico de cada modelo, a grandes rasgos consta de las siguientes operaciones:

Inspección de materias Primas. La inspección de materiales varía de acuerdo al tipo de material, ya sea pruebas físicas de planicidad, ondulación, composición química en el caso de las láminas o bien pruebas de funcionamiento o calibración en el caso de los termostatos o timers.

Corte. En esta etapa se procede a cortar las hojas de lámina a las medidas que requieren cada una de las partes a procesar.

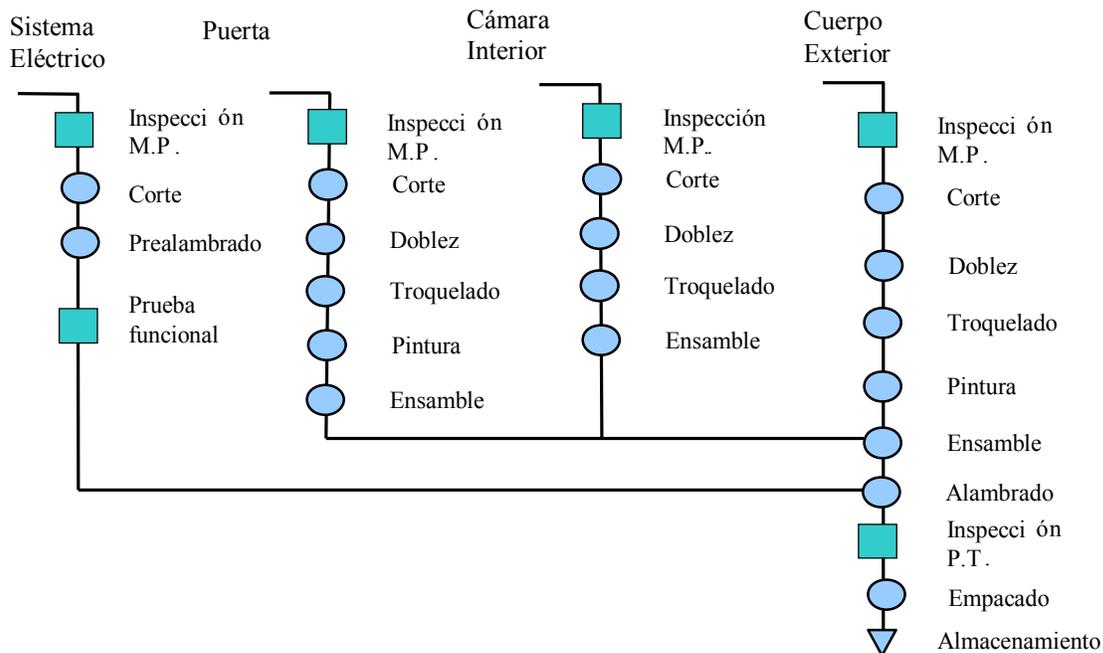
Dobleces. En esta etapa se hacen los dobleces requeridos por algunas piezas que integran los esterilizadores.

Troquelado y punzonado. Esta operación se encarga de conformar las piezas a su forma requerida, así como realizar algunos de los barrenados requeridos.

Barrenado, avellanado. Varias piezas requieren barrenados en patrones complicados para los que no son prácticos troqueles, en estos casos se hace uso de taladros de columna o manuales.

Pintura. En el caso de las partes de lámina Cold Roll se lleva a cabo un proceso de pintura, específicamente pintura horneada por su mayor resistencia y mejor acabado.

Fig. 3.6 Proceso de fabricación de un esterilizador



Ensamble. Este proceso consta en reunir las diferentes partes del esterilizador empleando procesos tales como soldadura, punteado, atornillado y remachado. De realizarse un ensamble mediante punteado o soldado este proceso se hace de manera previa al pintado.

Alambrado. El alambrado de un esterilizador se puede dividir en dos circuitos básicos:

El circuito de control que puede ser digital o analógico, en el segundo caso se emplea un termostato, un relevador y un Timer para realizar las funciones del esterilizador. En el primer caso se emplea un circuito integrado que hace las mismas funciones.

Circuito de potencia. Este circuito se compone primordialmente de una resistencia y las conexiones necesarias para hacer llegar la energía a la misma.

Estos dos circuitos se prealambran y prueban para corroborar su correcto funcionamiento antes de llevar a cabo el alambrado final del esterilizador. Durante el alambrado del esterilizador se colocan los dos circuitos en una misma estación de trabajo. Finalmente se prueba el funcionamiento del sistema eléctrico una vez montado en el esterilizador.

Inspección final. Una vez terminados los esterilizadores se prueban uno a uno para verificar que se lleva a cabo el ciclo de esterilización para el que están diseñados, además de comprobar que se alcance la temperatura de calibración ($170^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) y se realicen los ciclos de trabajo.

Empaque. El empaque de los esterilizadores se hace en cajas de cartón y debe incluir elementos tales como charolas, un folleto con garantía, manguillo de manipulación de charolas.

La planificación de las operaciones de producción deberá asegurar que estas se realizan en condiciones controladas y de acuerdo a las especificaciones establecidas. Las condiciones de

control incluyen todos los recursos empleados durante la fabricación: información, materiales, equipos e instalaciones de producción, procesos, procedimientos, y el personal operativo.

Para cada operación de producción se especifican instrucciones de trabajo documentadas, las cuales indican el trabajo por realizar y la forma de hacerlo.

En la actualidad se lleva a cabo la planificación de la producción considerando lotes de fabricación de 50 esterilizadores por modelo de los cuales se agrupan 25 esterilizadores por cada color. Los colores en los que se producen son: Arena, Beige, Blancos y Ostión. Esta forma de producir genera que frecuentemente se tengan existencias excesivas de un color determinado, mientras que se tienen carencias de otros colores. Además el producir en lotes tan grandes implica tener una gran cantidad de productos en proceso.

3.2.4 Distribución de planta actual

La planta se encuentra dividida en dos naves. La planta de mayor tamaño (planta 1) se enfoca básicamente a la producción de proyectos de grandes dimensiones. La planta más pequeña (planta II), se dedica por completo a la fabricación de dos familias de productos estándar: quemadores y esterilizadores. El área de esterilizadores tiene una disposición por proceso, cuenta con áreas bien definidas de maquinado y ensamble.

La figura 3.7 representa un plano general de la planta y señala las áreas operativas de la planta. Este plano muestra las áreas más importantes: centros de trabajo, almacenes de P.T. y materia prima, áreas de inspección, etc.

La ruta seguida por el material varía dependiendo del material de que se compone y la función que realiza, sin embargo se indica una ruta general en el lay out. El proceso se inicia en la planta 1 en la cual se encuentra el almacén de lámina, de esta zona se traslada al departamento de corte que también se encuentra en la planta 1. Esta operación se realiza en lotes de 500 piezas y una vez realizada la misma, se trasladan a un almacén de piezas cortadas en la planta 2. De esta operación el material sigue una ruta que puede llegar a variar dependiendo de cada modelo, hasta llegar al almacén de producto terminado de donde se carga en camiones para su traslado al cliente.

3.3 Análisis

Con el fin de conocer la situación actual de la compañía se decidió construcción del mapa de corriente de valor del proceso de fabricación de esterilizadores, con este análisis se podrán detectar fácilmente las operaciones que no agregan valor del proceso. De igual forma los datos proporcionados por esta herramienta nos permitirán partir de una base sobre la cual se podrá plasmar el efecto que tendrán las mejoras al proceso.

3.3.1 Elaboración del mapa de corriente del valor de la situación actual.

Necesidades del cliente:

- 500 esterilizadores mensuales
- 210 esterilizadores 12-27 R
- 150 esterilizadores ED 18
- 80 esterilizadores ED 24
- 45 esterilizadores 36-81
- 15 esterilizadores 24-55
- Las piezas se empaacan en tarimas de 25 esterilizadores.
- El cliente hace sus requerimientos por modelo y color
- Se hace un envío semanal a la Distribuidora CAISA

Tiempos de trabajo internos:

- 20 días al mes
- 2 turnos de operación en todos los departamentos de producción
- 9 horas en cada turno, existen horas extra en caso de ser necesarias
- Descansos de 60 minutos por turno (hora de comida)

Información del proceso:

Todos los procesos se realizan en el siguiente orden y cada pieza pasa por todos los procesos.

A. Corte:

- Operación con dos operarios
- Tiempo de ciclo: 5,000 minutos (cantidad para 500 piezas)
- Tiempo de set up: 120 minutos (incluye varios cambios dependiendo del modelo)
- Disponibilidad de la máquina: 80 %
- Existencia observada:
 - Materia prima para 1,000 piezas (RM)
 - Material cortado para 500 piezas (WIP)

B. Doble:

- Operación con 2 operarios
- Tiempo de ciclo: 2,400 minutos (cantidad 100 piezas)
- Tiempo de set up: 60 minutos
- Disponibilidad: 80 %
- Existencia observada:
 - Piezas Cortadas 500 piezas
 - Piezas Dobladas 50 piezas

C. Troquelado:

- Operación con 5 operarios
- Tiempo de ciclo: 4,500 minutos (cantidad 100 piezas)
- Tiempo de set up: 105 minutos
- Disponibilidad de la máquina: 80 %
- Existencia observada:
 - Piezas Dobladas: 50 piezas
 - Piezas Troqueladas 75 piezas

D. Preparación para pintura:

- Operación manual con 2 operarios
- Tiempo de ciclo: 2,000 minutos (Cantidad 100 piezas)
- Tiempo de set up: ninguno
- Disponibilidad: 100 %
- Existencia observada:
 - Piezas Troqueladas: 75 piezas
 - Piezas preparadas: 30 piezas

E. Pintura:

- Operación con 2 operarios
- Tiempo de ciclo: 1,000 minutos (Cantidad 100 piezas)
- Tiempo de set up: 20 minutos
- Disponibilidad: 80 %
- Existencia observada:
 - Piezas Preparadas: 30 piezas
 - Piezas Pintadas: 20 piezas

F. Ensamble:

- Operación con 5 operarios
- Tiempo de ciclo: 3,000 minutos (Cantidad 100 piezas)
- Tiempo de set up: ninguno
- Disponibilidad: 100 %
- Existencia observada:
 - Piezas Pintadas: 20 piezas
 - Piezas Ensambladas: 15 piezas

G. Calibración y empaque:

- Operación con 1 operario
- Tiempo de ciclo: 1,000 minutos (Cantidad 100 piezas)
- Tiempo de set up: 15 minutos
- Disponibilidad: 100 %
- Existencia observada:
 - Piezas Ensambladas: 20 piezas
 - Piezas Calibradas: 20 piezas

H. Distribución:

- Operación sin operarios
- Tiempo de ciclo: ninguno
- Tiempo de set up: ninguno
- Disponibilidad: 100 %
- Existencia observada:
 - Piezas empacadas: 20 piezas
 - Piezas en el almacén: 50 piezas

Determinación de las familias de producto del área de esterilizadores

Prácticamente todos los productos de la línea de esterilizadores tienen un proceso muy similar, las únicas excepciones son los esterilizadores 24-55 y 36-81 los cuales no cuentan con una empaque diseñado para los requerimientos del producto, es decir se empaquetan empleando plástico termoencogible, a diferencia de los otros modelos de esterilizadores los cuales cuentan con una caja y accesorios de empaque apropiados.

Con el fin de seguir la metodología de la elaboración de mapas de corriente de valor se realizó la tabla 3.1 con el fin de diferenciar los productos que se integrarían dentro de una familia, dando como resultados que todos los esterilizadores podrían considerarse como parte de una familia. Sin embargo los modelos de esterilizadores con mayores volúmenes de producción cuentan con herramientas especialmente diseñados (est. 12-27 y ED 18) mientras que los otros modelos emplean herramientas generales, lo que incrementa sus tiempos de fabricación

		Operaciones						
		Corte	Doblez	Troquel	Preparar	Pintar	Empacar	Distribuir
Productos	12-27	X	X	X	X	X	X	X
	24-55	X	X	X	X	X		X
	36-81	X	X	X	X	X		X
	ED-18	X	X	X	X	X	X	X
	ED-24	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 3.1 selección de familia de productos

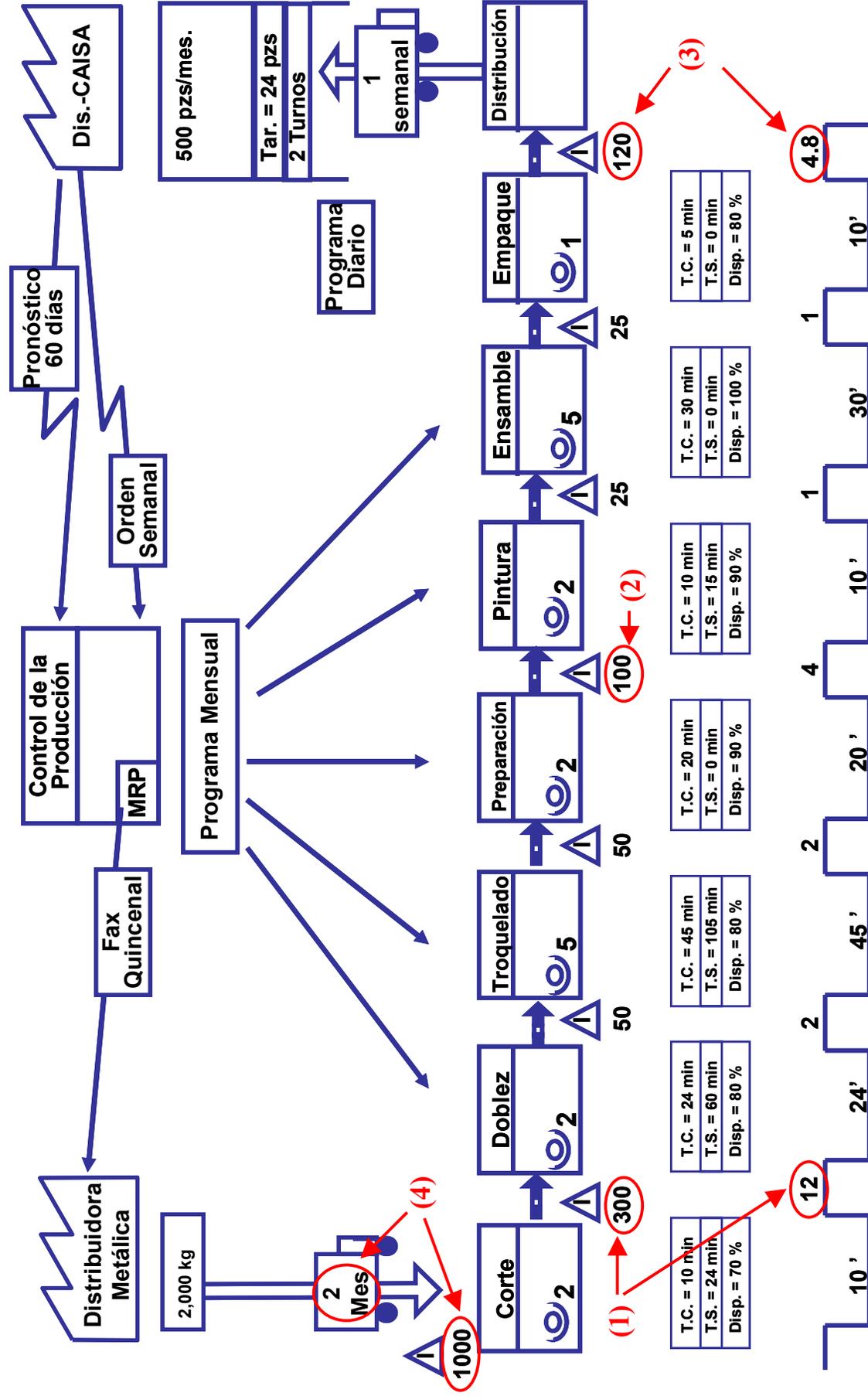
Elaboración del mapa de corriente de valor

Al realizar el mapa de corriente de valor del proceso de elaboración de esterilizadores, sólo se consideraron los tiempos totales de cada proceso, así como el número de esterilizadores totales en proceso sin diferenciar el modelo. Esto último con el fin de simplificar el análisis. De igual forma se totalizaron los tiempos de preparación o Set Up.

El resultado de la elaboración del mapa de corriente de valor se puede ver en la figura 3.8. A partir del análisis de este mapa se puede observar que se cuenta con una gran cantidad de producción en proceso (670 piezas, 26.8 días de inventario, más de un mes de ventas). Además es posible determinar claramente que el tiempo promedio de fabricación de un esterilizador es de 149 minutos considerando únicamente el tiempo efectivo del proceso.

Referente al personal empleado en la línea se tiene un total de 19 personas, de las cuales 18 personas son sindicalizadas y el encargado de calibración y empaque en una persona de confianza que adicionalmente se encarga de hacer las funciones de inspector de control de calidad.

Como se puede observar en el diagrama las operaciones críticas del proceso son las de corte (1) y pintura (2) dado que tienen una acumulación excesiva de producción en proceso. El caso del almacén de distribución presenta una problemática diferente, dado que requiere contar con stocks de seguridad para cada modelo de esterilizador y color (Arena, Beige, Ostión y Blanco), dado el método de producción actual por lotes esto genera una gran acumulación de producto terminado (3).



26.8 días de inventario desde materia prima hasta producto final

149 ' Tiempo de proceso

Figura 3.8 Mapa de corriente de valor del proceso actual

Finalmente dada la mala distribución de la planta y la compra de grandes lotes de materia prima ocasionan que se tenga un problema debido a la acumulación de materia prima para el proceso de corte (4). Estos problemas en conjunto tienen como efecto un tiempo excesivo de proceso, además de que el exceso de material dificulta el traslado entre las áreas de la planta y propicia el maltrato del mismo.

3.3.2 Determinación de las causas raíz de los problemas detectados

Con el fin de determinar las causas de los problemas detectados en el mapa de corriente de valor, como son el exceso de inventario en proceso y el excesivo tiempo de proceso excesivo, se decidió elaborar diagramas de Ishikawa para estos problemas

Para la realización de los diagramas se empleo el diagrama organizado en 6 ramas principales:

1. Materiales
2. Maquinaria
3. Mano de obra
4. Medición
5. Métodos
6. Medio ambiente.

De esta forma se generaron dos diagramas de Ishikawa, el primero relacionado con el exceso de producción en proceso y el otro referente al excesivo tiempo de ciclo. A pesar que de alguna manera ambos problemas se relacionan, se considera importante analizar sus causas de manera separada.

3.3.2.1 Diagrama de Ishikawa para la “Acumulación de producción en proceso (W.I.P)”

Los resultados obtenidos de este diagrama para cada una de las ramas del árbol son los siguientes:

Materiales. Se adquieren grandes lotes de materia prima y como consecuencia casi siempre se tienen grandes cantidades de material en inventario. Esto conlleva a que una parte importante del material sufra maltratos en algunas operaciones, sobre todo en corte y dobléz. Por otro lado la gran cantidad de traslados conllevan cierto maltrato lo que inhabilita la materia prima para su utilización y los operarios tienden a tomar material nuevo y dejar el material inservible dentro de la planta.

Maquinaria. La mayor parte de los equipos de la compañía no cuentan con un mantenimiento adecuado lo que provoca que muchas veces se retrase la entrega de un lote de esterilizadores por la falta de algún componente, no producido por una falla mecánica.

Por otro lado los elevados tiempos de set up obligan a la producción de lotes grandes que justifiquen el cambio. Además de generar varias piezas defectuosas cada vez que se hace un nuevo set up.

Mano de obra. Tiene una tendencia clara a seguir con los métodos de trabajo establecidos, presentando resistencia, hacia cambios que puedan modificar el estado actual de cosas.

Medición. Existen varias inspecciones a lo largo del proceso, en las cuales se emplean instrumentos de medición como flexo metros o calibradores lo que hace lenta su realización. Los parámetros de calidad son poco claros y en ocasiones se genera producto no conforme.

El método actual de medición del desempeño segmenta cada esterilizador en sus partes y se hace una evaluación separada de cada parte. Esto no permite tener una medición real del tiempo de producción de un esterilizador completo.

Métodos. Se tienen excesivos traslados de materiales debido a la distribución de la planta y al sistema de producción por proceso.

Se genera producto defectuoso en diferentes operaciones que requieren retrabados o la sustitución del mismo. La producción en lotes hace que el proceso sea poco eficiente y las piezas defectuosas no sean detectadas a tiempo, ya que se hace la revisión una vez terminado un lote.

Medio ambiente. La programación de la producción con base en pronósticos, es poco fiable ya que no se pueden hacer cambios a la misma velocidad del mercado y se corre el riesgo de generar una mezcla de productos diferente a la requerida por el cliente.

Se puede concluir con base en los diagramas de Ishikawa que los problemas más representativos desde el punto de vista de la aplicación de herramientas de manufactura esbelta son:

- **Excesivo traslado de materiales y equipo**
- **Tiempos de Set Up Excesivos**
- **Métodos de trabajo inadecuados**
- **Inspecciones de C.C. tardadas y poco efectivas.**

La mejora de estos puntos será tratada con detalle en la sección de mejora de este capítulo.

Acumulación de producción en proceso (WIP)

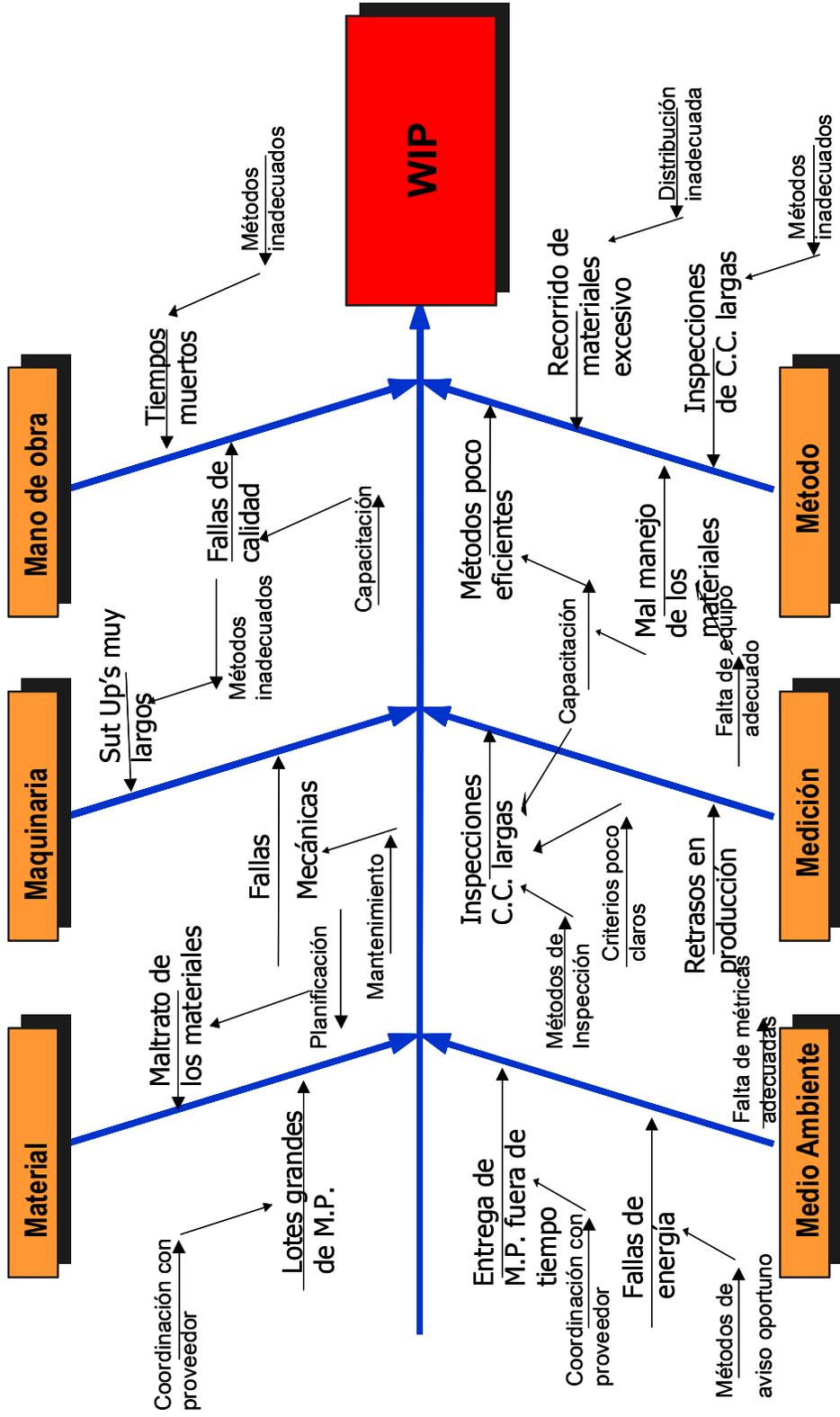


Fig. 3.9 Diagrama de ishikawa de la producción en proceso (Work in process)

Tiempo de proceso excesivo

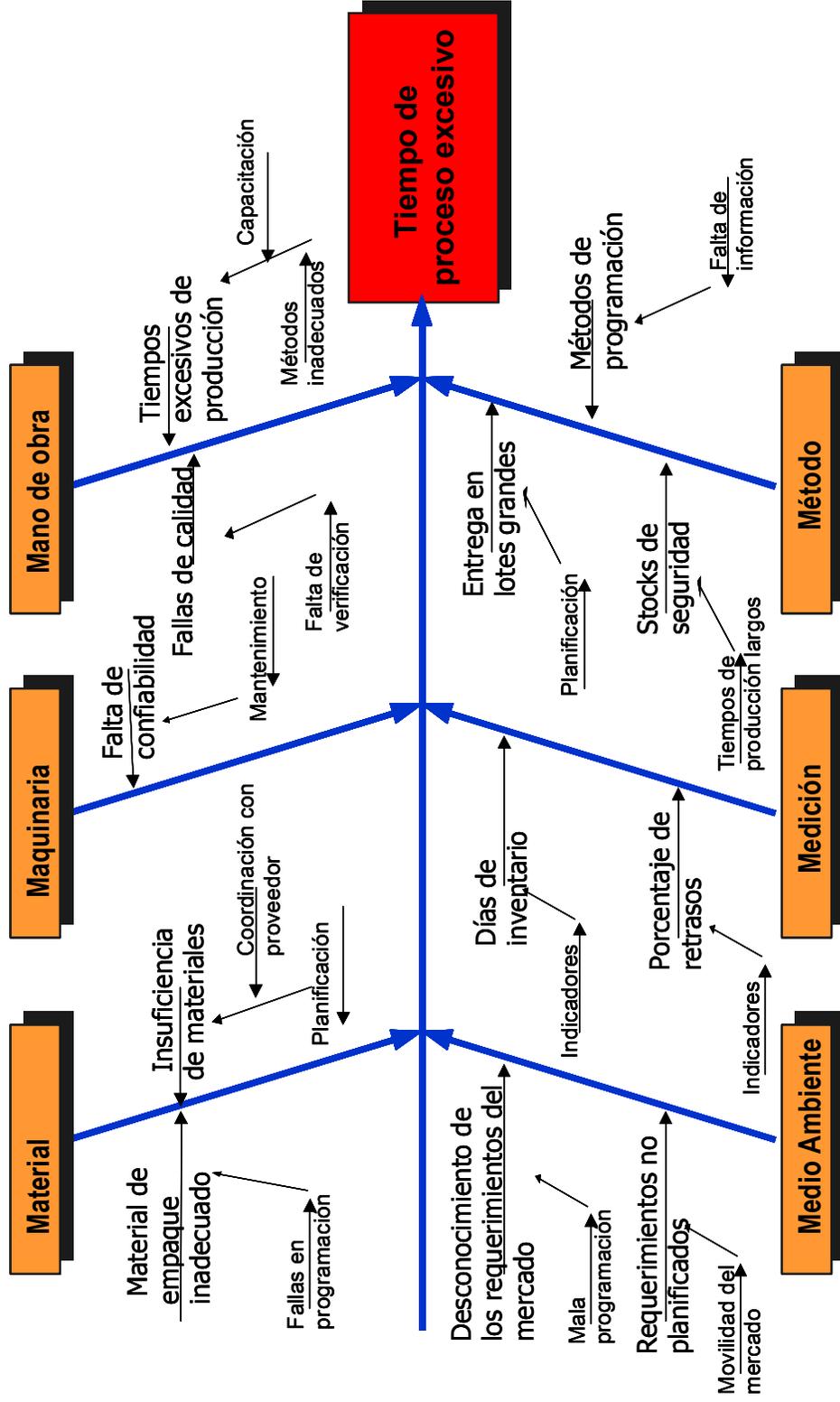


Fig. 3. 10 Diagrama de Ishikawa Tiempo de proceso

3.4 Medición

Como se vio en el capítulo 2 la medición del desempeño se puede dividir en cuatro aspectos básicos:

- 1 Costo de Operación.
2. Tiempo de respuesta
3. Rentabilidad y márgenes
4. Servicio al cliente.

La tabla 3.2 Indica las métricas a utilizar por cada uno de los cuatro aspectos básicos, así como la fuente de la información y los objetivos a alcanzar para cada indicador.

Tabal 3.2 Métricas de desempeño a evaluar

Tipo de Indicador	Métrica de desempeño	Estrategia Lean	Medio de cálculo
Costos de operación	Días de Inventario en proceso	Reducir los días de inventario en proceso	Mapas de corriente de valor.
Costos de operación	Días de Inventario financieros	Reducir los días de inventario	Estados Financieros
Costos de operación	Costos de Mano de obra	Disminuir los costos de operación	Órdenes de producción
Costos de operación	Costos de materia prima	Mantener los costos de materia prima	Órdenes de producción
Costos de operación	Costos de energía y gas	Disminuir los costos de operación	Órdenes de producción
Costos de operación	Rotación de inventarios	Aumentar la rotación de inventarios	Estados financieros
Tiempo de respuesta	Tiempo de proceso	Disminuir el tiempo de proceso	Mapas de corriente de valor
Tiempo de respuesta	Tiempo de Cambio de herramientas	Disminuir el tiempo de cambio de herramientas	Mapas de corriente de valor
Servicio al cliente	Tiempo total de respuesta	Reducir al mínimo el tiempo de respuesta a clientes.	Órdenes de venta
Servicio al cliente	Número de reclamaciones	Eliminar los reportes de reclamación	Reportes de calidad
Servicio al cliente	Órdenes completas	Lograr maximizar el número de órdenes de compra completas	Órdenes de venta
Rentabilidad y márgenes	Ganancias netas	Aumentar las ganancias netas	Estados financieros.
Rentabilidad y márgenes	Retorno sobre activos	Aumentar el retorno sobre activos	Estados financieros.
Rentabilidad y márgenes	Ciclo de conversión de efectivo (cash gap)	Reducir al mínimo el ciclo de conversión de efectivo.	Estados financieros.
Rentabilidad y márgenes	Ganancias antes de impuestos	Aumentar las ganancias antes de impuestos	Estados financieros.

3.4.1 Métricas de Costos de operación

Estas métricas están orientadas hacia la medición de los costos de producción. Para el presente caso se seleccionaron los siguientes indicadores:

Días de Inventario de proceso

Esta Métrica fue evaluada durante la realización del mapa de corriente de valor y dio por resultado 26. 8 días. Lo que significa casi un mes de producción, este inventario es excesivo y resulta en un elevado costo para la compañía.

Días de inventario financiero

Esta métrica se obtiene de la división de los 365 días del año entre la rotación de inventarios. Para los datos financieros de la empresa se obtuvieron los siguientes resultados:

Rotación de Inventarios

R.I. = $\text{COGS} / \text{Inventarios}$
R.I. = 2.48 Vueltas

Días de Inventario

D.I. = $365 / \text{R.I.}$
D.I. = 147.23 Días

Estos días de inventario son muy elevados e implican altos costos. Además la rotación de inventarios es muy baja lo que implica riesgos de obsolescencia en los productos.

Costos de producción

Esta métrica mide los costos de los principales factores de producción: Mano de obra, materiales y materiales y mano de obra indirecta. Para realizar un costeo de todos los modelos de esterilizadores de acuerdo a sus rutas y componentes sería demasiado tardado. Por lo anterior se decidió emplear métricas más trascendentes, que se vieran reflejadas en los indicadores financieros de la empresa.

3.4.2 Tiempo de respuesta

Tiempo de proceso

Este indicador se obtuvo del mapa de corriente de valor de 149 minutos. Este es el tiempo real de proceso para la fabricación de un esterilizador. En este indicador no se considera los tiempos de Set Up ni el tiempo de espera del material para ser procesado.

Tiempo de Cambio de Herramentales

Del mapa de corriente de valor se puede apreciar que en promedio se tiene un tiempo de set up de 54 minutos 45 segundos. Este tiempo es muy superior al objetivo de 10 minutos o menos.

3.4.3 Métricas de Servicio al Cliente

Estas métricas están relacionadas con la satisfacción de los requerimientos del cliente en cuanto a calidad, servicio y tiempo de respuesta. Para el presente caso se seleccionaron los siguientes indicadores:

Número de reclamaciones por fallas de calidad

Actualmente se tiene un control sobre el número de reclamaciones solo a través de las órdenes de garantía que se generan por parte de la empresa. En la tabla 3.3 se muestra la incidencia de garantías del segundo semestre de 2006, este control es eficiente y se considera que no requerirá mejoras para adecuarlo al sistema de manufactura esbelta.

Tabla 3.3 Ordenes de garantía del segundo semestre de 2006

Tipo de falla	Mes Anterior	Mes actual	Acumulado anual
Fallas de Pintura	2.00	1.00	8.00
Fallas Eléctricas	18.00	12.00	72.00
Daños en Transporte	3.00	1.00	24.00
Faltan Componentes	6.00	4.00	24.00
Fallas Mécanicas	5.00	12.00	40.00
Fallas de ensamble	1.00	2.00	8.00
Otras	-	-	2.00
Total	35.00	32.00	178.00

En la parte de costos de reclamación se tiene bien cuantificado, el costo que implica la reparación de un esterilizador que puede variar bastante, pero se calcula en promedio que el costo por orden es de \$175. Sin embargo dado que la compañía distribuye sus artículos a nivel nacional algunas órdenes de garantía implican un costo adicional debido a los costos logísticos implicados en el traslado de los equipos de los puntos de venta a la planta o al centro de servicio para su reparación. Este costo deberá ser cuantificado en conjunto con los costos que conlleva la pérdida de imagen de la marca.

Ordenes completas

Este indicador nos revela el número de órdenes procedentes de clientas en las que se surten todos los productos requeridos, es decir que para cada orden se tenga la totalidad de los artículos solicitados a tiempo para surtir la orden en el tiempo prometido.

Tiempo total de respuesta

Es el tiempo que pasa desde que un cliente genera una orden de compra hasta que se entregan los productos solicitados. En este tiempo se integra la totalidad de la cadena de

suministro de la empresa, para el alcance de este trabajo solo se considerará la parte de fabricación correspondiente al tiempo total de respuesta.

3.4.2 Métricas de rentabilidad y márgenes

Estas métricas nos permiten conocer las razones financieras de la operación de la compañía. Estas métricas representarán los beneficios finales de la aplicación de las técnicas de manufactura esbelta. La tabla 3.2 muestra las métricas consideradas para el análisis, para determinar los importes de de cada métricas es necesario contar con el estado de resultados (tabla 3.4) y el balance general (tabla 3.5) de la compañía, ay que de estos documentos se tomarán los datos para el cálculo de cada indicador.

A continuación se presenta el cálculo de cada uno de los indicadores financieros considerados para el análisis:

Grupo Termoindustrial ECA

Estado de Resultados 2006 (000's de pesos)

Ventas	22,299.63
Costo de lo vendido (COGS)	- 13,660.63
Margen Bruto	8,639.00
Gastos de operación	-
Gastos de ventas	- 225.75
Gastso de administración	- 969.88
Gastos generales	- 1,348.38
Total de gastos de operación	- 2,544.00
Utilidades antes de intereses e impuestos (EBITDA)	11,183.00
Otros Ingresos & Gastos	1,319.25
Utilidades antes de impuestos (EBIT)	12,502.25
Impuestos sobre ingresos	- 3,998.13
Ganancias netas	8,504.13

Tabla 3.4 Estado de resultados 2006

Rotación de Inventarios

R.I. = COGS / Inventarios
R.I. = 2.48 Vueltas

Días de Inventario

D.I. = 365 / R.I.
D.I. = 147.23 Días

Flujo de efectivo

Ciclo de conversión de efectivo (Cash Gap)

Días para pagar = Cuentas por pagar / (COGS/365)
Días para pagar = 56.53 Días

Días para cobrar = Cuentas por cobrar / (Ventas / 365)
Días para cobrar = 36.99 Días

Cash Gap = Días de inventario + Días para Cobrar – Días para Pagar

Cash Gap = 127.69 Días

Costo en días para cobrar del COGS

C.D.C. en COGS = Días para cobrar / 365 * COGS = 27.02 / 365 * 7300

C.D.C. COGS = 1,384.50 (000's Pesos)

Capital de trabajo

Capital de trabajo = Inventarios + cuentas por cobrar – Cuentas por pagar

Capital de trabajo = **5,654.63 (000's Pesos)**

Retorno sobre activos (ROA)

ROA = Utilidad Neta / Activos totales * 100

ROA = 4.77%

Grupo Termointustrial ECA
Tabla 3.5 Balance general al 31 de diciembre
(000's de pesos)

Activo	2006	2005
Activo circulante		
Caja	3,741.83	2,034.49
Bancos	15,820.81	18,704.82
Cuentas por cobrar	2,260.06	8,016.35
Otras cuentas por cobrar	2,853.92	294.83
Inventarios		
Materia Prima	1,556.11	129.68
Materiales de empaque	375.86	31.32
Producción en proceso	1,026.34	25.66
Producto terminado	2,395.15	139.72
Otros	156.88	13.07
Total de inventarios	5,510.33	339.45
Provisión perdida de existencias	1,102.06	16.97
Total de activo circulante	31,289.01	29,406.91
Activo Fijo		
Terrenos	41,452.80	41,776.28
Edificios	6,484.17	6,485.83
Maquinaria e instalaciones	24,180.80	24,782.54
Vehiculos	3,454.40	3,540.36
Otros	673.75	673.25
	76,245.92	77,258.26
Depreciación	- 5,337.21	- 5,408.08
Total activo fijo	147,154.62	149,108.44
Total de activo	178,443.63	178,515.35
Pasivo		
Pasivo circulante		
Proveedores	2,115.76	9,091.45
Cuentas por pagar	2,115.76	6,060.97
Otras cuentas por pagar	1,181.83	1,561.17
Impuestos	- 919.75	- 577.67
Deuda a corto plazo	7,409.17	3,076.00
Total pasivo circulante	11,902.78	19,211.92
Pasivo fijo		
Plan de pensiones	2,018.00	1,813.33
Deuda a largo plazo	97,609.69	111,184.76
Total pasivo fijo	99,627.69	112,998.10
Total pasivo	111,530.47	132,210.01
Capital		
Capital social	13,382.63	13,579.12
Reservas	28,298.11	32,589.88
Dividendos a cuenta	16,728.29	18,331.81
Resultados del ejercicio	8,504.13	3,394.78
Total de capital	66,913.16	67,895.58
Total pasivo + capital	178,443.63	200,105.60

Conclusiones de Métricas Actuales de la Empresa

Como se puede observar la compañía tiene una muy baja rotación de inventarios 1.9 por año, comparado por ejemplo con Toyota que tiene más de 17 al año, Los días de inventario son muy altos 192. 11 días lo que implica una enorme cantidad de dinero inactivo.

El ciclo de conversión de efectivo es de 162.95 Días es decir que se esta financiando la operación con dinero propio de la compañía y el Retorno sobre activos es muy bajo, es decir la utilidad sobre los activos de la compañía es muy baja.

Todos estos indicadores apuntan a que es preciso hacer un cambio radical en la operación de la empresa, lo antes posible.

3.5 Mejora

De acuerdo a la selección de problemas realizada en el punto 3. 3 se decidió atacar los siguientes problemas:

- Excesivo traslado de materiales y equipo
- Tiempos de Set Up Excesivos
- Métodos de trabajo inadecuados
- Inspecciones de C.C. tardadas y poco efectivas.

A continuación se presenta una propuesta para la solución de los problemas antes mencionados, empleando las técnicas de manufactura esbelta vistas en el capítulo 2.

3.5.1 Excesivo traslado de materiales y equipo

Para atacar esta problemática se decidió emplear la técnica de celdas de manufactura, el primer paso de esta técnica es subdividir los productos por familias, como se vio en la tabla 3.3 los artículos de la línea de esterilizadores se pueden agrupar en una misma familia ya que los equipos pasan por las mismas operaciones y comparten la mayor parte de materiales y partes.

Dado que los requerimientos para cada modelo de esterilizador son diferentes (tabla 3.5), pero los procesos prácticamente son los mismos a excepción de algunos componentes para esterilizadores 24- 55 y 36 – 81, se tomara como base el proceso de fabricación de un esterilizador 12- 27.

■ 210 esterilizadores 12-27 R	42 %
■ 150 esterilizadores ED 18	30 %
■ 80 esterilizadores ED 24	16 %
■ 45 esterilizadores 36-81	9 %
■ 15 esterilizadores 24-55	3 %

Tabla 3.5 Requerimiento de esterilizadores mensual

Dado que solo se tendrá una celda, lo más adecuado es tomar el modelo de celdas de alto volumen y adecuarlo en la medida de lo posible a las operaciones de la compañía. El único proceso que no es posible adaptar al sistema de celdas de manufactura es el corte ya que esta máquina se emplea en la fabricación de hornos industriales y proyectos. Para solventar esto se considera la opción de adquirir una cortadora manual o bien una cortadora sencilla que pueda llevar a cabo los tipos de cortes requeridos.

La figura 3.11 muestra la propuesta para la configuración de la celda de manufactura. Además de invertir en una cortadora, será necesario invertir en la modificación de algunas instalaciones de servicio, como aire comprimido, baños y energía eléctrica, así como en la modificación del almacén de materia prima y producto terminado al instalar una segunda puerta que haga más lineal el flujo de materiales. Finalmente se propone separar los materiales de que madores con el fin de tener una mejora en el flujo de quemadores y evitar tener mezclados los componentes de esterilizadores y quemadores.

- Símbolos y notas**
1. Cortadora
 2. Dobladora
 3. Troqueladoras
 4. Taladros de banco
 5. Punteadoras
 6. Área de preparación de pintura
 7. Mesa de ensamble
 8. Área de Calibración
 9. Almacenes de componentes
 10. Ensamble Quemadores
 11. Máquinado quemadores

Ruta propuesta simplificada

- A. Corte
- B. Doblez
- C. Troquelado
- D. Preparación para pintura:
- E. Pintura
- F. Ensamble
- G. Calibración y empaque

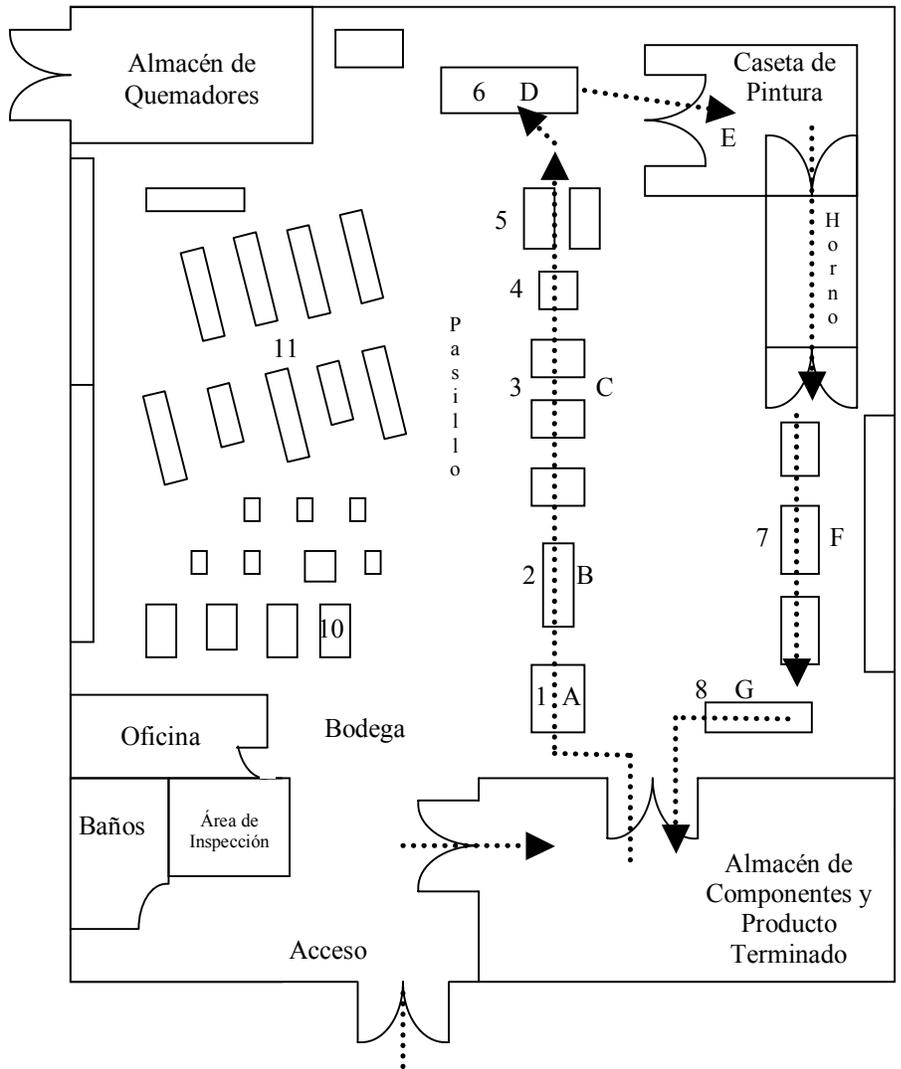


Figura 3.11 Modificación al Lay Out de la empresa

3.5.2 Tiempo excesivo de Set Up

Para atacar este problema se empleó la metodología de SMED, la cual se divide en cuatro fases. A continuación se enuncian las propuestas de mejora, que nos permitirá reducir el proceso de preparación de los 45 minutos que toma en promedio hoy a 10 minutos o menos.

Fase 1. Separar la preparación interna de la externa.

Se comenzó distinguiendo las operaciones internas de las externas de preparación, al mismo tiempo se detectaron varias fallas en el proceso de cambio de moldes actual, las fallas más importantes son:

En troqueladoras

1. Los troqueles de una misma máquina tienen diferentes alturas, lo que implica que los tornillos de sujeción tengan alturas diferentes, además de que esto provoca que los cambios tomen más tiempo y el ajuste sea más complejo.
2. Se carece de un rack especial para almacenar los troqueles, de hecho varios troqueles se encuentran mezclados con los del área de quemadores.
3. Dado que las troqueladoras y los racks de almacenamiento tienen diferentes alturas, es necesario que al menos cuatro operarios suban a mano los moldes a los carros de transporte y de manera similar al colocarlos en la troqueladora es necesario cargarlos entre varios operarios.
4. No se encuentran diferenciados los tornillos empleados en cada troqueladora, sino que todos se encuentran mezclados en cajas de herramientas.
5. Las herramientas para el cambio de moldes están en la zona de quemadores. Y en muchos casos el localizar las herramientas toma de cinco a diez minutos.
6. La mayoría de los operarios capacitados para el cambio de moldes están en el área de Quemadores o en el primer turno de esterilizadores lo que causa que no se puedan hacer cambios en el segundo turno, lo que limita la flexibilidad de la operación.

En las Dobladoras

1. En el caso de la dobladora el cambio de modelo implica el ajuste manual de los topes lo que se complica por que es necesario medir y ajustar los topes empleando prisioneros Allen.
2. Las guías se desajustan frecuentemente lo que obliga al operario a verificar las dimensiones de las partes y provoca la generación de desperdicio.
3. Las herramientas están dispersas y bajo el control de ciertos operarios **especializados**.

Fase 2. Convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa

En esta fase se evaluó la posibilidad de convertir la mayor parte de operaciones de cambio antes de que se tenga que parar la máquina para realizar el cambio. Entre las medidas que se proponen están:

1. Colocar racks especiales junto a cada máquina con el fin de que los troqueles empleados en la misma se encuentren lo más cerca posible. Se propone marcar el espacio de cada troquel con un color especial y marcar su número con el fin de que sea fácil detectar cuando haga falta un troquel.
2. Se propone instalar una caja de herramientas junto a cada máquina que contenga la herramienta necesaria para el cambio de los herramientales. Al tiempo que se marcará la silueta de caja herramienta en la máquina, con el fin de detectar si falta alguna cada vez que se hace un cambio de molde.
3. Estandarizar las alturas de todos los troqueles por máquina agregando aumentos a los troqueles más bajos, con el fin de que los cambios se simplifiquen (Figura 3.12).

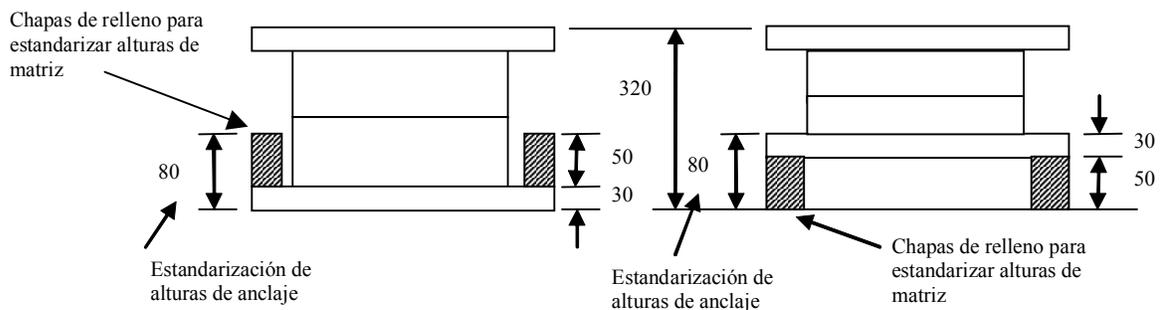
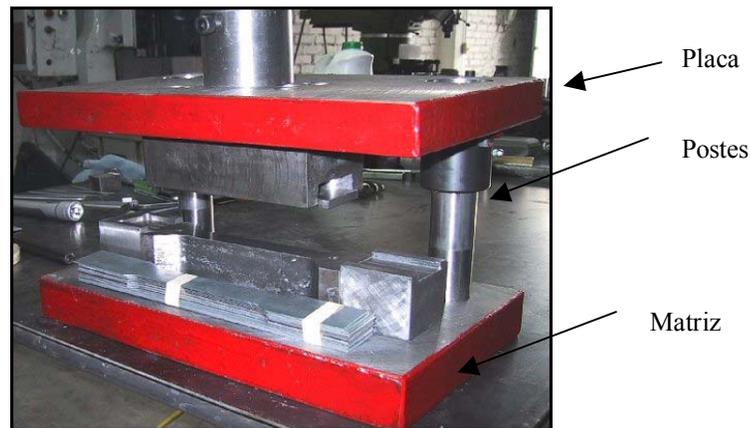


Figura 3.12 Estandarización de alturas de matriz (parte inferior del troquel) Tomado del libro SMED Una revolución en la producción de Shigeo Shingo

4. Se propone utilizar tornillos y cuñas de sujeción de una altura estándar por máquina para facilitar el cambio. Estos tornillos y cuñas deberán guardarse en la caja de herramientas propia de cada máquina.
5. Adquirir un patín hidráulico con alturas ajustables con el fin de que pueda ajustarse a las diferentes alturas de las troqueladoras y los racks. Esto permitirá que un solo operario mueva los troqueles deslizándolos sobre el patín (figura 3.13).

6. Implementación de un proceso de capacitación a todos los operarios del área de manera que cualquier operario sea capaz de cambiar los troqueles de cada máquina, esto le dará flexibilidad a la operación.



Figura 3.13 Patín hidráulico de alturas ajustables

Fase 3. Eliminar el proceso de ajuste

Actualmente el ajuste es totalmente manual lo que implica elevados tiempos de cambio y la generación de desperdicios al tener que generar varias piezas de prueba hasta lograr que el ajuste sea el adecuado.

Se propone reducir el ajuste mediante la adopción de marcas en la guía de ajuste de cada troqueladora, lo que eliminaría el ajuste grueso de la carrera del troquel y permitiría que los operarios se concentren en dar el ajuste fino a los herramientales (Figura 3.14). Mediante esta modificación se reduciría la cantidad de piezas de prueba y finalmente reduciríamos los tiempos drásticamente.

En el caso de la dobladora y cortadora se propone eliminar el ajuste mediante la adopción de topes automáticos, estos topes se accionan desde un control eléctrico y permiten un ajuste preciso de los topes (Figura 3.15).



Marcas en guía para ajuste rápido

Figura 3. 14 Guías de ajuste rápido para troqueladora

Topes automáticos

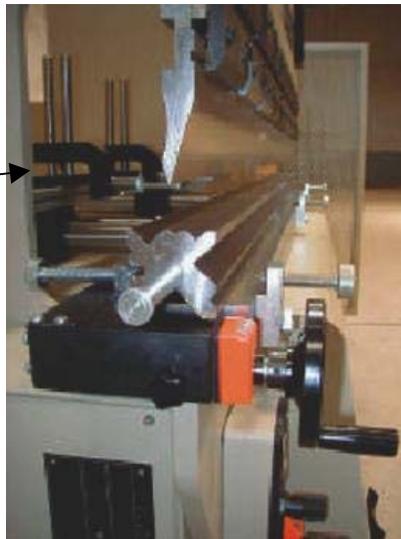


Figura 3. 15 Topes ajustables automáticos en dobladora

Fase 4. Optimización de la preparación

Referente a la optimización del proceso se prevé a largo plazo hacer modificaciones al diseño de las partes que integran el esterilizador con el fin de reducir las operaciones de troquelado.

Como resultado de este cambio en la manera de realizar la preparación del equipo se considera que se tendrá la capacidad de llevar a cabo el cambio de herramientas en al menos 10 minutos de manera continua.

3.5.3 Inspecciones largas y poco efectivas

La compañía cuenta con un departamento recontrol de calidad que se encarga de verificar la calidad de los productos. El enfoque de este departamento esta en la corrección de fallas y la inspección del producto una vez terminado. Este enfoque no aporta valor al proceso y si bien ha sido eficaz en reducir las reclamaciones de los clientes, se considera que es posible mejorar el desempeño de calidad de la empresa y al mismo tiempo reducir costos.

La metodología a emplear para lograr esto es el Poka Yoka, es decir diseñar dispositivos que hagan sencilla la detección de errores. Junto con estos dispositivos consideramos necesario llevar a cabo un proceso de auto inspección por parte de los operarios con el fin de agilizar el proceso y eliminar las inspecciones que no agregan valor al proceso.

Por tanto las propuestas de mejora se pueden dividir en dos aspectos diferentes:

Dispositivos Poka Yoke

Para las piezas mecánicas se propondrá realizar dispositivos pasa no pasa, los cuales permitirán hacer una inspección rápida de las diferentes partes que componen un esterilizador al compararlas contra este dispositivo y ver si realmente tienen las dimensiones adecuadas o no. Estos dispositivos serán colocados en las cajas de herramienta junto a las máquinas que generen esas piezas.

Para la parte eléctrica se propone un prealambrado del circuito principal del esterilizador y mediante un hometro comprobar que se tenga el valor de ohms adecuado al tiempo que se comprueba mediante la continuidad del equipo que el alambrado sea el correcto.

Para evitar el proceso de calibración por lote de esterilizadores, se propone diseñar una prueba para evaluar el funcionamiento de los termostatos mediante un esterilizador especialmente diseñado que nos permita evaluar un lote de al menos 25 termostatos al mismo tiempo.

Se desarrollará un dispositivo Poka Yoke que nos indique si falta algún componente en el empaque del esterilizador, como el folleto de garantía o las charolas.

Auto inspección.

Mediante este enfoque se pretende diseñar instrucciones precisar para cada operador de manera que se a capaz de detectar errores en el proceso cometidos por los operarios de procesos anteriores, para este fin podrían utilizarse dispositivos Poka Yoke que indiquen a un operador de avellanado que el barreno a avellanar se encuentra mal ubicado, por ejemplo.

De igual forma los operarios de empaque se encargarán de hacer las inspecciones finales de los equipos, así como de realizar una prueba de funcionamiento a cada equipo que garantice la adecuada calibración del esterilizador y su funcionamiento.

3-5-4 Métodos Inadecuados de trabajo

Actualmente la compañía no cuenta con sistemas de trabajo que permitan detectar a tiempo alguna falla dentro del proceso, para revertir esto se plantea la posibilidad de colocar dispositivos de control visual que avisen en tiempo real del surgimiento de algún problema en el proceso. Con este fin se pretende colocar indicadores andon en cada máquina de la celda de manufactura, estos indicadores tendrían en un inicio, tres colores:

Rojo: Avería en la máquina.

Verde: No se trabaja por falta de materiales.

Amarillo: En preparación.

Estos indicadores permitirían al supervisor ubicar visualmente las fallas y apresurarse para su corrección, además de que evitarían que los operarios se desplacen de su área en busca de los encargados de solucionar alguna falla en el equipo (figura 3.16).



Figura 3.16 Torretas con luces de tres o más colores.

Otro tipo de indicadores visuales serán las áreas en que se coloque el producto procesado, es decir se puede buscar, mejorar el flujo de materiales y tener un mejor control de la producción definiendo las áreas en que se deberán colocar los productos fabricados. Adicionalmente este control podría funcionar como una especie de kan ban que indique al operario si la siguiente estación del proceso requiere materiales o no.

Finalmente se propone implementar un tablero central que contenga los objetivos de producción del día, del mes, así como el número de defectos detectados. Este tablero tendría el fin de impulsar a los trabajadores a ser más eficientes y a tener un conocimiento claro de las metas de la organización (Figura 3.17).



Figura 3.17 Tablero andon con indicadores de producción empleado en Toyota

Una vez realizados los cambios propuestos se llegara a un proceso mejorado el cual debe ser evaluado. Con este fin se reformulará el mapa de corriente de valor así como algunos indicadores financieros, que nos permitirán cuantificar los posible impactos de estas mejoras.

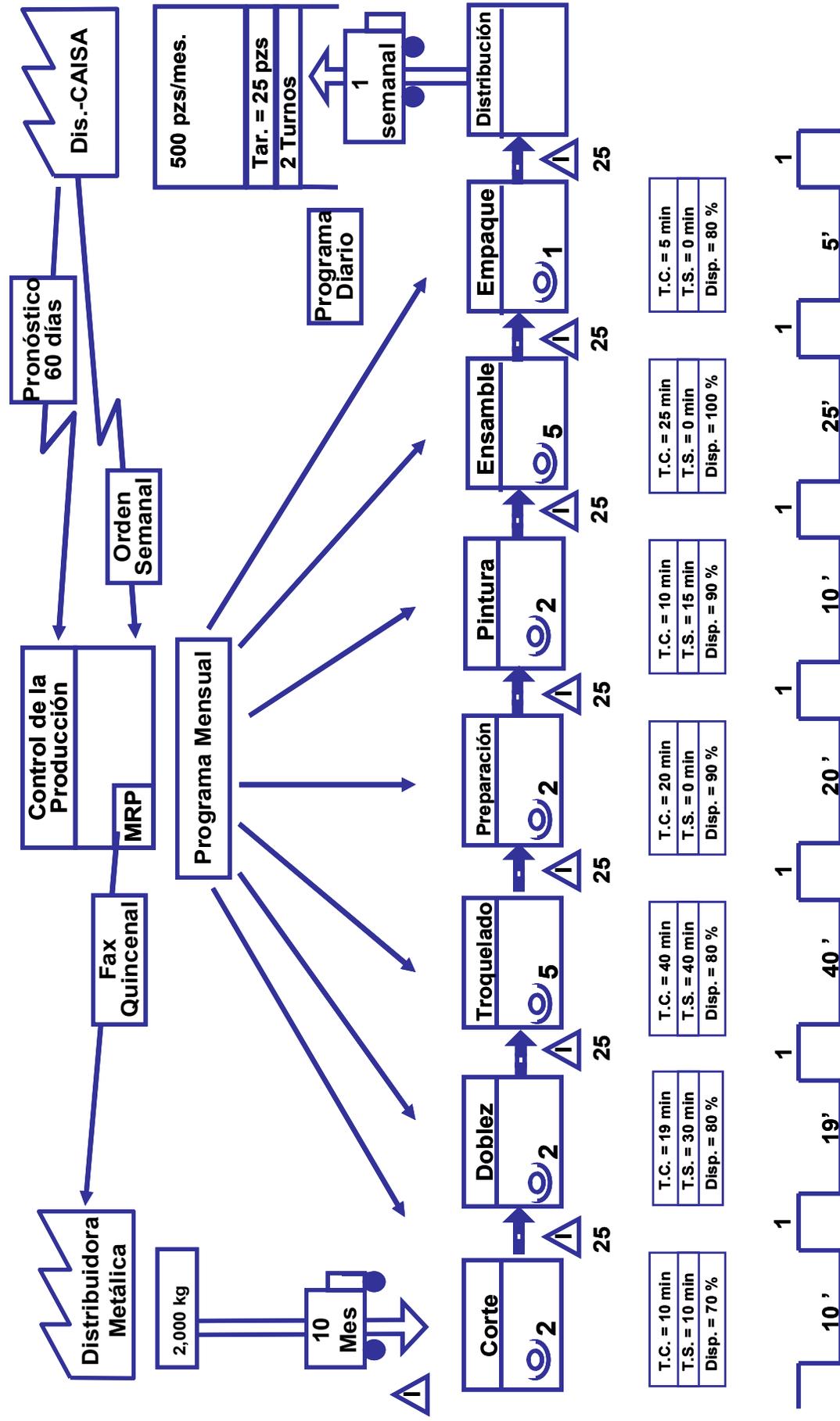
3.5.5 Mapa de corriente de valor para la propuesta de mejora

Al igual que en el mapa de la sección 3.3, solo se consideraron los tiempos totales de cada proceso, así como el número de esterilizadores totales en proceso sin diferencial el modelo. De igual forma se totalizaron los tiempos de preparación o Set Up.

El resultado de la elaboración del mapa de corriente de valor se puede ver en la (figura 3.18). A partir del análisis de este mapa se puede observar que se cuenta con una gran cantidad de producción en proceso (670 piezas, 26.8 días de inventario, más de un mes de ventas). Además es posible determinar claramente que el tiempo promedio de fabricación de un esterilizador es de 149 minutos considerando únicamente el tiempo efectivo del proceso.

Referente al personal empleado en la línea se tiene un total de 19 personas, de las cuales 18 personas son sindicalizadas y el encargado de calibración y empaque en una persona de confianza que adicionalmente se encarga de hacer las funciones de inspector de control de calidad.

Como se puede observar en el diagrama las operaciones críticas del proceso son las de corte y pintura dado que tienen una acumulación excesiva de producción en proceso. El caso del almacén de distribución presenta una problemática diferente, dado que requiere contar con stocks de seguridad para cada modelo de esterilizador y color (Arena, Beige, Ostión y Blanco).



7 días de inventario desde materia prima hasta producto final 119 ' Tiempo de proceso

Figura 3.18 Mapa de corriente de valor del proceso propuesto

3.5.6 Métricas financieras del proceso Propuesto

Considerando las reducciones en tiempo de proceso y la reducción a 7 de los días de inventario en proceso, se construyo un balance general propuesto (Tabla 3.6) y manteniendo el estado de resultados igual se llevo a los siguientes datos en los indicadores financieros de la compañía:

Rotación de Inventarios

$$\begin{aligned} \text{R.I.} &= \text{COGS} / \text{Inventarios} \\ \text{R.I.} &= \quad \mathbf{2.48 \text{ Vueltas}} \end{aligned}$$

Días de Inventario

$$\begin{aligned} \text{D.I.} &= 365 / \text{R.I.} \\ \text{D.I.} &= \quad \mathbf{147.23 \text{ Días}} \end{aligned}$$

Flujo de efectivo

Ciclo de conversión de efectivo (Cash Gap)

$$\begin{aligned} \text{Días para pagar} &= \text{Cuentas por pagar} / (\text{COGS}/365) \\ \text{Días para pagar} &= \quad \mathbf{56.53 \text{ Días}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Días para cobrar} &= \text{Cuentas por cobrar} / (\text{Ventas} / 365) \\ \text{Días para cobrar} &= \quad \mathbf{36.99 \text{ Días}} \end{aligned}$$

$$\text{Cash Gap} = \text{Días de inventario} + \text{Días para Cobrar} - \text{Días para Pagar}$$

$$\text{Cash Gap} = \quad \mathbf{127.69 \text{ Días}}$$

Costo en días para cobrar del COGS

$$\text{C.D.C. en COGS} = \text{Días para cobrar} / 365 * \text{COGS} = 27.02 / 365 * 7300$$

$$\text{C.D.C. COGS} = \quad \mathbf{1,384.50 \text{ (000's Pesos)}}$$

Capital de trabajo

$$\text{Capital de trabajo} = \text{Inventarios} + \text{cuentas por cobrar} - \text{Cuentas por pagar}$$

$$\text{Capital de trabajo} = \quad \mathbf{5,654.63 \text{ (000's Pesos)}}$$

Retorno sobre activos (ROA)

$$\text{ROA} = \text{Utilidad Neta} / \text{Activos totales} * 100$$

$$\text{ROA} = \quad \mathbf{8.42\%}$$

Grupo Termointustrial ECA
Tabla 3.6 Balance general propuesto
(000's de pesos)

Activo	2006	2005
Activo circulante		
Caja	3,741.83	2,034.49
Bancos	3,955.20	18,704.82
Cuentas por cobrar	2,260.06	8,016.35
Otras cuentas por cobrar	2,853.92	294.83
Inventarios		
Materia Prima	1,556.11	129.68
Materiales de empaque	375.86	31.32
Producción en proceso	1,026.34	25.66
Producto terminado	2,395.15	139.72
Otros	156.88	13.07
Total de inventarios	5,510.33	339.45
Provisión perdida de existencias	1,102.06	16.97
Total de activo circulante	19,423.40	29,406.91
Activo Fijo		
Terrenos	20,726.40	41,776.28
Edificios	6,484.17	6,485.83
Maquinaria e instalaciones	12,090.40	24,782.54
Vehiculos	3,454.40	3,540.36
Otros	673.75	673.25
	43,429.12	77,258.26
Depreciación	- 5,337.21	- 5,408.08
Total activo fijo	81,521.02	149,108.44
Total de activo	100,944.42	178,515.35
Pasivo		
Pasivo circulante		
Proveedores	2,115.76	9,091.45
Cuentas por pagar	2,115.76	6,060.97
Otras cuentas por pagar	1,181.83	1,561.17
Impuestos	- 919.75	- 577.67
Deuda a corto plazo	7,409.17	3,076.00
Total pasivo circulante	11,902.78	19,211.92
Pasivo fijo		
Plan de pensiones	2,018.00	1,813.33
Deuda a largo plazo	52,927.28	111,184.76
Total pasivo fijo	22,128.48	112,998.10
Total pasivo	34,031.26	132,210.01
Capital		
Capital social	13,382.63	13,579.12
Reservas	28,298.11	32,589.88
Dividendos a cuenta	16,728.29	18,331.81
Resultados del ejercicio	8,504.13	3,394.78
Total de capital	66,913.16	67,895.58
Total pasivo + capital	100,944.42	200,105.60

Conclusiones del Capítulo 3

Como se puede observar la compañía incrementa su rotación de inventarios a 7.22 vueltas por año. Los días de inventario se reducen a 50.52 días lo que implica una reducción significativa del capital de trabajo.

Se hicieron algunos cambios para mejorar la situación de la empresa mediante la reducción de activos (terrenos e instalaciones) y el pago de deuda a largo plazo. Por tanto el ciclo de conversión de efectivo se redujo a 73.78 días y el Retorno sobre activos se incrementa al 8.42%.

La indiscutible mejora de los indicadores de la compañía refleja una mejora sustancial en sus condiciones de operación y en la salud financiera de la misma.

CONCLUSIONES

El presente trabajo presentó de manera general el enfoque de la manufactura esbelta, así como sus técnicas más importantes. Se hizo énfasis en las características de cada herramienta, los casos en que se pueden utilizar y la forma en que se complementan para lograr una mejora integral en las operaciones de la empresa. Asimismo, sirvió de base para la posterior ejemplificación del empleo de las técnicas de manufactura esbelta a través del caso práctico.

El caso práctico presentó la aplicación de las herramientas desde la detección de la problemática hasta la propuesta de un plan de mejora para la compañía. Se puso especial interés en el desarrollo de métricas de desempeño con el fin de poder tener una perspectiva clara de los beneficios a obtener con la mejora, así como para contar con una base sólida para posteriores etapas de mejora.

La aplicación de las herramientas de manufactura esbelta se hizo de una manera sencilla y clara, tratando de resaltar las principales características de cada herramienta. Tal vez por el alcance del presente trabajo no se hizo un análisis tan detallado como el que estas herramientas pueden lograr, sin embargo considero que las modificaciones alcanzan la esencia de cada herramienta, así como su efectividad y simplicidad de uso.

Si bien el estudio de caso presenta una perspectiva clara del camino a seguir y los beneficios que se obtendrán al aplicar la manufactura esbelta, se dejó de lado la parte de implementación y seguimiento dado que un proceso de implementación de este tipo de herramientas comúnmente toma un par de años y requiere un amplio proceso de cambio cultural en la empresa, así como un seguimiento muy detallado y puntual en cada área. Sin embargo ante la situación actual y futura de los aspectos financieros y de mercado de la empresa se recomienda ampliamente iniciar este proceso.

Para lograr una implementación exitosa de las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas es indispensable crear un equipo de trabajo interdisciplinario que incluya a los operarios, a los supervisores y a los empleados administrativos del proceso. Ya que es indispensable hacer coparticipes del cambio a todos los involucrados en el proceso de manufactura en el nuevo cambio hacia la manufactura esbelta. Una vez integrado el equipo se deberá evaluar la capacidad de los integrantes del mismo para enfrentar los retos que presenta el cambio. Y a partir de esta evolución impartir los cursos de capacitación y adiestramiento necesarios.

Una vez que el equipo cuente con los conocimientos necesarios se harán asignaciones específicas a cada integrante de las áreas de cambio a su cargo y de manera regular se dará seguimiento al cumplimiento de las mismas. De detectar desviaciones se deberán tomar las acciones correctivas necesarias.

Limitaciones de la manufactura esbelta al aplicarlas en México.

Si bien la manufactura esbelta es una técnica muy poderosa es necesario que se cumplan ciertos requisitos previos para su correcto funcionamiento y en el caso de nuestro país muchas de estas condiciones previas representan grandes obstáculos, entre los más importantes destacan:

Se requiere la participación decidida del personal operativo dentro de los cambios. Como ya se vio en el capítulo dos la aplicación final de esta herramienta esta en manos del personal operativo de la empresa y en muchas ocasiones el personal muestra gran resistencia al cambio.

Se requiere que el personal tenga cierta preparación técnica y sea capaz de tomar decisiones en piso al momento en que los problemas suceden. En gran medida con el enfoque esbelto los

trabajadores deben asumir gran parte de las decisiones que anteriormente pertenecían a los supervisores de área y hacerlo bien y rápidamente. Para lograr esto es indispensable impartir un mínimo de capacitación a cada trabajador.

El enfoque esbelto depende de tener proveedores confiables, que sean capaces de hacer entregas frecuentes de productos con el adecuado nivel de calidad. De no contarse con este tipo de proveedor se caerá en el almacenaje de materiales en el proceso y se perderá la capacidad de responder a los cambios del mercado.

La manufactura esbelta esta ligada a la fabricación de productos con características similares por lo que en el caso del área de proyectos de la compañía es imposible adoptar la manufactura esbelta.

Finalmente la manufactura esbelta resulta poco práctica en empresas en que los cambios en la demanda sea excesivamente rápidos o bien los volúmenes de producción resulten muy cambiantes como en los casos de las industrias de la moda o de alta tecnología.

En lo personal considero que la realización del presente trabajo de tesis me ayudo reafirmar mis conocimientos sobre manufactura esbelta y en especial me ayudo a dar un cierto orden lógico a la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta, ya que muchas veces al enfrentar los problemas no se cuenta con los adecuados elementos para definir cual es el problema real de la empresa y que herramienta es la adecuada para combatirla.

Por otro lado el desarrollo de las métricas de desempeño financiero me ayudo a ver el posible impacto de un cambio hacia la manufactura esbelta y la forma en que ayuda a mejorar la salud financiera de la empresa.

Finalmente puedo decir que a pesar de presentar grandes dificultades para su implementación en la situación actual del país, considero que esta herramienta es la única capaz de hacer competitivas a las compañías nacionales y en el mediano plazo la mayor aparte de las empresas tendrán implementadas herramientas de manufactura esbelta.

BIBLIOGRAFÍA

1. James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos. The machine that change the world. Harper Perennial, 1991
2. Thomas L. Jackson. Implementación de un sistema de dirección "Lean". Productivity Press, Portland Oregon, 1997
3. Jay Heizer, Barry Render. Principios de administración de operaciones. Prentice Hall 5ª Ed. 2004 México.
4. Mike Rother and John Shook. "Learning to see. Value stream mapping to add value and eliminate muda". Lean enterprise institute.
5. Lean Manufacturing Tools, Techiques; and how to use them William M. Feld, Ed. St. Lucie Press. 2000 U.S.A.
6. Lean performance ERP project management APICS Ed. St. Lucie Press.2000 U.S.A.
7. World Class Manufacturing Harvard Business Review, January February 1996.
8. Masaaki Imai. Gemba Kaizen. Productivity Press, Portland Oregon 1998
9. Nachi-Fujikoshi Corporation and Japan Institute of plant maintenance. Training for TPM. Productivity press 1991.
10. Taiichi Ohno. El sistema de producción de Toyota más allá de la producción a gran escala. Ediciones Gestión 2000 España 1991.
11. Yoji Asao. Quality Function Deployment: Integrating Costumer Requirements into Product Design Productivity press Cambridge E.U.A. 1990
12. Milan Kubr. La consultoría de empresas guía para la profesión. 3ª ed. O.I.T. Ginebra 1997.
13. James A. Fitzsimmons Service Management 5ª ed. McGraw Hill 2005
14. La planificación de la producción mediante un enfoque integrador del Justo a Tiempo. Jaime Jiménez Guzmán, Tesis de Maestría Facultad de ingeniería UNAM 2003.
15. Enrique Mora. Manufactura esbelta 7 pasos del cambio, revista Manufactura, enero 2004.
16. Shingio Shingo. Poka Yoke, Productivity Press USA 2000
17. Kaizen la ventaja competitiva japonesa Masakki Imai CECOSA México 2005.
18. El sistema de producción de Toyota Yashuhiro monden Ed. Ciencias de la dirección, S.A. España 1987

19. Lee J KrajeWski Larry Ritzman, Administración de operaciones estrategia y análisis Prentice Hall 5ª Ed. México 2000.
20. Edgard Feitzinger and Hua L. Lee, Mass Customization at Hewlett-Paccard: The Power of Postpoment. Harvard Business Review Januaery February 1997.

Páginas Manufactura Esbelta

www.lean.org

www. Maskell.com

www. Acpaau/docs/plenary/imai.pdf.

Anexo 1

Ejemplo de Mapa de Corriente de Valor “El caso Buen Diente”.

La planta de alimentos “Buen diente” produce diversos productos de panadería. En este caso se ha decidido trabajar en la familia de productos que se refiere al pan de caja, mismo que se produce en 2 versiones blanco e integral. Estos productos se envían a la almacenadora del cliente (Wal-pan) que se encuentra en Cachistlán.

Necesidades del cliente:

- 18,400 piezas al mes
- 12,000 piezas de pan blanco (PB)
- 6,400 piezas de pan integral (PI)
- La almacenadora del cliente funciona en 2 turnos
- Las piezas se empaquetan en pallets con 10 charolas y cada charola contiene 20 piezas.
- El cliente hace sus pedidos en cantidades de charolas
- Se hace un envío diario a la empacadora del cliente

Tiempos de trabajo internos:

- 20 días al mes
- 2 turnos de operación en todos los departamentos de producción
- 8 horas en cada turno, existen horas extra en caso de ser necesarias
- 2 descansos de 10 minutos por turno
- Los procesos manuales se interrumpen durante los descansos
- No hay hora de comida.

Información del proceso:

Todos los procesos se realizan en el siguiente orden y cada pieza pasa por todos los procesos.

1. Batidora (esta máquina mezcla diferentes materias para diversos productos de la empresa):

Batidora de alimentación automática

Tiempo de ciclo: 60 minutos (cantidad para 60 piezas)

Tiempo de set up: 1 hora (de calidad adecuada a calidad adecuada)

Disponibilidad de la máquina: 85 %

Existencia observada:

Materia prima para 5,000 piezas

Materia batida para 4,600 piezas PB

Materia batida para 2,400 piezas PI

2. Horno:

- Alimentación manual con 1 operador
- Tiempo de ciclo: 4 minutos
- Tiempo de set up: 15 minutos
- Disponibilidad: 100 %
- Existencia observada:
 - 3,500 piezas PB
 - 1,250 piezas PI

3. Banda transportadora:

- Alimentación manual con 2 operadores
- Tiempo de ciclo: 3 minutos
- Tiempo de set up: ninguno
- Disponibilidad de la máquina: 95 %
- Existencia observada:
 - 850 piezas PB
 - 320 piezas PI

4. Empacadora:

- Proceso manual con 22 operadores
- Tiempo de ciclo: 5 minutos
- Tiempo de set up: ninguno
- Disponibilidad: 100 %
- Existencia observada de productos terminados en almacén:
 - 3,300 piezas PB
 - 1,750 piezas PI

5. Embarques:

- Se retiran las piezas para colocarlas en el camión de entregas al cliente

Procesos de producción:

- Los procesos de “buen diente” para esta familia de productos incluye el mezclado de materia prima, el horneado, la banda transportadora y finalmente el empaçado de producto. Las piezas son entregadas todos los días al cliente en el camión repartidor.
- El cambio de producto en la batidora requiere 1 hora para la limpieza de la misma y 15 minutos en el horno para limpiar la superficie de transportación.
- La materia prima es suministrada por el proveedor de harinas “Polvos mágicos”
- Las entregas de materia prima son los martes y jueves

Control de la producción de “Buen diente”

- Recibe las proyecciones para 90/60/30 días alimentado a través del MRP
- “Buen diente” levanta pedidos a “Polvos Mágicos” semanalmente via MRP
- Recibe pedidos de Wal-pan diariamente
- Genera MRP con base en las requisiciones semanales conforme a pedido del cliente, WIP, nivel de existencias, nivel de existencias para reposición e intervalos de interrupción de producción.
- Emite semanalmente programa de producción para los procesos de Batidora, Horno y Empacado.
- Emite diariamente la programación de embarque para el Departamento de Logística

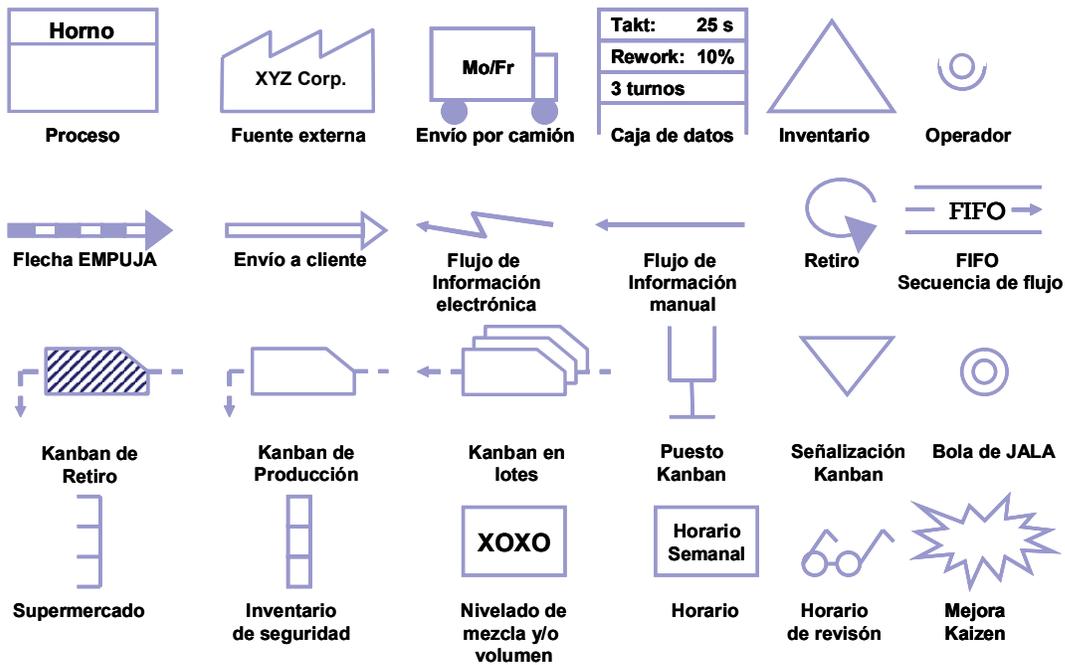
Elaboración del mapa de corriente de valor

Paso 1: elegir una familia de productos

- Una familia de productos es un grupo que pasa por actividades similares y equipo en común dentro de un proceso.
- Las familias se pueden identificar a través de una matriz que muestra los productos por una parte y los equipos / actividades por otra.

		Equipos					
		Batidora	Horno	Inyector 1	Inyector 2	Banda transportadora	Empacadora
Productos	Donas	X	X	X			X
	Mantecadas	X	X		X		
	Pan Blanco	X	X			X	X
	Pan Integral	X	X			X	X
	Barras		X	X	X		

Simbología



Iniciar con los requerimientos del cliente



Necesidades del cliente:

- 18,400 piezas al mes
- 12,000 piezas de pan blanco (PB)
- 6,400 piezas de pan integral (PI)
- La almacenadora del cliente funciona en 2 turnos
- Las piezas se empaquetan en pallets con 10 charolas y cada charola contiene 20 piezas.
- El cliente hace sus pedidos en cantidades de charolas
- Se hace un envío diario a la empaquetadora del cliente

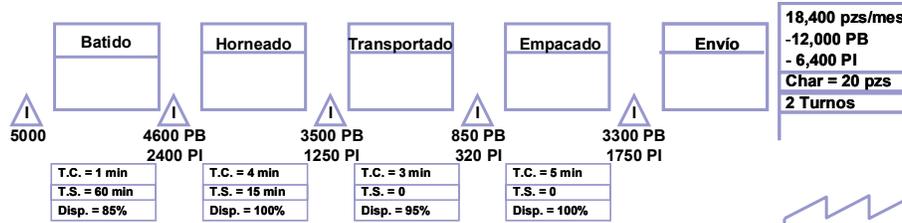
■ Definir las actividades del proceso



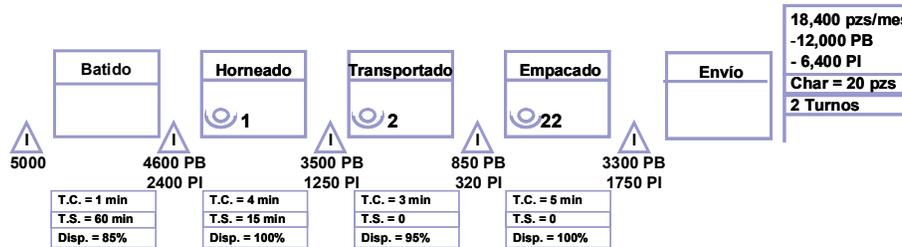
■ Añadir las cajas de información



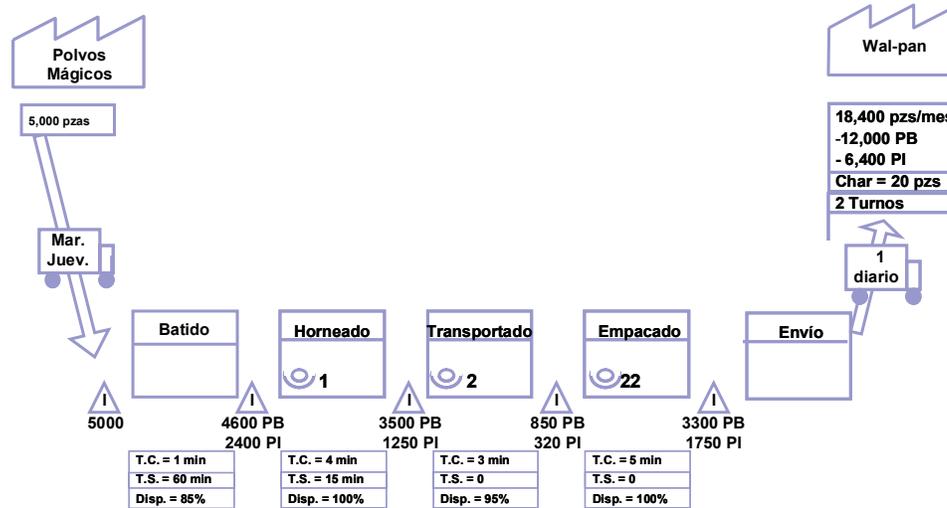
■ Agregar la información de inventarios



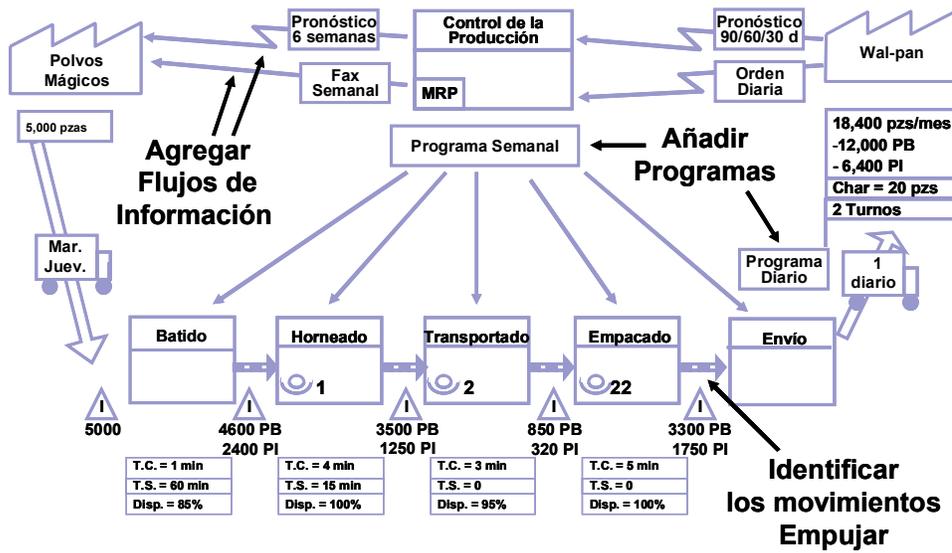
■ Identificar la cantidad de operadores



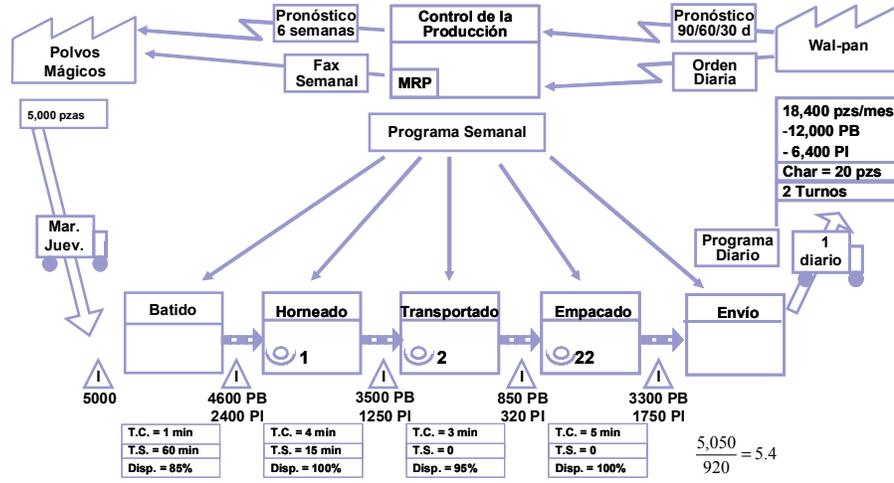
DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA.



■ Agregar a los proveedores



DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA.



Calcular inventarios

Vs. demanda del cliente:
 $\frac{7,000}{920} = 7.6$

$\frac{4,750}{920} = 5.1$

$\frac{1,170}{920} = 1.2$

Calcular demanda del cliente:

$\frac{18,400 \text{ pzas}}{20 \text{ dias}} = 920 \text{ pzas / dia}$

ANALIZAR INVENTARIOS Y TEMPOS

