

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

**Implementación de un Sistema Esbelto de Manufactura a través del Sistema
de Gestión de la Calidad ISO 9001:2000**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADEMICO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA**

POR:

DANIEL DE JESÚS ROBLES GÓMEZ

MONTERREY, N.L.

MAYO DE 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

Los miembros del comité de tesis recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por el Ing. Daniel de Jesús Robles Gómez sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

**Maestro en Ciencias en Sistemas de Manufactura
Especialidad en Ingeniería de Producción**

Comité de Tesis:

M.C. Luis V. Cabeza Aspiazu
Asesor

M.C. Alberto Novau Dalmau
Sinodal

Dr. José L. González Velarde
Sinodal

Aprobado:

Dr. Federico Viramontes Brown
Director del Programa de Graduados en Ingeniería
Mayo, 2006

A Dios, nuestro Señor. Por haberme dado vida y salud; y por brindarme la fortaleza, la fe, y la convicción necesarias para alcanzar esta meta.

A mi esposa, María Magali Maldonado López. Porque nos hicimos novios precisamente cuando yo apenas iniciaba con esta aventura, y desde entonces me brindó su apoyo y su amor en forma incondicional, aun y cuando eso implicara que tuviéramos que sacrificar nuestro tiempo y actividades en pareja.

A mis padres, Rubén Robles Viña y María de Lourdes Gómez Hinojosa. Que además de educarme y enseñarme a ser un hombre de bien; desde que inicié mis estudios de maestría siempre me brindaron su apoyo y estuvieron al pendiente de que nada me hiciera falta.

A mi(s) hijo(s) con todo mi afecto y cariño.

A mi asesor, el M.C. Luis Vicente Cabeza Aspiazu, por sus acertados comentarios y observaciones durante el desarrollo de esta tesis.

A la organización PROLEC-GE por las facilidades otorgadas para desarrollar el tema del Caso Práctico de esta Tesis. Especialmente a los Ingenieros:

Manuel Resendiz Boone, Gerente de Ingeniería de Diseño
Jesús Francisco Aguirre Dávila, Gerente de Aseguramiento de Calidad
Juan Pablo de la Garza Evia Quiroga, Director de Iniciativas de Calidad

	<u>Página</u>
RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN	8
INTRODUCCION	
- Descripción del Problema	10
- Antecedentes y Justificación	11
- Objetivo de la Investigación	12
- Planteamiento general de la solución	12
- Utilidad esperada de los Resultados	13
PARTE I: SISTEMAS DE CALIDAD	
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CALIDAD	
- Contexto Histórico	15
- La función de Calidad	15
- La Organización de Calidad	15
CAPITULO 2: ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CALIDAD	
- Introducción a los Sistemas	17
- Sistemas de Calidad	17
- Elementos de un Sistema de Calidad	18
CAPITULO 3: SISTEMAS DE DOCUMENTACIÓN	
- El modelo de Documentación de Calidad	20
- Componentes de un Sistema de Calidad Documentado	21
- Tipos de Documentos	21
- Características Generales de los Documentos	22
- Manual de Calidad	22
- Procedimientos de Calidad	23
CAPITULO 4: ESTÁNDARES Y ESPECIFICACIONES	
- Estándares de Calidad	24
- Requerimientos	24
- Especificaciones	24
- Estándares de la Industria	24
CAPITULO 5: RELACIONES CON CLIENTES	
- Enfoque al cliente y al mercado	25
- Clientes Internos	25
- Clientes Externos	25
- Recolección de Datos del Cliente	26

	<u>Página</u>
PARTE II: SISTEMAS ESBELTOS DE MANUFACTURA	
CAPITULO 6: INTRODUCCIÓN AL PENSAMIENTO ESBELTO	
- Principios del Pensamiento Esbelto	28
- El proceso de implementación	29
CAPITULO 7: PASO 1: ESPECIFICAR VALOR	
- La Definición de "Valor"	30
- El Costo Objetivo	31
CAPITULO 8: PASO 2: IDENTIFICAR LA CADENA DE VALOR	
- Definición de la Cadena de Valor	33
- Alcance de la Cadena de Valor	34
CAPITULO 9: PASO 3: LA PRODUCCION EN FLUJO	
- Producción en lotes y Acumulación de Inventarios	35
- Razones para eliminar el Inventario	36
- El cambio de Producción en Lotes a Producción en Flujo	37
CAPITULO 10: PASO 4: JALAR LA PRODUCCION	
- Antecedentes: La cruzada del MRP	46
- Visión general del MRP	46
- Las deficiencias del MRP	47
- Planeación de recursos para manufactura: MRP II	48
- La revolución del sistema de producción "Justo a Tiempo" (JIT)	50
- Kanban	51
CAPITULO 11: PASO 5: PERSEGUIR LA PERFECCION	
- Un "Círculo Virtuoso"	53
- El ambiente de la mejora continua	54
PARTE III: EL MODELO PROPUESTO PARA IMPLEMENTACION	
- Representación Esquemática	55
CAPITULO 12: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTO EN LOS REQUISITOS GENERALES Y DE DOCUMENTACION DE LA NORMA ISO 9001:2000	
- La necesidad de Establecer un Enfoque Basado en Procesos	56
- Requisitos Generales de la Norma	58
- Requisitos de Documentación	59

	<u>Página</u>
CAPITULO 13: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA ESBELTO DE MANUFACTURA EN LA RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCION	
- Compromiso de la Dirección	60
- Enfoque al cliente	60
- Política de Calidad	63
- Objetivos de Calidad	64
- Revisión por la Dirección	65
- Mejora Continua	65
CAPITULO 14: APLICACIÓN DEL MODELO PROPUESTO EN UN CASO PRÁCTICO	
- Breve descripción de la Empresa	66
- Descripción del caso	66
- Área de Oportunidad #1: Entregas de Planos de Aprobación	70
- Área de Oportunidad #2: Exceso de WIP = Reprocesos Innecesarios	71
- Sugerencias para la mejora	74
CAPITULO 15: CONCLUSIONES	
- Aportaciones de la Investigación	76
- Recomendaciones para Investigaciones Futuras	77
BIBLIOGRAFIA	79

RESUMEN DE LA INVESTIGACION

En el Capítulo 1, se hace una breve introducción al tema de los Sistemas de Calidad, iniciando con el contexto histórico que origina su existencia; y continuando con la función y organización que tiene el departamento de calidad dentro de una empresa. Dentro de esta organización se incluyen las funciones de Control de Calidad, Aseguramiento de Calidad, Inspección y Confiabilidad.

Posteriormente, en los capítulos 2 y 3 se habla a detalle de cada uno de los elementos que componen un sistema de calidad, los cuales son:

- Política de Calidad
- Administración de la Calidad
- Sistema de Calidad
- Aseguramiento de Calidad
- Control de Calidad

También en esta parte se detalla cuál es el conjunto de documentos que componen un sistema de calidad: el manual de calidad (que hacer), los procedimientos de calidad (quien lo hace) y las instrucciones de trabajo (como hacerlo).

Y para concluir con la primera parte, se proporciona detalladamente la definición de los que son Estándares de Calidad, Requerimientos y Especificaciones; así como lo que son clientes internos y externos, ya que esto nos sirve de gran ayuda para comprender el espíritu que posteriormente nos ayudará a comprender la letra de las normas que rigen a los sistemas de calidad.

En la segunda parte, se habla acerca de los Sistemas Esbeltos de Manufactura.

Para poder comprender la filosofía que sustenta a los sistemas esbeltos de manufactura, es necesario primero establecer que todo aquello que le añade costo o tiempo a nuestro proceso, pero no agregue valor para el cliente final debe ser considerado como un desperdicio.

Se menciona en este estudio los siete tipos básicos de desperdicios:

1. Sobreproducción
2. Espera
3. Transporte
4. Proceso
5. Inventario
6. Movimientos
7. Defectos

Una vez establecida claramente la definición de lo que es un desperdicio y como éste afecta en los costos y tiempo de producción, pasaremos a la metodología de implementación de 5 pasos sugerida por James Womack en su libro "Lean Thinking":

1. Especificar Valor
2. Identificar la Cadena de Valor
3. Hacer fluir el producto a través de la cadena de Valor
4. Dejar que el Cliente "Jale" el Producto
5. Perseguir la Perfección

Cada uno de estos pasos es detallado en los capítulos 6 al 11

La tercera parte de esta Tesis es la que habla de la aportación de esta investigación a la ciencia. En los Capítulos 12 y 13, se habla de al constitución del modelo, mientras que en el capítulo 14 se busca aplicar el modelo en la empresa PROLEC-GE, la cual pertenece al ramo energético en nuestro país.

El modelo de implementación se vale de la necesidad de establecer un enfoque basado en procesos que marca la norma ISO 9001:2000 y encuentra la forma de establecerlo a través de los capítulos de la norma referentes a los requisitos generales, responsabilidad de la dirección, así como el capítulo que habla de la medición del desempeño de los procesos.

Lo que se pretende al establecer este modelo es lograr que las metas de implementación en manufactura esbelta sean establecidas por la dirección, partiendo de la definición de las operaciones que otorga el mapa de la cadena de valor y de esa forma alinear los esfuerzos de mejora hacia un objetivo en común.

INTRODUCCION

Descripción del problema

“Nuestros planes fracasan, porque no tienen un objetivo. Cuando no sabemos a qué puerto nos dirigimos, todos los vientos son desfavorables”

Séneca 4 AC – 65 DC

La competencia global y la consecuente necesidad de reducción de costos de producción, es una realidad a la cual se está enfrentando actualmente la industria mexicana.

Ante este escenario, muchas de las empresas han encontrado en la implementación de Sistemas Esbeltos de Manufactura la respuesta a esta necesidad de reducción de costos de producción y han invertido recursos para llevar a cabo esta iniciativa.

Sin embargo, son pocos los casos en donde realmente se ha podido llegar a un “final feliz” debido diversos factores entre los cuales podemos encontrar:

- Falta de compromiso por parte de la gerencia
- Falta de metas y objetivos concretos
- Falta de conocimiento de las capacidades de los procesos
- Falta de monitoreo de la sensibilidad del sistema a los cambios implementados
- Falta de apego de las mejoras con los objetivos del negocio
- Falta de una adecuada definición de prioridades

El propósito de esta investigación es definir como debe influir la Administración por Calidad Total en el trazado y cumplimiento de metas para la implementación de un Sistema Esbelto de Manufactura.

Antecedentes y justificación

En las últimas dos décadas, la industria en nuestro país ha experimentado cambios muy drásticos. La década de los años 90 abrió las puertas al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA) y con ello a la libre competencia por los mercados con las empresas de los Estados Unidos y Canadá.

Al iniciar esta libre competencia, México se veía en desventaja en algunas industrias como la alimenticia y la automotriz debido a la falta de tecnología adecuada para competir y a la falta de cultura de calidad orientada hacia el cliente que imperaba en la industria mexicana.

Esto llevó a las industrias mexicanas a implementar Sistemas de Administración de la Calidad -como el ISO 9000- que les ayudaron a lograr que la calidad de sus productos pudiera competir con la calidad de sus competidores de EUA y Canadá.

Un Sistema de Administración de la Calidad, es aquella parte del sistema administrativo de la organización que se enfoca en el cumplimiento de resultados, en relación con los objetivos de calidad que satisfacen las necesidades, expectativas y requerimientos del cliente y de las partes interesadas.

La implementación de estos sistemas, ayudó a las industrias de nuestro país a asegurar que sus productos y servicios cumplieran con los requerimientos de sus clientes y que a la vez estuvieran alineados con los objetivos de sus respectivos negocios. Aunado a este importante cambio, los bajos costos de la mano de obra mexicana comparada con la de sus competidores lograron que los productos mexicanos fueran altamente competitivos en precio.

Sin embargo, en los últimos años ha llegado la época de la globalización. Tratados comerciales de algunos países de Asia Oriental con los Estados Unidos y la Unión Europea hacen que la competencia se vuelva más difícil, ya que la “ventaja competitiva” de la mano de obra barata ha desaparecido ante países como China, Indonesia, India y Malasia.

Ante este nuevo escenario, la nueva estrategia de competencia consiste en disminuir los costos de producción. Es necesario “eliminar la grasa” de los Sistemas de Manufactura haciéndolos capaces de producir más y mejores productos con menos recursos. Aunado a esto, es necesario que estas mejoras lleguen rápidamente a toda empresa, pues los competidores no están “a punto de llegar a nuestros mercados”; si no que ya están en ellos y ya empiezan a ganarnos terreno a una velocidad alarmante.

En este entorno, es cada vez más necesario recurrir a la implementación de Sistemas Esbeltos de Manufactura que ayuden a reducir los Costos de Producción y, consecuentemente incrementar la competitividad sin sacrificar la satisfacción del cliente.

Sin embargo, un problema muy común es la dificultad de encontrar mejoras que realmente tengan un impacto real en los resultados operativos del negocio y en los objetivos que busca la alta administración. Muy probablemente, si diéramos un recorrido por cualquier proceso productivo, no nos sería difícil encontrar áreas de oportunidad para la mejora, sin embargo no sabemos a ciencia cierta si dichas “mejoras” realmente vayan a ayudar al negocio a incrementar su rentabilidad.

Debido a que los objetivos de la dirección deben ser desplegados en el Sistema de Administración de la Calidad, en esta investigación buscaremos integrar el modo de pensar de los sistemas esbeltos de manufactura al Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2000, que es el más fuertemente difundido en nuestro país y probablemente en todo el mundo.

Al finalizar esta investigación, pretendemos demostrar que cuando el pensamiento esbelto es integrado a la cultura de trabajo de la organización, es entendido por la alta dirección y es integrado al Sistema de Gestión de la Calidad; las mejoras que se buscarán implementar serán de mayor contundencia e impacto que cuando se utiliza simplemente como una “iniciativa de mejora”.

Objetivo de la Investigación

Aprovechando que la norma ISO 9001:2000 es una norma internacional plenamente identificada, conocida y regulada por un organismo internacional; el objetivo de este estudio es proponer un modelo que se valga de algunos de los requerimientos de esta norma para implementar los requerimientos y métricos de un Sistema Esbelto de Manufactura; y así lograr que la manufactura esbelta se convierta en la forma de pensar y vivir de la organización que adopte dicho modelo.

Planteamiento general de solución

En principio, daremos una amplia descripción de cuáles son los elementos que integran un Sistema de Administración de la Calidad, así como los documentos, estándares y especificaciones que lo conforman. Esto para entender bien como es que debe funcionar un Sistema de Administración de Calidad.

Posteriormente, daremos una amplia explicación de los elementos sobre los cuales está soportada la teoría de los Sistemas Esbeltos de Manufactura, de cómo es que estos ayudan a incrementar la productividad y como se utilizan algunas de sus herramientas.

Por último, haremos un planteamiento de cómo integrar el Pensamiento Esbelto al Sistema de Gestión de la Calidad y buscaremos aplicar el modelo propuesto a un caso práctico.

Utilidad esperada de los resultados

- Implementación de la filosofía de los Sistemas Esbeltos de Manufactura en el Manual de Calidad de la Organización, en sus métricos de desempeño y en la documentación que soporta el Sistema de Gestión de la Calidad.
- Objetivos de los equipos de mejora (KAIZENS) que tengan un impacto cuantificable en los objetivos trazados por la dirección.
- Orientar la mejora continua al cumplimiento de una meta en común.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CALIDAD

Contexto Histórico

El crecimiento de las grandes corporaciones norteamericanas ocurrió desde los 50's hasta principios de los años 70's. Durante este período, competidores de distintas partes del mundo comenzaron a ganar terreno en el mercado de los EU en un gran número de áreas técnicas y de manufactura. [5]

Desde mediados de los años 70's, muchas compañías de los EU han comenzado a revivir. Muchas grandes compañías han cambiado sus filosofías operativas y han reducido su tamaño. Además de los económicos, otros beneficios de la disminución de tamaño incluyen el perfeccionamiento de la comunicación, un mejor enfoque al cliente y más rápido tiempo de respuesta. Sin embargo, muchas compañías pequeñas también tienen dificultad para efectuar los cambios necesarios. Los retos para las compañías de EU abundan en las áreas de calidad, productividad, confiabilidad, comunicaciones, capacidad de respuesta, tecnología, costos y satisfacción del cliente.

La función de Calidad

La obtención de la calidad en industrias de manufactura y servicios requiere el desarrollo de una amplia variedad de tareas o actividades identificables. Dentro de una organización de calidad hay muchas tareas y responsabilidades que deben ser delgadas. La función básica del departamento de calidad en una organización es coordinar los esfuerzos para conseguir esa calidad que se busca.

La Organización de Calidad

El departamento de calidad en la mayoría de las organizaciones planea, mide, analiza y reporta calidad. Es una función de staff que apoya a otros departamentos en la mejora continua de los productos y servicios. Las funciones comunes de una organización de calidad incluyen:

- Control de Calidad.- Una función administrativa que es proyectada para controlar o regular el proceso con la finalidad de prevenir que se hagan productos defectuosos.
- Aseguramiento de Calidad.- Acción planeada y sistemática para dar la confiabilidad adecuada de que un producto se ajustará a lo requerido.

- Inspección.- Actividad de valoración, en la cual los productos son inspeccionados (o probados) para determinar si cumplen con los requerimientos.
- Confiabilidad.- Función que determina la probabilidad de que un producto esté desempeñando su función proyectada para un intervalo de tiempo determinado bajo condiciones establecidas.

A menudo bajo la organización de aseguramiento de calidad, hay 5 funciones adicionales:

- Ingeniería de Calidad.- La función esencial de planeación del aseguramiento de calidad
- Auditoría de Calidad.- Una evaluación independiente de varios aspectos del desempeño en calidad
- Adquisición de Calidad.- Asegura que los nuevos materiales y partes compradas son aceptables previo a su liberación.
- Medición de metrología.- Asegura que el equipo es calibrado mediante estándares trazables al Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
- Administración.- Origina los reportes, procedimientos y políticas utilizadas para apoyar otras funciones de la compañía. Es a menudo un valioso lazo de retroalimentación.

CAPITULO 2

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CALIDAD

Introducción a los Sistemas

Desde un punto de vista organizacional, un sistema es definido como la serie de acciones, actividades, elementos, componentes, departamentos o procesos que trabajan en conjunto para un propósito definido. [5]

Sistemas de Calidad

Un sistema de calidad supone todas las actividades que son emprendidas para asegurar que un producto o servicio cumple con estándares requeridos. Algunas veces, los sistemas son “formales” (puestos por escrito), y algunas veces son informales. Los principales elementos de un sistema de calidad para un producto manufacturado son:

- Responsabilidad de la gerencia
- Compra y control de materias primas
- Inspección de suministro de materias primas
- Control de procesos
- Inspección Final
- Control de producto no conforme
- Control de calibraciones
- Control de documentos
- Registros
- Acciones correctivas y preventivas

Los sistemas formales generalmente no son requeridos en actividades artesanales. Sin embargo, a medida que los grupos se hacen más grandes, la necesidad de un sistema de calidad crece. Generalmente, cualquier grupo mayor a 25 personas requerirá un sistema de calidad formal y documentado.

La definición del término “sistema de calidad” ha sido expandida a “sistema de administración de la calidad” por el estándar ANSI/ISO/ASQ Q900-2000. Este estándar establece que:

“Un Sistema de Administración de la Calidad, es aquella parte del sistema administrativo de la organización que se enfoca en el cumplimiento de resultados, en relación con los objetivos de calidad que satisfacen las necesidades, expectativas y requerimientos del cliente y de las partes interesadas, como convenga”

Las claves para un sistema de calidad adecuado, entonces, son:

- Es a lo largo y ancho de la compañía
- Provee una estructura de trabajo operacional
- Contiene procedimientos técnicos y administrativos documentados
- Guía las acciones coordinadas de gente, maquinaria e información
- Asegura la satisfacción del cliente con la calidad y los costos económicos.

Elementos de un sistema de calidad

Todos los elementos de un sistema de calidad, fluyen desde la gerencia, hacia el producto o servicio a través de un número de elementos, que se muestran en la figura 2.1.

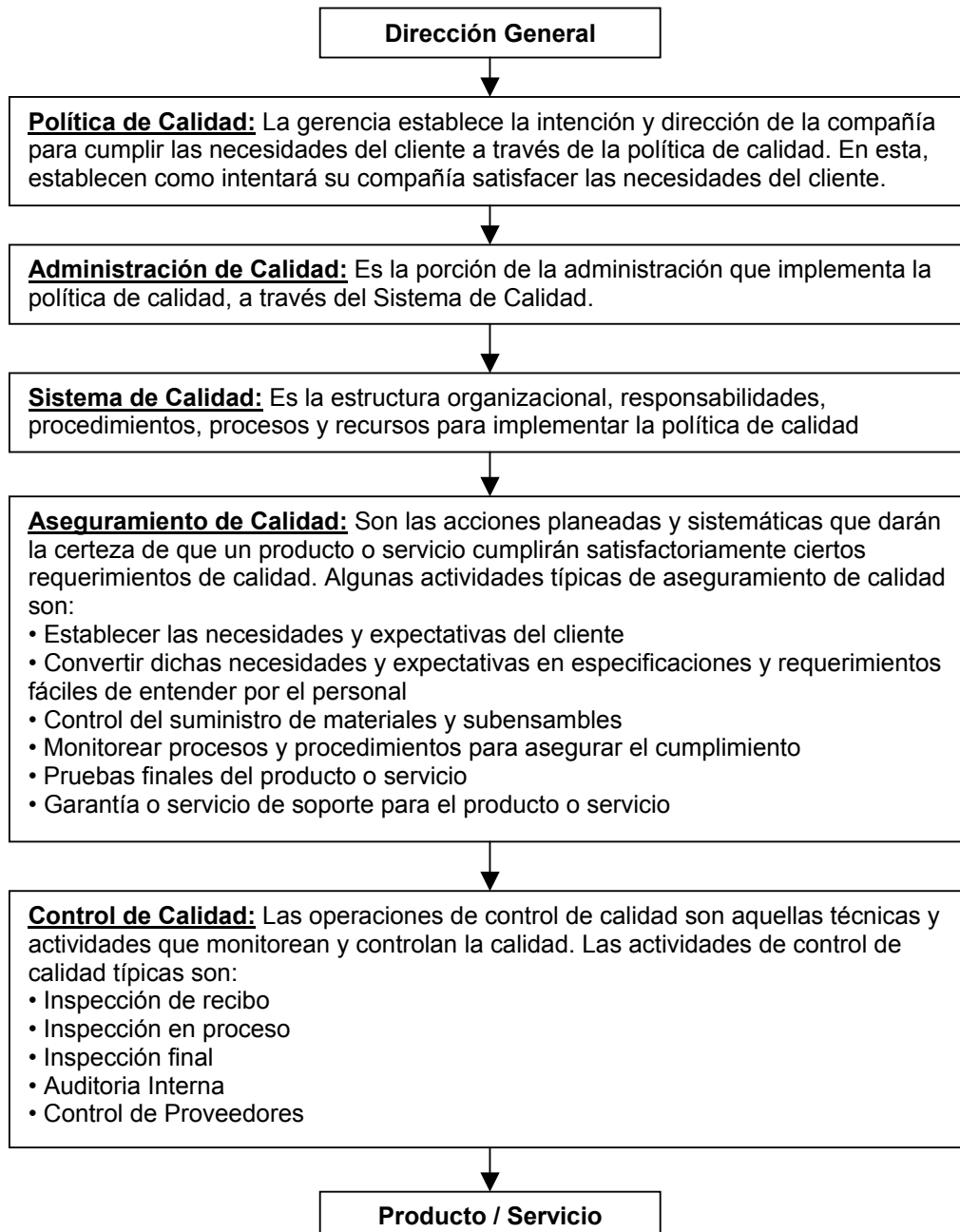


Figura 2.1: Elementos de un Sistema de Calidad

CAPITULO 3

SISTEMAS DE DOCUMENTACIÓN

El Modelo de Documentación de Calidad

El conjunto de documentos que comprenden el sistema de calidad puede ser organizado de diferentes maneras. La mayoría organiza la documentación de calidad por jerarquías y se ha encontrado que esta es la mejor técnica. Se conoce generalmente como “pirámide de calidad”. [5] La Figura 3.1 muestra dicha pirámide:

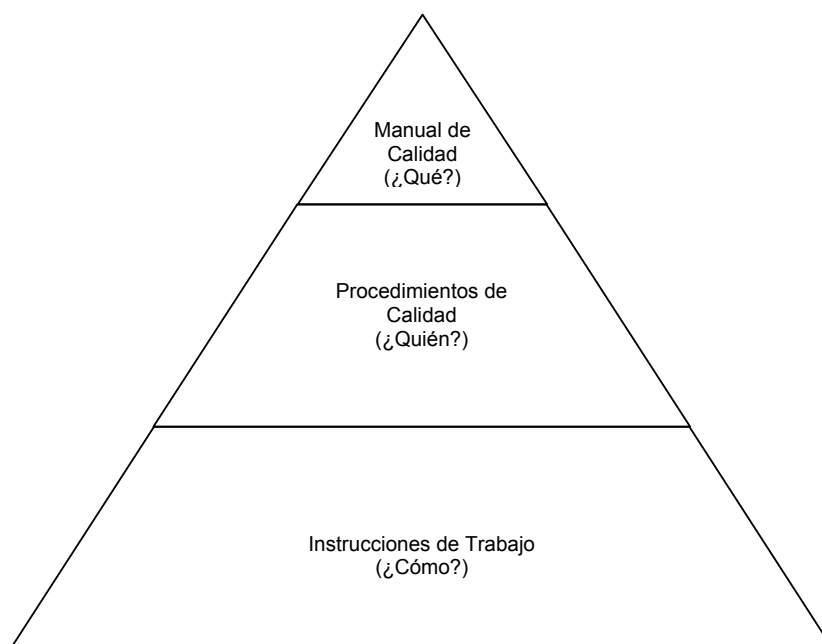


Figura 3.1: Pirámide de Documentación de Calidad

La punta de la pirámide es el Manual de Calidad. En él se declara la política de calidad de la organización y contiene la información de cómo la compañía cumplirá con la norma ISO u otro estándar.

El segundo bloque son los Procedimientos de Calidad. Estos son el punto central del sistema, ya que en ellos se describe las responsabilidades del personal y el sistema administrativo utilizado para cumplir la tarea.

Finalmente, el tercer bloque son las Instrucciones de Trabajo, las cuales describen como hacer estas tareas. Estas detallan los pasos específicos para cumplir las metas definidas en el manual de calidad y los Procedimientos de Calidad.

Algunas compañías utilizan un cuarto bloque con el último nivel representando las formas y registros requeridos.

Componentes de un sistema de calidad documentado

La porción documentada del sistema de calidad debe contener los siguientes 4 componentes:

- Política de Calidad: Empleados informados de la dirección y “visión” de la gerencia
- Responsabilidades: Responsabilidades relacionadas con la calidad para cada miembro de la organización.
- “Como hacerlo”: Como se desarrollan las diferentes tareas
- Verificación: Como es verificada la calidad del producto

Uno de los propósitos de un sistema de calidad formal es documentar y estandarizar las operaciones de la compañía. Es importante asegurar que los sistemas formalizados son los mejores; por lo cual debe buscarse continuamente la mejor y más eficiente forma de operar.

Los sistemas de calidad formales contienen procedimientos escritos y la correspondiente estructura organizacional para cumplir con los objetivos de calidad. Algunos clientes tienen sus propios requerimientos específicos, sin embargo el ISO 9001:2000 o ISO/TS 16949 son las especificaciones de un sistema formal más comunes.

Tipos de Documentos

Una buena documentación del Sistema de Calidad es útil, y de hecho, necesaria para el éxito continuo de la compañía. Los procedimientos o instrucciones formales tienen las siguientes características y beneficios:

- Son los medios por los cuales la dirección pone por escrito y de manera fácilmente accesible sus formas requeridas de operaciones.
- No son estáticos, ya que deben ser continuamente ajustados en forma controlada para enfrentar los tiempos y condiciones cambiantes.
- Son vehículos razonablemente simples para definir y estandarizar métodos probados.
- Son medios para establecer continuidad en las operaciones cuando haya cambios de personal y sirven como entrenamiento para nuevos empleados.
- Previenen situaciones “sujetas a cambio sin previo aviso”
- Estipulan un estándar escrito del cual las operaciones pueden ser auditadas
- Funcionan como referencias escritas
- El documento de mayor jerarquía (Manual de Calidad) le permite a la gente ver su responsabilidad definida e interrelacionada con otros y además es efectivo en relaciones con los clientes.

Hay diferentes tipos de documentos que son utilizados en los Sistemas de Calidad, y se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de Documento	Nombre Común
<u>Documentos de Políticas:</u> Describen el total de la política de calidad de la compañía, compromiso con la calidad y la organización del sistema de administración de la calidad.	Manual de Calidad
<u>Documentos de “Forma de Hacer Negocios”:</u> Describen como opera el sistema de administración de la calidad de la compañía.	Procedimientos de Calidad
<u>Documentos Técnicos:</u> Describen como hacer tareas específicas, así como operación de equipos, etapas administrativas, etc.	Instrucciones de Trabajo

Características Generales de los Documentos

Todos los documentos utilizados en el sistema de calidad tienen similitudes. El contenido básico de cada documento debe incluir:

- Propósito
- Bases del documento
- Alcance

Adicionalmente, el documento debe contener la información necesaria para transmitir el mensaje. Cada documento tiene una finalidad, acorde al tipo.

Manual de Calidad

El manual de calidad es un documento de políticas generado principalmente por la alta gerencia para establecer como va a operar la compañía. Su finalidad es informar a los empleados de la compañía y a los clientes de la visión y enfoque de la gerencia para operar el negocio. Los elementos claves del manual de calidad son:

- Declaración de las políticas
- Descripción general de la implementación de políticas
- Correlación de las políticas e implementación con los estándares de calidad aplicables

A menudo, el manual de calidad es redactado a lo largo del bosquejo del ISO 9001:2000 y otros estándares aplicables.

Procedimientos de Calidad

Los Procedimientos de Calidad deben definir los procesos gerenciales o administrativos de manera que apoyen la política de la compañía. Deben, además:

- Ser consistentes con la política de la compañía
- Describir la organización funcional
- Esquematizar las responsabilidades del personal
- Ser implementados
- Ser entendidos por todos los empleados

Los Procedimientos de calidad son el verdadero punto focal del sistema de documentación. Los procedimientos dicen a las entidades operacionales que se supone que deben hacer, y les describen sus interfases.

CAPITULO 4

ESTANDARES Y ESPECIFICACIONES

Estándares de Calidad

Los estándares son mediciones de excelencia contra los cuales se hacen comparaciones. [5]

Requerimientos

Un requerimiento es una declaración formal de una necesidad, así como la vía esperada y obligatoria para cumplirla. Puede inclusive representar un nivel de cumplimiento para alcanzar objetivos específicos bajo ciertas condiciones.

Especificaciones

Una especificación es un requerimiento obligatorio. Describe clara y precisamente los requerimientos técnicos esenciales y procedimientos de verificación para partes, materiales y servicios.

Estándares de la industria

Los estándares de la industria son numerosos. Algunas industrias tienen distintas asociaciones que publican estándares.

Los estándares industriales son desarrollados para racionalizar y simplificar el diseño, manufactura, servicio y utilización de esa producción industrial. Por consistencia, deben estar basados en modelos nacionales o internacionales.

Algunos ejemplos de estándares existentes son:

- ISO 9001:2000 – Requerimientos de los sistemas de administración de la calidad
- ISO/TS 16949 – Es el estándar ISO 9001:2000 modificado y adaptado para la industria automotriz.
- SAE AS 9100 – Sistemas de Calidad para Industria Aeroespacial. Modelo de Aseguramiento de Calidad en Diseño, Desarrollo, Producción, Instalación y Servicio
- ANSI/ASME NQA-1 – Requerimientos de Aseguramiento de Calidad para Aplicaciones en Instalaciones Nucleares.
- ISO/IEC 17025 (1998) – Requerimientos generales de competencia para laboratorios de pruebas y calibraciones

CAPITULO 5

RELACIONES CON CLIENTES

Enfoque al cliente y al Mercado

Todo inicia y termina con los clientes. Los clientes definen la calidad y fijan las expectativas. Ellos legítimamente esperan funcionalidad, confiabilidad, precios competitivos, entregas a tiempo, servicio, así como transacciones claras y precisas. [5]

Cada negocio tiene muchos clientes potenciales, y cada uno de ellos tiene sus propios criterios de decisión. Para tener éxito, un negocio debe identificar su propio enfoque de mercado. Esto lo pueden hacer mejor identificando sus clientes y determinando sus requerimientos.

Hay dos tipos de clientes: Internos y Externos

Clientes Internos

Se define como cualquiera en la compañía que es afectado por un producto o servicio al momento que está siendo generado. Muchas veces el cliente interno es olvidado en el esfuerzo de producir un producto o servicio para el cliente externo. La meta inmediata debe ser producir el bien o servicio de manera simple y conveniente para consumo interno. Investigaciones han demostrado que las prácticas administrativas relacionadas con la satisfacción de los empleados también tienen impacto en la satisfacción del cliente.

Clientes Externos

Los clientes externos incluyen tres tipos: usuarios finales, clientes intermedios y partes afectadas. La categoría de clientes externos incluye a aquellos que compran el producto o servicio para su propio uso. Los clientes externos pueden ser clasificados o segmentados de muchas formas en el intento de entender mejor sus requerimientos e identificar posibles nichos de mercado. De ahí la necesidad de escuchar al cliente, proveer su visión, proveer entrenamiento, mejorar el proceso, encontrar o desarrollar métricos de respuesta y medir los resultados.

Las necesidades de los clientes no son estables, sino que cambian continuamente. Un producto o servicio que satisface cierta necesidad puede generar nuevas necesidades, ya que al momento que el cliente obtiene un producto o servicio apropiado, buscará nuevos atributos.

Recolección de Datos del Cliente

Dependiendo del propósito, pueden utilizarse varios instrumentos o herramientas, tales como:

- Cuestionarios de satisfacción
- Grupos de enfoque
- Entrevista cara a cara
- Cartas de satisfacción / Cumplimiento
- Reportes de no-conformidades
- Despliegue de la función de calidad (QFD)

CAPITULO 6

INTRODUCCION AL PENSAMIENTO ESBELTO

Principios del pensamiento Esbelto

“Muda” es una palabra del idioma japonés, que significa “desperdicio”. Desperdicio es, específicamente, todo aquello que añade costo o tiempo pero no agregue valor. [1]

Taiichi Ohno (1912-1990), el ejecutivo de Toyota precursor del “Sistema de Producción Toyota” (TPS por sus siglas en inglés), identificó los 7 tipos de desperdicios en los que un sistema de producción podría incurrir, los cuales son:

1. Desperdicio de sobreproducción.- Producir artículos y componentes que no están proyectados para uso inmediato o venta inmediata.
2. Desperdicio de espera.- Tiempo ocioso entre operaciones o durante una operación debido a material faltante, líneas no balanceadas, errores del programa de producción, etc.
3. Desperdicio de transporte.- Transporte de materiales de un lugar a otro sin ningún propósito.
4. Desperdicio de proceso.- Hacer pasar el producto por pasos del proceso que realmente no son necesarios.
5. Desperdicio de inventario.- Tener más existencias de lo necesario en forma de materias primas, producto en proceso o producto terminado.
6. Desperdicio de movimientos.- Cualquier movimiento del personal que no es necesario para completar una operación en forma satisfactoria.
7. Desperdicio de defectos.- Producir bienes defectuosos que requieren ser desechados o reprocesados.

Posteriormente James Womack y Daniel T. Jones, identificaron un octavo tipo de desperdicio: Producir bienes o servicios que no cumplen con las expectativas del cliente.

El pensamiento esbelto (Lean Thinking) es un antídoto poderoso para utilizar en contra del desperdicio. El pensamiento esbelto provee un camino para especificar lo que es valor, alinear las acciones que crean valor en la mejor secuencia, conducir estas actividades sin interrupción en el momento en que cualquiera las requiera y desarrollarlas en forma más y más efectiva.

En resumen, el pensamiento esbelto es “esbelto” porque provee un camino para hacer más y más con menos y menos –menos esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo y menos espacio- mientras se llega más y más cerca a suministrar a los clientes exactamente lo que ellos buscan.

El proceso de implementación

Para implementar en una empresa el pensamiento esbelto, James Womack define un proceso de 5 pasos:

- 1) Especificar valor
- 2) Identificar la cadena de valor
- 3) Hacer fluir continuamente los productos a través de la cadena de valor
- 4) Dejar que el cliente “jale” el producto, en lugar de empujar el producto hacia el cliente
- 5) Buscar la perfección

CAPITULO 7

PASO 1: ESPECIFICAR VALOR

La Definición de “Valor”

El punto de partida crítico del pensamiento esbelto es el valor. El valor puede ser definido únicamente por el cliente final. Y además es significativo solamente cuando es expresado en términos de un producto específico (un bien, un servicio o ambos) que cumple con las necesidades del cliente a un precio específico y en un tiempo específico. [1]

¿Por qué es tan difícil dar una correcta definición de valor? Parcialmente, porque muchos productores quieren hacer lo que ellos están actualmente haciendo y muchos clientes solamente saben como solicitar alguna variable de lo que actualmente tienen. Simplemente, parten de un lugar equivocado y llegan a un destino equivocado. Entonces, cuando fabricantes o clientes deciden replantear su definición de valor, a menudo caen en formulas simples -menores costos, incrementar la variedad de productos a través de la personalización, entregas instantáneas-, en lugar de analizar conjuntamente el significado de valor y desafiar las antiguas definiciones para concluir que es lo que en realidad se necesita.

Otra razón por la cual las firmas encuentran difícil definir correctamente el significado de valor es que la creación del producto final a menudo fluye a través de varias firmas y cada una tiende a definir valor en un diferente sentido para satisfacer su propia necesidad. Es decir, cada una puede estar apropiadamente especializada para su tarea, pero cada una suministra un producto parcial y solo ven hacia su propia “eficiencia” operacional, mientras nadie está viendo el producto completo a través de los ojos del cliente.

Si tomamos unos momentos para reflejar en casi cualquier “producto” –un bien, un servicio, o mejor aún una combinación de ambos- comenzaremos a ver el mismo problema de encontrar el camino adecuado para definirlo. Hacer esto, generalmente requerirá que los fabricantes hablen con sus clientes en nuevas formas, y para todas las firmas a través de la cadena de valor hablar con cada una de las otras en nuevas formas.

Es vital que los productores acepten el reto de la redefinición, porque esto es a menudo la clave para encontrar más clientes, y la habilidad de encontrar más clientes e incrementar las ventas muy rápidamente es crítico para el éxito de la manufactura esbelta. Esto último es debido a que las organizaciones esbeltas, están siempre liberando montos substanciales de recursos. Si quieren defender a sus empleados y encontrar la mejor utilización económica de sus talentos al momento que estos quedan excluidos de un nuevo esquema, necesitan incrementar sus ventas cuanto antes.

Una vez que se ha hecho la redefinición de valor, las empresas esbeltas deben constantemente revisar esta definición con sus equipos de productos para cuestionar si se ha obtenido realmente la mejor respuesta.

El Costo Objetivo

La más importante tarea al especificar valor, una vez que el producto está definido, es determinar el costo objetivo basado en el monto de recursos y esfuerzo requeridos para hacer un producto con especificaciones y capacidades determinadas si toda la muda actual visible fuera removida del proceso. [3] Hacer esto es la clave para exprimir hacia afuera todos los desperdicios.

Las firmas convencionales determinan sus objetivos de precios de venta, basados en lo que ellos creen que el mercado debería pagar. Entonces trabajan hacia atrás para determinar los costos de producción aceptables que les asegure un adecuado margen de utilidades. Este proceso, lo siguen cada vez que comienzan a desarrollar un nuevo producto.

¿Cuál es la diferencia aquí? Que las empresas esbeltas observan los paquetes de precios y beneficios ofrecidos por las firmas convencionales, y entonces preguntan que tanto costo podrían eliminar mediante la aplicación de técnicas de manufactura esbelta. La pregunta clave es ¿cuál es el costo de este producto libre de muda, una vez que los pasos innecesarios son eliminados y el valor se ha hecho fluir? Esto se convierte en el costo objetivo para el desarrollo, venta y actividades de producción necesarias para este producto.

La administración está constantemente bajo la presión de los mercados por reducir precios y tiempos de entrega y, al mismo tiempo, mantener la más alta calidad. El pensamiento tradicional dice que el precio de venta se determina calculando los costos y añadiendo un margen de utilidad, mediante la fórmula:

Costo + Utilidad = Precio de Venta

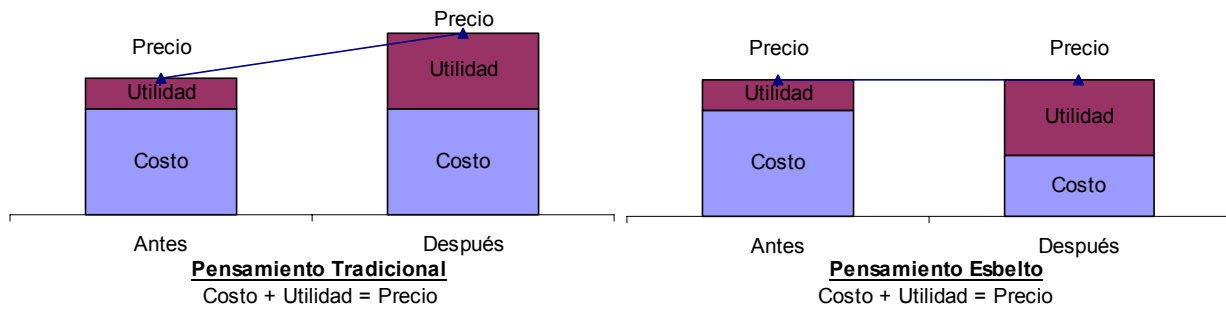
Pero en el ambiente económico actual esto representa un problema. El mercado es tan competitivo, que siempre hay alguien listo para tomar el lugar de su competidor. El cliente puede frecuentemente fijar el precio y el productor no puede darse el lujo de añadir un margen de ganancia.

Bajo estas circunstancias, la única forma de mantener la rentabilidad es eliminando los desperdicios de la cadena de valor con el fin de reducir los costos. Este es el principio de reducción de costos.

Este principio, consiste en determinar el precio que el cliente está dispuesto a pagar y restarle el costo de producción, para así determinar cual será la utilidad después de ventas. La nueva fórmula es:

Precio de Venta – Costo = Utilidad

Gráficamente, la figura 7.1 nos muestra cual es la diferencia entre el pensamiento tradicional y el pensamiento esbelto.



Una vez que es fijado el costo objetivo para un producto específico, la nueva necesidad es examinar cada paso en la cadena de valor para el desarrollo del producto, ventas y producción (esto último es llamado operaciones en el caso de un servicio como seguros o transportación).

CAPITULO 8

PASO 2: IDENTIFICAR LA CADENA DE VALOR

Definición de la Cadena de Valor

Las compañías manufactureras sobreviven porque transforman materia prima en un producto terminado que su cliente valora. [3] El proceso transforma el material en productos, las operaciones son las acciones (cortar, calentar, soldar, ensamblar, etc.) que cumplen esas transformaciones.

Las operaciones son consideradas los elementos del proceso que agregan valor, sin embargo los procesos también incluyen elementos que no agregan valor. Una cadena de valor consiste en todo aquello –incluyendo actividades de no valor agregado- que hacen posible el proceso de transformación:

- Toda la comunicación a través de la cadena de valor referente a órdenes y pronósticos.
- Transporte y manejo de materiales
- Planeación y programación de la producción
- La red de proceso y operaciones a través de los cuales los materiales y la información fluyen en tiempo y espacio al tiempo que son transformados

Dentro de una organización, hay muchas cadenas de valor, así como hay muchos ríos que fluyen hacia un océano. La administración de dichas cadenas de valor, ayudan a sistemáticamente identificar y eliminar los elementos que no agregan valor de las mismas.

Los clientes, a menudo definen cuales son las cadenas de valor. Si se están fabricando partes similares para cierta variedad de clientes (por ejemplo, espejos traseros para Toyota, Ford, y Chrysler), cada una de ellas con teniendo especificaciones únicas, entonces tendremos tres familias de productos, cada una con su propia cadena de valor.

Identificar la cadena de valor completa para cada producto (y en algunos casos para cada familia de productos), es el siguiente paso en el pensamiento esbelto, un paso que las firmas rara vez han intentado pero que casi siempre expone que existen enormes cantidades de desperdicio. [1]

Específicamente, el análisis de la cadena de valor mostrará siempre que existen tres tipos de acciones que ocurren a través de la cadena de valor:

- 1) Acciones que crean valor desde la percepción del cliente. Ejemplo: soldar los tubos de una bicicleta, volar dentro de un avión hacia el destino final.

- 2) Actividades que no crean valor, pero son actualmente requeridas para el desarrollo del producto, llenado de órdenes o sistema de producción. A estos pasos les llamaremos desperdicio tipo 1. Ejemplo: inspeccionar una soldadura para asegurar la calidad de la misma, hacer escala en un aeropuerto.
- 3) Acciones que no crean valor desde la percepción del cliente y que pueden ser eliminadas en forma inmediata. A estos pasos les llamaremos desperdicio tipo 2.

Una vez que este tercer grupo de acciones ha sido eliminado, hay que trabajar para eliminar o disminuir las acciones remanentes que no crean valor a través de uso de los pasos de flujo, jalar producción y perfección que describiremos más adelante.

Alcance de la Cadena de Valor

Hay numerosas formas de determinar el alcance de la la cadena de valor, algunas de las más comunes son: [3]

- Definir las actividades y el tiempo que toman las mismas desde la concepción del producto hasta su lanzamiento.
- Definir las actividades y la medición del tiempo desde la recepción de materia prima hasta el embarque del producto terminado hacia el cliente.
- Definir las actividades que tiene lugar desde el tiempo en que una orden de compra es colocada hasta que se recibe el pago por la entrega del producto terminado.

Debido a que el mapa de la cadena de valor es una representación de material e información que fluye para una familia de productos, es indispensable como herramienta para visualización para administrar las mejoras al proceso. Para mejorar un proceso, es necesario primero observarlo y entenderlo. El mapeo del proceso nos da una fotografía clara de los desperdicios que inhiben el flujo. Eliminar los desperdicios hace posible reducir el tiempo de ciclo total del proceso, lo cual, a su vez nos ayudará a consistentemente satisfacer la demanda del cliente.

CAPÍTULO 9

PASO 3: LA PRODUCCIÓN EN FLUJO

Producción en lotes y Acumulación de Inventarios

Una vez que el valor ha sido claramente especificado, la cadena de valor para un producto en específico ha sido totalmente mapeado y, los pasos que evidentemente son desperdicio han sido eliminados, es tiempo para el próximo paso en el pensamiento esbelto: hacer fluir los pasos creadores de valor remanentes. [1] Sin embargo, por favor esté consciente de que este paso requiere una total revolución en nuestro proceso mental.

Todos nacimos en un mundo mental de “funciones” y “departamentos”, una convicción de sentido común de que las actividades deben ser agrupadas por grupo de manera que puedan ser desarrolladas en forma más eficiente y administradas más fácilmente. En adición, para tener las tareas hechas en forma más eficiente entre departamentos, al parecer es más allá del sentido común el ejecutar estas actividades en lotes: “en el departamento de quejas, ejecute todas las quejas A, después las quejas B, después las quejas C. En el departamento de pintura, pinte todas las piezas verdes, después cambie a las piezas rojas, y después haga las moradas”.

Los lotes, siempre significan una larga espera mientras el producto espera pacientemente que el departamento haga el cambio hacia el tipo de actividad que el producto necesita. Sin embargo, este enfoque mantiene a todos los miembros del departamento ocupados, todo el equipo funcionando duramente y justifica equipo dedicado de alta velocidad. Aunque todo esto aparentemente es eficiente, la realidad es que no lo es.

La producción en grandes lotes desde hace mucho tiempo dio paso a la era de la amplia variedad de productos en pequeños lotes, pero algunos fabricantes aún no han captado este hecho. [4] He aquí una lista de algunas de las razones por las cuales el inventario suele acumularse utilizando la producción en lotes y/o los programas de producción tradicionales:

1. Los materiales circulan a gran velocidad por los “rápidos” de los procesos de gran capacidad, pero se estancan al llegar a los procesos de menor capacidad.
2. Es común que en algunos procesos como pintura y lavado, se empleen grandes equipos para procesar materiales que vienen de distintos procesos. Naturalmente, los materiales de los procesos procedentes se acumulan antes de procesarse en un equipo de grandes dimensiones.
3. A la salida de los procesos mencionados en la razón 2, cada material debe esperar a ser enviado a uno de los diversos procesos subsecuentes, una vez que han sido procesados en el “gran equipo”

4. Es común que un solo operario esté operando distintas máquinas y, en estos casos, el inventario en proceso tiende a apilarse ante cada máquina hasta que el operario puede procesarlo. Dicho de otra forma, el inventario se acumula en cualquier lugar en donde el operario no esté disponible.
5. Debido a que los cambios de herramienta y ajustes de maquinaria son un trabajo muy arduo, los operarios prefieren producir en grandes lotes para hacer menos cambios. Como consecuencia de esto, el inventario se acumula a la entrada de los procesos que requieren este tipo de cambios.
6. En las fábricas que tienden a cumplir con programas mensuales, usualmente tienen “operaciones frenéticas de fin de mes” en las cuales se pide la presencia de trabajadores de un departamento en otro departamento para así poder “cumplir con el programa”. Esto lleva a que el inventario en proceso se acumule a mediados de mes, el cual está alineado para su “procesamiento final” durante el período de las prisas finales.
7. Las fábricas tienden a almacenar inventario “por si acaso” hay un cambio súbito en el programa de producción.

Por lo tanto hay una amplia variedad de razones por las cuales el inventario tiende a acumularse en las fábricas y en toda la compañía. Al menos que los diversos departamentos de la compañía se decidan a hacerle frente a estas razones, los inventarios continuarán acumulándose debilitando la fortaleza de la misma.

Razones para eliminar el Inventario

Ahora bien, ¿Es malo el inventario?

La mayoría de las compañías occidentales ven el inventario como un “mal necesario” para hacer frente a los incrementos súbitos en las ventas, pero empieza a parecerles un mal cuando las ventas disminuyen. De esta manera, lo que se ve como un “mal necesario” el día de hoy, se ve como un mal mañana.

Las compañías japonesas enfatizan el carácter maligno del inventario y a menudo lo denominan el “cementerio de la compañía”. Los directores japoneses tienden a contemplar el inventario como la raíz de muchos males y la causa probable de pobre rendimiento en cualquier actividad de negocios.

Pero, ¿por qué considerar malo el inventario? Hay varias razones:

1. El inventario implica una carga de intereses, ya que mantiene congelada una cantidad de capital (como activos circulantes) que de otro modo podrían convertirse en beneficio.

2. El inventario en existencia tiene que administrarse y mantenerse, lo cual añade costos operativos por concepto de almacenajes, seguros, tasas de utilización de espacio, etc.
3. Cuando existe inventario en exceso, los elementos que no se mueven terminan deteriorándose o haciéndose obsoletos con el tiempo. Estos materiales, posteriormente, hay que seguirlos manteniendo debido a que su obsolescencia los ha hecho inútiles o se liquidan a precios de saldo. Ambas posibilidades recortan la rentabilidad.
4. El inventario requiere cierta cantidad de espacio, lo que conduce a construir más estantes y nuevos almacenes.
5. El inventario causa operaciones que son desperdicio, ya que siempre crea retenciones de artículos, que a la postre requerirán transporte (que no agrega valor) y almacenaje que a su vez requiere de buscar y retirar artículos, colocarlos, contarlos y moverlos; todas ellas, actividades que no agregan valor.
6. Las operaciones de almacenamiento necesitan administrarse, de manera que la organización necesita poder rastrear los artículos que se reciben en el almacén, los que salen del almacén y la cantidad actual de cada artículo en el almacén.
7. Hay organizaciones que compran por anticipado materiales y piezas que no necesariamente encajan con lo que los clientes requieren en sus pedidos.
8. Construir, operar y administrar almacenes significa un mayor costo de energía de equipo eléctrico, neumático e hidráulico.

Adicional a estas 8 razones, hay otra razón muy poderosa por la cual es malo el inventario: las grandes existencias de inventario en proceso ayudan a encubrir toda clase de problemas en una compañía.

Mantener una larga existencia de productos terminados en el almacén, permite a la compañía satisfacer su demanda de productos sin tener que resolver el problema de los largos tiempos de ciclo o espera. También ayuda a no tener que afrontar los cambios de programación sin cuestionarse seriamente porque se producen.

Los almacenes repletos de materia prima, pueden también ayudar a cubrir los desfases de la producción por paros en el equipo sin tener que tomar acciones preventivas para cubrir el problema. Igualmente, tener mucho inventario en proceso ayuda a poder fácilmente reemplazar un producto defectuoso por uno bueno sin tener que afrontar el porque se están produciendo defectos.

El cambio de Producción en Lotes a Producción en Flujo

Para poder eliminar todos estos problemas de acumulación excesiva de inventarios en proceso, se requiere cambiar de la producción en lotes a la

producción en flujo. Podemos contemplar de varios modos la diferencia entre producción en lotes y producción en flujo. Veámoslas a fondo:

Diferencia 1: El enfoque de proceso

La producción en lotes emplea grandes grupos de piezas de trabajo en cada estación de proceso. Estos grupos (lotes) se retienen en el punto de proceso hasta que se completan todas las unidades del lote. En la producción en flujo, una vez que se ha terminado cada pieza de trabajo, se envía al proceso siguiente para ser procesada en forma inmediata.

Diferencia 2: El “layout” de equipo

En la producción en lotes, el “layout” de equipo usualmente consiste en que el equipo está agrupado en filas de máquinas (o grupos) que sirven la misma función. Este es el tipo “job shop” de “layout” del equipo. Como la producción en flujo significa procesar y trasladar solamente una pieza a la vez, debe requerirse muy poca manipulación de material o preferentemente ninguno. Es por eso que el equipo se coloca de acuerdo a la secuencia precisa para el producto que se hace. Se denomina “flow shop” a los “layout” de los talleres de producción en flujo.

Diferencia 3: Enfoque de la racionalización.

En los “job shop” convencionales, la racionalización a menudo significa incrementar el número de unidades del equipo operadas por un trabajador. Por ejemplo, asignarle tres prensas a un trabajador que anteriormente estaba operando dos. En un “flow shop” no podemos hacer algo semejante, ya que significaría interrumpir el flujo de pieza a pieza o entre proceso y proceso. En vez de esto, los trabajadores aprenden a operar varias clases diferentes de equipos correspondientes a los diferentes procesos a lo largo de la línea. Denominamos a esto “operaciones multiproceso”.

Diferencia 4: Operarios

No importa cuántas unidades opere cada trabajador en un “job shop” convencional, el trabajador maneja un conjunto singular de habilidades como operario de prensas u operario de tornos. En los “flow shops” los trabajadores aprenden diversos conjuntos de habilidades para operar series de procesos diferentes.

Diferencia 5: Inventario en proceso

En un sistema de producción en lotes, el inventario en proceso encuentra como lotes retenidos entre procesos y entre máquinas. En la producción en flujo, raramente sucede esto.

Diferencia 6: Plazo de fabricación

La producción en lotes tiende a crear largos plazos de fabricación como consecuencia de las muchas veces que se retienen los lotes esperando que se termine el proceso del lote anterior o para que se termine de procesar el resto del mismo lote. Cuando en la producción en flujo se mantienen las piezas de trabajo

fluyendo todo el tiempo hasta el proceso final, el plazo puede reducirse hasta la simple suma de los tiempos de proceso.

Diferencia 7: Equipo

Los directores de las fábricas de producción en lotes buscan incrementar las operaciones vía una mayor velocidad, lo cual requiere máquinas de propósito general que puedan procesar rápidamente varios tipos de piezas de trabajo. Sin embargo, estas máquinas de propósito general suelen ser grandes y caras; además de que los directores de estas fábricas suelen inclinarse hacia una alta tasa de utilización de la capacidad produciendo más y más productos. Y esto lleva a que la fábrica sea un ente interesado más en su equipo que en sus clientes.

La producción en flujo adopta un enfoque casi completamente opuesto enfatizando un flujo regular de producción desde el proceso de los materiales hasta el montaje del producto final. Hay un claro ritmo global en la producción y los intervalos de este ritmo se fijan por los pedidos de los clientes. La producción debe ser lo suficientemente lenta para permanecer en el ritmo del flujo global y cada máquina debe ser una máquina especializada que enfatice la calidad sobre la velocidad.

La siguiente es una lista de las ocho condiciones que se deben establecer para lograr la transición de la producción en lotes a la producción en flujo.

a) Condición 1: Flujo de una sola pieza.

Esta es la más básica de las ocho condiciones, de hecho, es aquí en donde la producción en flujo comienza y termina. El flujo pieza a pieza se refiere a la condición en que cada pieza de trabajo debe procesarse e inmediatamente pasarse a lo largo de la línea de producción, y esto incluye el montaje de los sub-ensambles. El flujo de una sola pieza puede resumirse en una premisa simple: "mover uno, hacer uno". [3]

El procesamiento en flujo continuo significa producir o transportar productos conforme a tres principios clave:

- Solo lo que se necesita
- Justo cuando se necesita
- En el monto exacto que se necesita

Sería ideal tener flujo continuo en todo lugar, pero las operaciones encadenadas se complican por los problemas que cada operación pudiera tener con:

- Tiempos de entrega
- Paros por fallas
- Cambios de utilería

Otros obstáculos que pueden obstruir el flujo continuo son los pobres layout de planta y la variación de velocidades entre procesos.

b) Condición 2: Establecer celdas de trabajo.

En el rediseño del “layout” del equipo, el objetivo debe ser minimizar el transporte o, mejor aún, eliminarlo. [4] En un sistema de flujo continuo, los artículos producidos deben avanzar pieza por pieza o en lotes muy pequeños a través de todo el sistema de manufactura. [3] El equipo NO debe ser agrupado por categorías como estampado, soldadura, maquinado, pintura, etc., sino de modo que minimice los desperdicios por transporte y sostenga el flujo continuo.

Una forma de alcanzar el flujo es reconfigurar operaciones en celdas de trabajo. Una celda de trabajo es una unidad auto-contenida que incluye varias operaciones de valor agregado. Las celdas ordenan equipo y personal en la misma secuencia del proceso e incluye todas las operaciones necesarias para completar un producto o una mayor secuencia de producción.

Algunos de los principios a seguir en la planeación del layout de celdas incluyen los siguientes:

- Acomodar los procesos en forma secuencial.
- Ajustar la celda para flujo a favor de las manecillas del reloj, ya que esto promueve el uso de la mano derecha para las actividades, mientras el trabajador se mueve a través de la celda.
- Posicionar las máquinas lo más cerca posible, y al mismo tiempo cuidar las consideraciones para material y movimiento de manos en un área más pequeña.
- Localizar la última operación cerca de la primera.
- Crear celdas en forma de U o C, o aún en forma de L, S o V, dependiendo del equipo, restricciones y disponibilidad de recursos.

Es importante tener en cuenta la demanda y mezcla de productos cuando se diseña el layout de una celda. La celda debe ser capaz de adaptarse a los cambios en la demanda del cliente.

c) Condición 3: Sincronización mediante balanceo de líneas.

A menos que tengamos un ritmo o cadencia común en todos los procesos, las piezas de trabajo se acumularán en los procesos más lentos y el flujo se “remansará”. [4] Sincronización significa mantener el mismo ritmo o cadencia en los diversos procesos, en un análisis final, el ritmo debe determinarse (en minutos y segundos) por la cantidad de pedidos de los clientes.

Típicamente, algunas operaciones toman más tiempo que otras, dejando operadores con nada que hacer mientras esperan por la siguiente pieza. [3] Por

otra parte, algunas operaciones pueden necesitar más de un operador. El balanceo de líneas es el proceso mediante el cual se distribuyen los elementos de trabajo dentro de una cadena de valor con el fin de satisfacer el tiempo de ritmo para satisfacer la demanda o “Takt Time”.

El balanceo de líneas ayuda a optimizar el uso de personal, balanceando las cargas de trabajo de manera que nadie este haciendo mucho trabajo o poco trabajo. Es importante tener en cuenta que la demanda del cliente puede fluctuar, y los cambios en el takt time a menudo hacen necesario re-balancear la línea.

El balanceo de líneas comienza con un análisis del estado actual, la mejor herramienta para hacer esta tarea es la gráfica de balance por operador. Esta gráfica es un despliegue visual de los elementos de trabajo, requerimientos de tiempo y operadores en cada estación de trabajo. Es utilizada para mostrar oportunidades de mejora mediante el despliegue visual de los tiempos de cada operación en relación con el Takt Time y el Tiempo de Ciclo Total.

Los pasos para crear una gráfica de balance por operador son los siguientes:

1. Determinar los tiempos de procesamiento actuales y los elementos asignados al trabajo. Por ejemplo, considere el proceso de la figura 9.1, el cual tiene 5 operaciones (A-E), cuatro operadores, un tiempo de ciclo de 60 segundos, y un tiempo de ciclo total de 202 segundos en una línea cuyo tiempo de producción disponible en el día es de 25,200 segundos y requiere satisfacer una demanda de 420 piezas diarias:

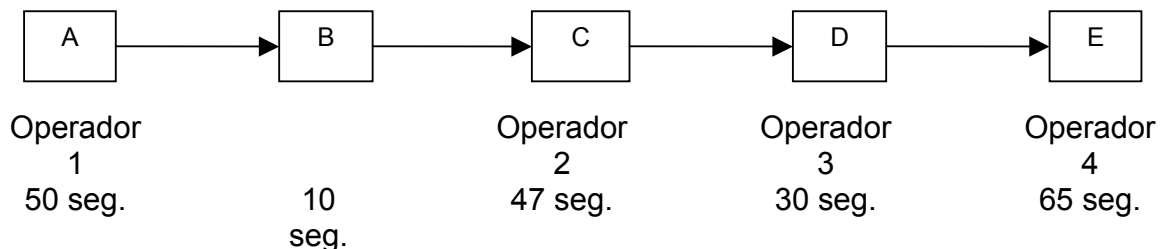


Figura 9.1

El Takt Time en el proceso anterior está dado por la ecuación:

$$\text{TaktTime} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Partes requeridas}} = \frac{25,200 \text{ segundos}}{420 \text{ partes}} = 60 \text{ segundos/parte}$$

2. Crear una gráfica de barras que nos dé una mejor representación visual de las condiciones en que se está operando. En este caso, la gráfica de barras (Figura 9.2) muestra claramente que la línea esta desbalanceada y en donde esta ocurriendo tal desbalance.

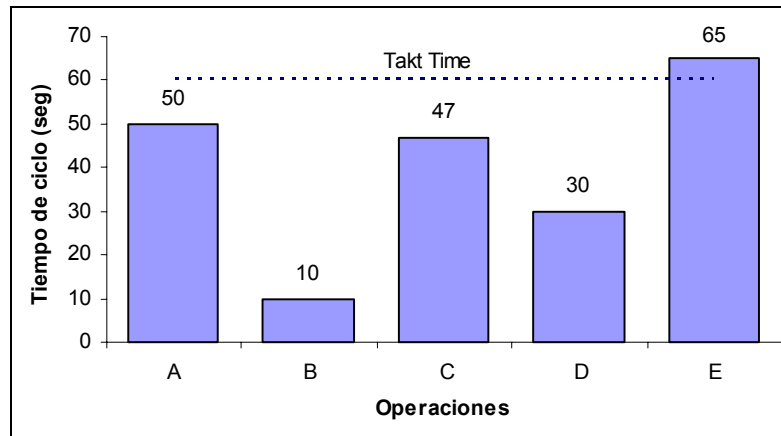


Figura 9.2

- Determinar el número de operadores necesarios, dividiendo el tiempo de ciclo total del producto entre el Takt Time.

$$\# \text{ operadores} = \frac{202 \text{ (tiempo de ciclo total)}}{60 \text{ (takt time)}} = 3.36$$

Un requerimiento de 3.36 significa que no se tiene actualmente suficiente trabajo para mantener ocupados a 4 trabajadores, pero es actualmente más trabajo del que 3 personas pueden llevar a cabo. Aunque esto representa en la actualidad un problema, también representa un punto de partida para el objetivo de mejora en el estado futuro.

Si se puede eliminar suficiente desperdicio en el proceso, de manera que se requieran solamente tres operadores, se reducirá el costo por mano de obra directa y este cuarto trabajador estará disponible para desarrollarlo en otra operación.

Una solución factible puede ser combinar las operaciones A con B y C con D, simplificando las nuevas operaciones combinadas de forma que una sola persona pueda llevar a cabo cada uno de los tres subprocesos (A-B, C-D y E) en 60 segundos o menos; lo cual nos daría, además, una reducción en tiempo de ciclo total, el cual disminuiría de 202 a 180 segundos. En la gráfica de la figura 9.3 se muestra la propuesta del estado futuro.

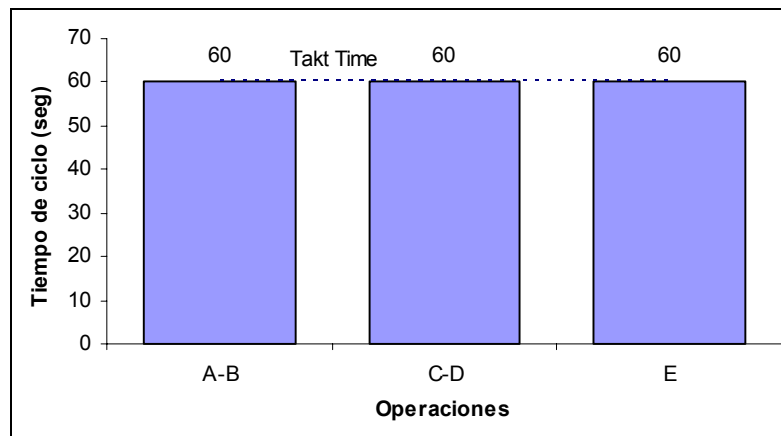


Figura 9.3

Una vez fijado el objetivo, hay que concentrar los esfuerzos en alcanzarlo mediante planes de mejora que incluyan la eliminación de tareas que no agreguen valor y mediante la implementación del trabajo estandarizado, que es otra de las condiciones que se requiere establecer para lograr la producción en flujo. A continuación entraremos en detalle sobre lo que se requiere para establecer esta condición.

d) *Condición 4: Trabajo estandarizado*

Para que exista un flujo consistente dentro de la cadena de valor, los trabajadores deben tener la capacidad de producir en el Takt Time definido y alcanzar tiempos de ciclo consistentes para sus elementos de trabajo asignados. [3] No se quiere un trabajador ejecutando su trabajo en 45 segundos y otro compañero suyo ejecutando el mismo trabajo en 60 segundos. Lo que se pretende es estandarizar el tiempo de ciclo de 45 segundos y asegurar que todos los operarios cumplan con dicho tiempo de ciclo haciendo el mismo trabajo de la misma manera. Esto se cumple mediante la implementación del trabajo estandarizado.

El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establecen el mejor método y secuencia para cada proceso de manufactura y ensamble. Se puede utilizar una hoja de trabajo estándar que ilustre la secuencia de operaciones dentro de un proceso, incluyendo los tiempos de ciclo de operaciones. Esta hoja debe ser localizada en el área de trabajo.

El trabajo estandarizado provee una base para tener consistentemente altos niveles de productividad, calidad y seguridad. Los empleados desarrollan ideas de “kaizen” para continuamente mejorar estos tres aspectos.

e) *Condición 5: Cambio rápido de herramientas*

Cuando ya se estableció el Takt Time, se crearon celdas de trabajo y se implementó el trabajo estandarizado, es probable que se quiera incrementar la variedad de productos fluyendo a través de las celdas. [3] Dicha flexibilidad, requiere cambios de herramientas que no interrumpan el flujo continuo. El medio para alcanzar esta meta es el método de cambio rápido de herramientas. Este método se origina de una metodología llamada “Cambio de Troquel en un Minuto” (SMED por sus siglas en Inglés) que fue desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en Toyota.

El SMED (Single Minute Exchange of Die) es una teoría y conjunto de técnicas que hace posible ajustar o cambiar equipos en menos de 10 minutos. El SMED inicia a través de un análisis de los procedimientos de ajuste actuales. Se aplica en tres pasos secuenciales:

1. Distinguir entre actividades de ajuste internas, las cuales pueden ejecutarse solamente cuando la máquina está detenida, y actividades de ajuste externas, las cuales pueden hacerse mientras la máquina está operando.
2. Convertir actividades internas en externas cuando sea posible y modificar el almacenamiento de partes y herramientas para así contribuir a mejorar las operaciones de ajuste externas.
3. Mejorar todas las actividades de ajuste mediante la implementación de actividades en paralelo (dividiendo el trabajo entre dos o más gentes), utilizando métodos de sujeción funcionales en lugar de tuercas, eliminando ajustes y mecanizando cuando sea necesario.

Con el simple hecho de aplicar las cosas obvias, como preparar y transportar herramientas y equipos mientras la máquina está aún en funcionamiento, a menudo se pueden recortar los tiempos de ajuste en un 50%.

f) *Condición 6: Mantenimiento Autónomo*

El mantenimiento autónomo es un elemento básico del mantenimiento productivo total (TPM por sus siglas en inglés). [3]

Se puede, comúnmente, prevenir fallas relacionadas con el equipo tales como descomposturas, pérdidas de velocidad, y defectos de calidad; mediante la identificación de las condiciones que llevan a esas fallas: lubricación inadecuada, desgaste excesivo provocado por contaminación con polvo o con desechos del proceso, tuercas flojas o faltantes y otro tipo de situaciones similares.

El mantenimiento autónomo se enfoca en mantener el equipo en óptimas condiciones para prevenir esas pérdidas. Esta técnica ha demostrado ser

especialmente efectiva en la reducción de averías de equipo y problemas de calidad que interrumpen el flujo continuo.

Los pasos del mantenimiento autónomo son los siguientes:

1. Limpiar e inspeccionar el equipo
2. Eliminar las fuentes de contaminación.
3. Lubricar componentes y establecer estándares para limpieza y lubricación.
4. Entrenar a los operadores en la inspección general de los subsistemas (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.)
5. Llevar a cabo inspecciones generales con regularidad.
6. Establecer administración y control del área de trabajo.
7. Desarrollar actividades de mejora.

g) Condición 6: Permanecer de pie mientras se trabaja.

Las ventajas de permanecer de pie mientras se trabaja son, que ayuda a hacer movimientos más fáciles, se ayudan unos a otros cuando sea necesario, corrección de operaciones no balanceadas, operaciones multiproceso, etc. [4]

h) Condición 7: Utilizar equipo compacto.

Debido a que no estamos produciendo en lotes, las máquinas no necesitan ser grandes. [4] Hay que intentar siempre emplear máquinas compactas que puedan arreglarse en la línea de una forma y re-arreglarse en cualquier momento y que por ser baratas no estimulen el llevar en forma innecesaria tasas de utilización.

Una vez establecidas estas condiciones, podemos decir que la producción en flujo ya está establecida, y estamos listos para el siguiente paso en un Sistema Esbelto de Manufactura: jalar la producción.

CAPITULO 10

PASO 4: JALAR LA PRODUCCIÓN

Antecedentes: La cruzada del MRP

A principios de los años 60's, muchas compañías estaban utilizando computadoras digitales para ejecutar rutinas en funciones de contabilidad. [2] Dada la complejidad y el tedio de la programación y control de inventarios, era natural el tratar de extender la computadora hacia estas funciones.

Uno de los primeros en experimentar en esta área fue IBM, en donde Joseph Orlicky y otros desarrollaron lo que sería conocido como "Planeación de Requerimientos de Materiales", que por sus siglas en inglés se denominó MRP (Materials Requirements Planning). Pese a que inicialmente su expansión fue lenta, poco a poco fue tomando un gran impulso, al grado de que el MRP se ha convertido en el principal paradigma del control de producción en los EU. Para 1989, las ventas de software de MRP y el soporte técnico para implementación excedieron los mil millones de USD.

Visión general del MRP

La función básica del MRP es la planeación del requerimiento de materiales. [2] Este sistema es utilizado para controlar las órdenes en el exterior y en el interior de la planta. Las órdenes del exterior son llamadas órdenes de compra, mientras que las órdenes en el interior son llamadas trabajos. El mayor enfoque del MRP es la planear trabajos y comprar órdenes para satisfacer la demanda de materiales generada por la demanda externa.

El MRP trabaja con dos dimensiones básicas del control de producción: cantidades y tiempos. El sistema debe determinar las cantidades adecuadas de producción de todos los tipos de artículos, desde productos terminados que son vendidos y los ensambles utilizados para hacer dichos productos, hasta las compras de materia prima.

El MRP trabaja con ambos productos terminados o productos finales y las partes que los constituyen, llamados artículos de nivel inferior. La relación entre estos artículos se describe en la estructura de materiales o BOM (Bill of Materials) como se muestra en la figura 10.1.

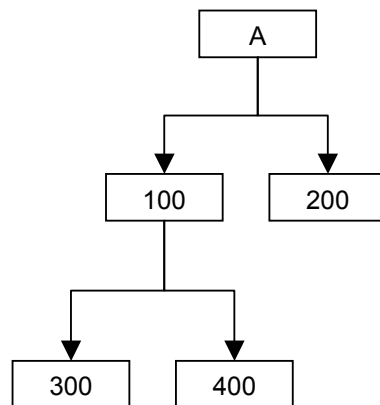


Figura 10.1

En adición a la información del BOM, el MRP requiere información del programa maestro de producción o MPS (master production schedule).

El procedimiento básico del MRP es simple. Para cada nivel en la estructura de materiales, comenzando con los productos finales, el MRP hace lo siguiente para cada parte:

1. **Redes.** Determina los requerimientos netos, sustrayendo el inventario en existencia y cualquier recibo de material programado de los requerimientos totales.
2. **Dimensionado de Lotes:** Divide la demanda neta en tamaños de lote adecuados para ejecutar los trabajos.
3. **Sincronización de Tiempos:** Ajusta las fechas de entrega de los productos con sus respectivos tiempos de procesamiento para determinar tiempos de arranque.
4. **Explosión de la estructura de materiales:** Utiliza los tiempos de arranque, tamaños de lotes y el BOM para generar los requerimientos en bruto para cada componente en el siguiente nivel.
5. **Iterar:** Repite los pasos anteriores hasta que todos los niveles sean procesados.

Las deficiencias del MRP

En sí, el MRP se adapta muy bien para su utilización en el control de compras de los componentes, sin embargo, en el control de la producción presenta algunas deficiencias como: [2]

Capacidad No viable. - El modelo de trabajo básico del MRP es una línea de producción con un tiempo de procesamiento fijo. Como ese tiempo de entrega no depende de cuanto trabajo hay en la planta, implícitamente asume que la línea tendrá capacidad sin importar la carga. En otras palabras, el sistema asume que

todas las líneas tienen capacidad infinita, lo cual puede crear problemas cuando se está trabajando con carga completa o cerca de ella.

Planeación de Tiempos de procesamiento largos.- Los problemas causados por la planeación de tiempos de procesamiento largos son fomentados por el hecho de que el MRP utiliza tiempos de procesamiento constantes cuando, en realidad, los tiempos reales de manufactura varían constantemente. Para compensar, el programa de producción elige típicamente estimaciones “pesimistas” de los tiempos de procesamiento.

Supongamos (por ejemplo) que el tiempo de ciclo promedio es de 3 semanas, con una desviación estándar de una semana; con el fin de mantener un buen nivel de servicio al cliente (cumplimiento con el plan) el tiempo de procesamiento planeado es ajustado a 5 semanas. Debido a que los tiempos de procesamiento reales son aleatorios, algunos de ellos demorarán menos de 3 semanas y otros más de ese tiempo. Si el comportamiento del tiempo de proceso sigue una distribución normal, el más probable tiempo de proceso será de 3 semanas con una acumulación de inventario de 2 semanas. El resultado de esto serán grandes montos de inventario.

“Nerviosidad” del Sistema.- Un pequeño cambio en el plan maestro de producción, provoca gran cambio en el plan de liberación de órdenes.

Planeación de Recursos para Manufactura: MRP II

Para atacar algunas de las deficiencias del MRP, se desarrollaron algunos procedimientos adicionales, los cuales fueron incorporados a un sistema más grande, conocido como MRP II. [2]

Más allá de simplemente atacar las deficiencias del MRP, el MRP II también incorporó otras funciones para hacer un sistema de administración de manufactura integrado adecuadamente. Las funciones adicionales incluyeron administración de la demanda, pronósticos, planeación de capacidad, programa maestro de producción, planeación de capacidad y requerimientos de capacidad, despacho y control de entradas y salidas.

El MRP II otorgó una estructura de control muy general que descompuso el problema de control de producción en una jerarquía basada en la escala de tiempo y la incorporación de productos. Sin esa visión jerárquica, sería virtualmente imposible atacar por completo el problema de coordinar miles de órdenes con miles de recursos para miles de productos terminados, hechos a su vez de miles de componentes.

La estructura jerárquica del MRP II se muestra brevemente en la figura 10.2

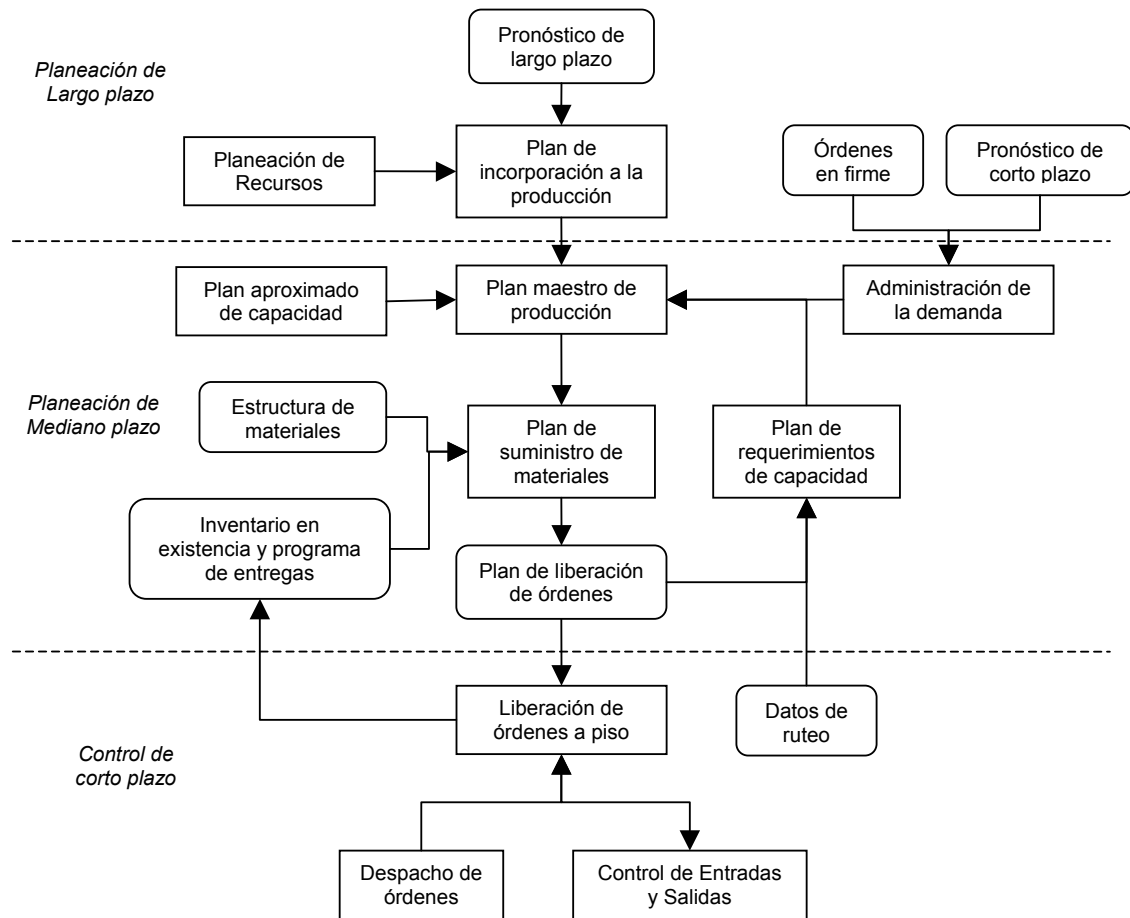


Figura 10.2

No obstante las importantes contribuciones del MRP y el MRP II al cuerpo del conocimiento de la manufactura, hay problemas fundamentales con el modelo básico que soporta estos sistemas (Por ejemplo, las suposiciones de capacidad infinita y tiempos de procesamiento fijos que continúan aún en los sistemas más sofisticados), aunque esto no significa que los sistemas de cómputo no sean útiles para la administración de la producción, vale la pena analizar los beneficios que nos ofrecen los sistemas de producción “Justo A tiempo” para atacar esta variabilidad.

La Revolución del Sistema de Producción “Justo a Tiempo” (JIT)

En los años 70's y 80's, mientras los productores americanos estaban abrazando la cruzada del MRP, en Japón ocurría un fenómeno totalmente diferente. [2] Los japoneses estaban desarrollando un distinto estilo de manufactura que daría el inicio a una era de gran crecimiento económico. Las técnicas de manufactura que están detrás del fenomenal éxito japonés han sido conocidas colectivamente como sistemas de producción “Justo a Tiempo” o “Just In Time” (JIT).

Las raíces del JIT indudablemente se extienden a través de la historia económica, cultura y situación geográfica del Japón. Debido a su historia de vivir con espacio y recursos limitados, los japoneses siempre se han inclinado hacia la conservación. Esto ha provocado que el estrecho control de materiales sea más fácilmente aceptado en Japón que en una sociedad acostumbrada a “tirar lo que sobra” como la Norteamericana.

El mayor reto del JIT desde el punto de vista de control de producción, es mantener un flujo de producción sin asperezas, y que a su vez pueda hacerle frente a una mezcla de productos variada. Además, para evitar desperdicios, esta condición debe cumplirse sin grandes montos de inventario.

Taiichi Ohno, el ejecutivo de la TOYOTA MOTOR COMPANY que aportó la mayoría de las ideas que soportan el JIT, le atribuye la idea de este sistema de producción al presidente de la compañía Toyoda Kiichiro, quien utilizó estas palabras para describir “el proceso de ensamble de automóviles ideal”. El modelo de Ohno para el JIT era el estilo norteamericano de un supermercado, el cual apareció en Japón a mediados de los años 50's.

En un supermercado, el cliente toma lo que necesita, en el momento que lo necesita, y en la cantidad que lo necesita. En la analogía de fábrica de Ohno, una estación de trabajo es un cliente que toma material de la estación de trabajo “río arriba”, la cual actúa como una especie de tienda. La diferencia es, que en un supermercado la mercancía es repuesta por la bodega o por entregas del proveedor en el punto de venta, mientras que en una fábrica las reposiciones de insumos requieren de la producción de la estación de trabajo inmediata anterior. La meta es tener a todas y cada una de las estaciones de trabajo adquiriendo materiales de las estaciones río arriba precisamente cuando los necesitan o JUSTO A TIEMPO.

Para cumplir esta meta, es necesario un ambiente de producción muy puro. [2] Quizás por la propensión de los japoneses a hablar metafóricamente, o quizás por la dificultad de traducir el japonés a otros idiomas (se traducen las palabras pero no el contexto cultural), esta necesidad ha sido establecida en términos de ideales absolutos. Por ejemplo, la principal meta del JIT es el producir con CERO INVENTARIOS. Y a su vez, las metas del JIT que son requeridas para alcanzar la meta de cero inventarios, son descritas en términos de siete ceros los cuales son:

1. Cero defectos
2. Cero exceso en tamaño de lotes
3. Cero tiempos de ajuste en máquinas y herramientas
4. Cero interrupciones
5. Cero manejo de materiales
6. Cero tiempo de procesamiento
7. Cero cambios súbitos de programación

No obstante los resultados que el JIT ha demostrado a través del tiempo, para poder implementar el JIT dentro de las fábricas es necesario destruir algunos mitos, debido a que los trabajadores y administradores tienden a crear una afinidad muy fuerte con el sistema o “modo de hacer las cosas” que ellos mismos han contribuido a crear a lo largo del tiempo. [4] En lo que a ellos concierne, ningún otro sistema es mejor que el actual y si hay alguna mejora “ellos ya la tienen identificada y están A PUNTO de implementarla”.

Sin embargo, esta producción JUSTO A TIEMPO sigue siendo uno de los dos principales pilares de la manufactura esbelta. [3] El JIT es sinónimo de producción de flujo continuo y la meta del mismo es suministrar a cada cliente productos de la más alta calidad mientras se cumple con una orden específica y requerimientos de entrega:

- Solo los productos que el cliente ordenó
- Justo en el tiempo en que los necesita
- En la cantidad EXACTA que los necesita

El alcance de esta meta atañe no solo a los productos terminados, sino a todos los materiales e insumos entregados al “cliente interno” dentro de la cadena de valor. El estado ideal del flujo continuo se caracteriza por tener la habilidad de reemplazar una pieza que ha sido “jalada” por el cliente. Para lograrlo, es necesario tener claramente establecidos además del mapa de la cadena de valor, la sincronización de las operaciones y el trabajo estandarizado (elementos que ya mencionamos con anterioridad); el *kanban* y el sistema de supermercado.

Kanban

En japonés, la palabra *kanban* significa “tarjeta”, “cartelera” o “señal”. [3]

El *kanban* es el corazón de un sistema de “jalar” producción. Los “*kanbanes*” son tarjetas adheridas a contenedores que almacenan tamaños de lote estándares. Cuando el inventario representado por una tarjeta es utilizado, la misma tarjeta es utilizada como señal indicadora de que se necesita más inventario. De esta forma, el inventario es suministrado solo cuando se requiere y en el monto que se requiere.

Los *kanbanes* administran el flujo de materiales dentro y fuera de los supermercados, líneas y estaciones de trabajo. También pueden ser utilizados para regular órdenes desde la fábrica hacia los proveedores. [3]

Hay varios tipos de *kanban*: [4]

- *Kanban de Proveedor*: Conocido también como “*kanban* de pedido de piezas”, se utiliza para pedir una gran variedad de piezas a entregar a las líneas de ensamble. A menudo estos *kanban* se envían a los proveedores externos que entregan las piezas bajo pedido.
- *Kanban de Fábrica*: Las líneas de ensamble utilizan también piezas que se procesan y entregan dentro de la propia fábrica. Los *kanban* de fábrica se utilizan para pedir estas piezas a los procesos anteriores. Se conocen también como “*kanban* de recogida” o “*kanban* de retirada”.
- *Kanban de Producción*: Los *kanban* de producción se utilizan para el inventario en proceso dentro de los procesos. Utilizable tanto en las líneas especializadas como en las no especializadas, el *kanban* de producción da instrucciones operativas a cada proceso que no requieren ningún tiempo (o prácticamente ninguno) de preparación.
- *Kanban de Señales*: Puede ser difícil trasladar algunos equipos directamente a la línea de producción debido a su alto costo que implica. Además, cuando hay cambios de modelos, los procedimientos de preparación para este tipo de equipos pueden consumir bastante tiempo. De hecho, los *kanban* de señales son comúnmente utilizados en procesos de producción en lotes.

Por último, cabe señalar que para que este sistema opere en forma apropiada hay 6 reglas que deben ser siempre respetadas: [3]

1. Las operaciones o estaciones río abajo retiran artículos de las operaciones o estaciones río arriba.
2. Las operaciones o estaciones río arriba producen y transportan solamente si una tarjeta de *kanban* está presente y solo en el número de partes que indique el *kanban*.
3. Las operaciones río arriba envían solamente producto 100% libre de defectos hacia las operaciones río abajo.
4. Establecer la nivelación de la producción para eliminar la variación en el flujo de los diferentes procesos y a su vez mantener una producción estable y uniforme.
5. Las tarjetas de *kanban* se mueven junto con el material para proveer control visual.
6. Continuamente intentar reducir el número de tarjetas de *kanban* en circulación para forzar mejoras.

CAPITULO 11

PASO 5: PERSEGUIR LA PERFECCIÓN

Un “Círculo Virtuoso”

Tan pronto como las organizaciones comienzan a especificar precisamente valor, identifican la totalidad de la cadena de valor, hacen que las etapas que crean valor para productos específicos fluyan en forma continua, y dejan al cliente jalar valor desde la empresa, comienza a suceder algo muy extraño. [1] Los que están involucrados en las mejoras, caen en la cuenta de que no tiene final el proceso de reducir esfuerzo, tiempo, espacio, costo y errores mientras se le ofrece al cliente un producto que es cada vez más aproximado a lo que el cliente en realidad desea.

Súbitamente, la perfección, el quinto y último principio del pensamiento esbelto ya no parece una idea descabellada.

¿Por que ocurre lo anterior? Debido a que los cuatro principios iniciales interactúan con cada uno de los otros en un círculo virtuoso. Al dejar que el valor fluya más rápidamente, quedan expuestos más desperdicios que estaban ocultos dentro de la cadena de valor. Y entre más severamente se jale la producción, más son los impedimentos al flujo continuo que se revelan y requieren ser eliminados.

Además, los equipos de producto dedicados, al estar en constante diálogo con los clientes siempre encuentran formas de especificar valor en forma más precisa y como consecuencia aprenden nuevas formas de incrementar el flujo y el jalar producción.

En adición a lo anterior, si bien la eliminación de muda algunas veces requiere nuevas tecnologías de proceso y nuevos conceptos de producto, las tecnologías y conceptos son a menudo sorprendentemente simples y listos para ser implementados en ese mismo instante.

Quizás el más importante incentivo hacia la perfección es la transparencia, pues en un sistema esbelto todos los miembros – subcontratistas, proveedores de materia prima, ensambladores, distribuidores, clientes y empleados – pueden ver todo y, por lo tanto, es más fácil descubrir mejores medios para crear valor.

El ambiente de la mejora continua

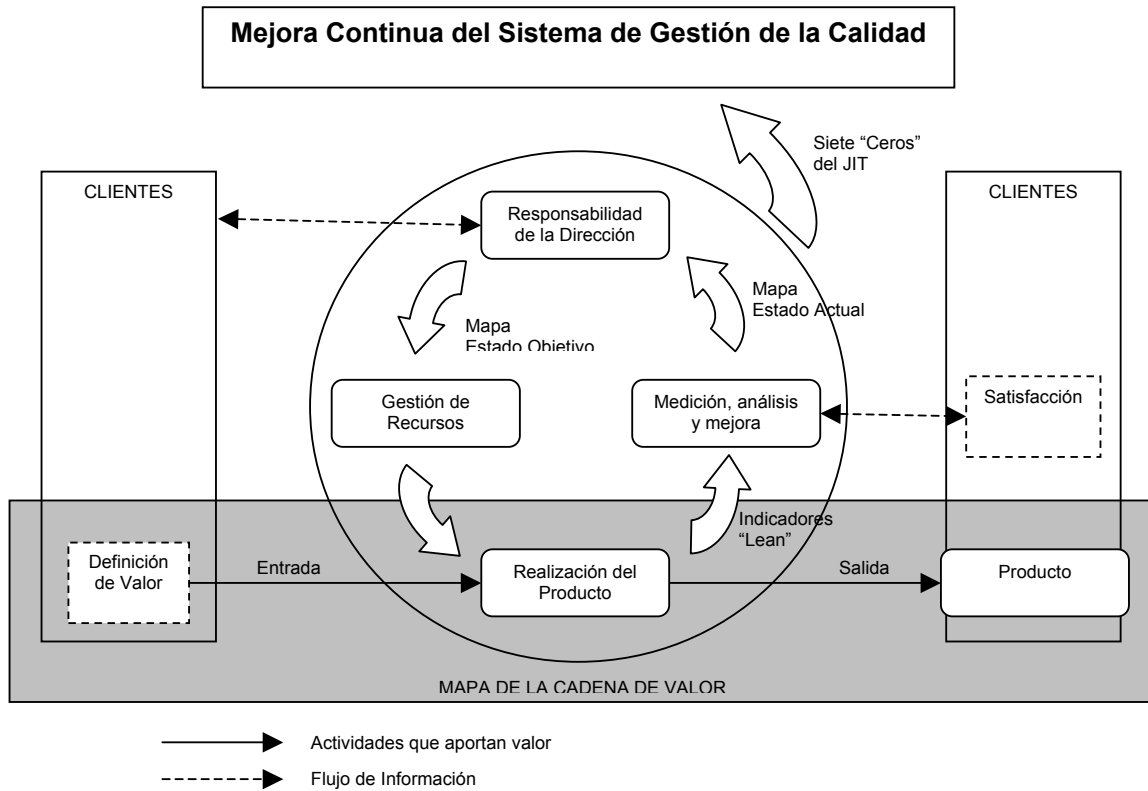
Tal y como se describió en la sección anterior, las 7 metas de un sistema de producción JIT son expresadas en términos de “siete ceros”. [2]

Obviamente, en la práctica ni estos siete ceros ni los cero inventarios son metas alcanzables. Cero tiempos de procesamiento sin inventario, literalmente significa producción instantánea lo cual es físicamente imposible.

El propósito de estas metas, de acuerdo a los proponentes del JIT que las utilizan es el inspirar un ambiente de mejora continua. No importa que tan bien esté operando el sistema de manufactura, siempre hay lugar para la mejora.

Por último, no hay que perder de vista que la mejora continua es una condición que toda organización necesita para sobrevivir.

Representación Esquemática



CAPITULO 12

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTO EN LOS REQUISITOS GENERALES Y DE DOCUMENTACION DE LA NORMA ISO 9001:2000

La necesidad de establecer un enfoque basado en procesos

La norma ISO 9001 promueve la adopción de un enfoque basado en procesos para desarrollar, implementar y mejorar la eficacia del sistema de gestión de la calidad. Al explorar lo que esta norma establece en el apartado 0.2 (Enfoque basado en procesos), define un proceso como:

Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados

Y respecto a las salidas de los procesos, más adelante menciona que:

Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso.

La figura 12.1, ilustra los vínculos entre los procesos presentados en los capítulos 4 a 8 de la norma.

Este modelo cubre todos los requisitos de la Norma Internacional, pero no refleja los procesos de una forma detallada.

¿Cómo establecer este enfoque de manera adecuada? Según la misma norma, en uno de los párrafos de la sección 0.2, indica que:

La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacciones de estos procesos, así como su gestión, puede denominarse como “enfoque basado en procesos”.

En esta norma internacional, los requisitos obligatorios que la organización debe cumplir se pueden identificar con la palabra “debe”, la cual es mencionada 94 veces a lo largo del documento.

Si leemos a detalle la sección 0.2, que es la que habla del enfoque basado en procesos, no encontramos la palabra debe, lo cual nos da una clara idea de que este enfoque no es obligatorio. Sin embargo, en este mismo apartado se nos menciona cuales son los beneficios que se pueden obtener si se adopta dicho enfoque:

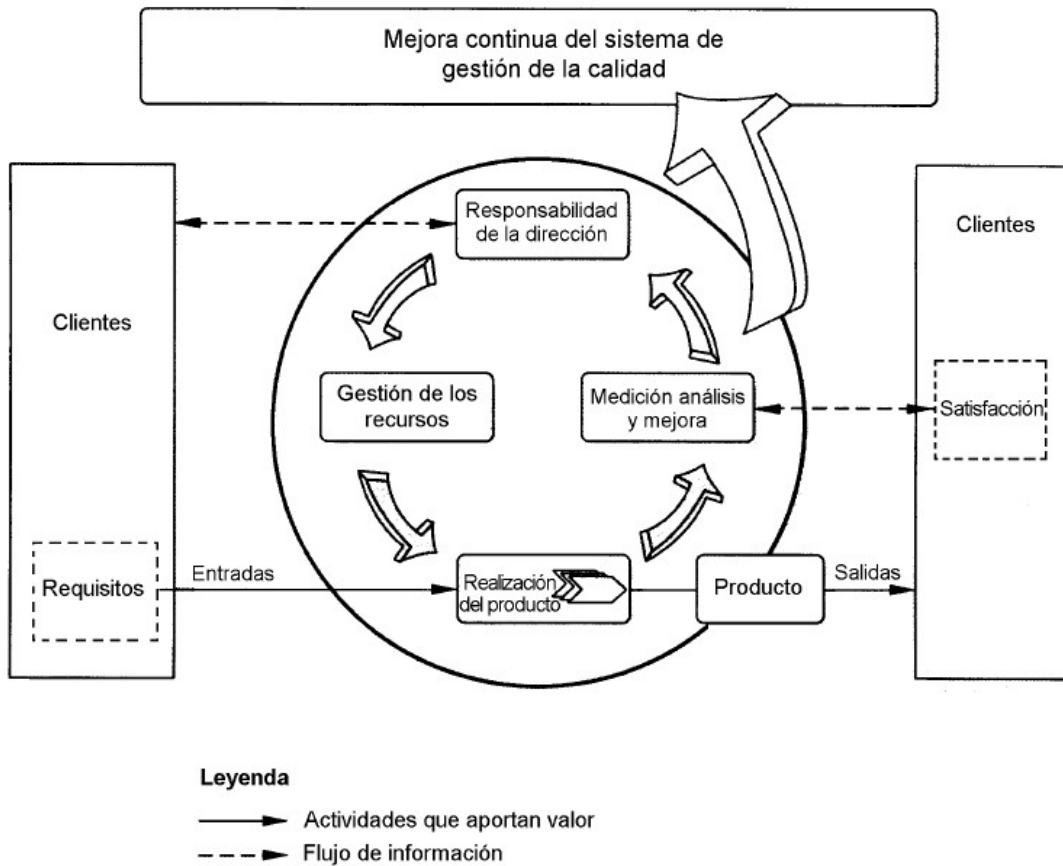


Figura 12.1

Un enfoque de este tipo, cuando se utiliza dentro de un sistema de gestión de la calidad, enfatiza la importancia de:

- a) la comprensión y el cumplimiento de los requisitos,
- b) la necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor,
- c) la obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso, y
- d) la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.

Es común que, para cumplir con este enfoque basado en procesos, las organizaciones opten por presentar un diagrama de flujo de los procesos que contribuyen a la calidad intrínseca del producto, y se olvidan de incluir en él actividades que no agregan valor y tiempos de espera que están presentes durante el proceso de transformación del producto.

Esto es debido a que la norma hace mucho énfasis en el cumplimiento de los requerimientos del cliente sin enfatizar que el tiempo de entrega es uno de ellos.

Sin embargo, este enfoque no es el más adecuado; ya que no podemos pretender que un cliente al que no se le cumplieron los plazos de entrega que él necesitaba (que no siempre son los que se establecieron contractualmente) es un cliente satisfecho.

Ahora bien, debido a que los requisitos de la norma son genéricos, se pretende que puedan ser aplicados a cualquier organización, independientemente de su tipo, tamaño y producto suministrado.

Requisitos Generales de la Norma

En el capítulo 4 de la Norma ISO 9001:2000, se establece que la organización debe DOCUMENTAR, IMPLEMENTAR y MANTENER un sistema de gestión de la calidad, además de mejorar continuamente su eficacia.

Para el logro de ello, un requisito obligatorio (establecido en el apartado 4.1) es que la organización DEBE:

- a) *Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización,*
- b) *Determinar la secuencia e interacción de estos procesos,*
- c) *Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces,*
- d) *Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos,*
- e) *Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos*
- f) *Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.*

En los casos en que la organización opte por contratar externamente cualquier proceso que afecte la conformidad del producto con los requisitos, la organización debe asegurarse de controlar tales procesos. El control sobre dichos procesos contratados externamente debe estar identificado dentro del sistema de gestión de la calidad.

Para cumplir este requisito de la norma, una de las propuestas de esta Tesis es el establecer claramente el Mapa de la Cadena de Valor de cada producto y así como los métricos de desempeño que se requiere analizar en cada uno de los procesos.

Recordemos que una cadena de valor consiste en todo aquello –incluyendo actividades de no valor agregado– que hacen posible el proceso de transformación, por ejemplo:

- La comunicación a través de la cadena de valor referente a órdenes y pronósticos.
- Transporte y manejo de materiales
- Planeación y programación de la producción
- La red de proceso y operaciones a través de los cuales los materiales y la información fluyen en tiempo y espacio al tiempo que son transformados.

No debemos perder de vista que se debe formar una cadena de valor por cada familia de productos, por lo cual esto nos llevará a tener varias cadenas de valor en aquellas empresas que manejen varias unidades de negocio, cada una de ellas con una diferente familia de productos.

Requisitos de Documentación

El apartado 4.2.1 de la norma, indica que la documentación del sistema de calidad debe incluir:

- a) *Declaraciones documentadas de una política de la calidad y de objetivos de la calidad,*
- b) *Un manual de la calidad,*
- c) *Los procedimientos documentados requeridos en esta Norma Internacional,*
- d) *Los documentos necesitados por la organización para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos, y*
- e) *Los registros requeridos por esta Norma Internacional (véase 4.2.4).*

La política de calidad es parte del compromiso de la dirección hacia el sistema de gestión de la calidad, por lo cual hablaremos de ella más adelante.

Por ahora nos concentraremos en el manual de calidad de la organización. El apartado 4.2.2 menciona que este manual debe incluir:

- a) *el alcance del sistema de gestión de la calidad, incluyendo los detalles y la justificación de cualquier exclusión*
- b) *los procedimientos documentados establecidos para el sistema de gestión de la calidad, o referencia a los mismos, y*
- c) *una descripción de la interacción entre los procesos del sistema de gestión de la calidad.*

Teniendo ya el mapa de la cadena de valor claramente definido, podemos definir los alcances del sistema haciendo referencia al mismo y podemos describir claramente la interacción entre los procesos. También es importante que sea documentada la forma de calcular los métricos de desempeño en cada proceso, para así asegurar que todos estén alineados hacia los objetivos trazados por la dirección.

CAPITULO 13

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA ESBELTO DE MANUFACTURA EN LA RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCION

El capítulo 5 de la norma ISO 9001:2000 habla acerca de la responsabilidad de la dirección con respecto al Sistema de Gestión de la Calidad en 5 apartados:

1. Compromiso de la dirección
2. Enfoque al cliente
3. Política de la calidad
4. Planificación
5. Responsabilidad, autoridad y comunicación
6. Revisión por la dirección

A continuación hablaremos de como podemos integrar la filosofía y ambiente del pensamiento esbelto hacia estos elementos, para así lograr que el compromiso de la dirección no sea solamente con la calidad, sino también con la manufactura esbelta.

Compromiso de la dirección

Textualmente, la norma dice que:

La alta dirección debe proporcionar evidencia de su compromiso con el desarrollo e implementación del sistema de gestión de la calidad, así como con la mejora continua de su eficacia:

- a) *comunicando a la organización la importancia de satisfacer tanto los requisitos del cliente como los legales y reglamentarios*
- b) *estableciendo la política de la calidad*
- c) *asegurando que se establecen los objetivos de la calidad*
- d) *llevando a cabo las revisiones por la dirección*
- e) *asegurando la disponibilidad de recursos*

Este apartado de la norma habla solamente acerca del compromiso de la dirección hacia el cumplimiento de los otros 5 elementos, por lo cual no es necesario hacer ninguna consideración especial en esta parte de la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad.

Enfoque al cliente

Tal y como lo mencionamos anteriormente, todo inicia y termina con los clientes. Los clientes definen la calidad y fijan las expectativas. Ellos legítimamente esperan

funcionalidad, confiabilidad, precios competitivos, entregas a tiempo, servicio, así como transacciones claras y precisas.

A su vez, el valor puede ser definido únicamente por el cliente final y además es significativo solamente cuando es expresado en términos de un bien o servicio que cumple con las necesidades del cliente a un precio específico y en un tiempo específico.

Partiendo de esta similitud entre los Sistemas de Calidad y el Pensamiento Esbelto, podemos afirmar que la definición de valor no tiene porque ser diferente a la definición de calidad que el mismo cliente da.

Un producto que no cumple con la funcionalidad y confiabilidad que el cliente espera, por lógica, será un producto que no cumple con la definición de “valor”, ya que tendrá que ser reprocesado o desechado y como consecuencia deberá considerarse que la manufactura de ese producto “no agregó valor” ni para el cliente ni para la organización, ya que al fin de cuentas no pudo ser entregado al cliente y no redituó en ganancias para el fabricante.

Sin embargo, no debemos perder de vista que cada negocio tiene muchos clientes potenciales, y cada uno de ellos tendrá en sus especificaciones y críticos de calidad (CTQ's), su propia definición de valor y que además estas mismas características tendrán valor siempre y cuando cumplan con los requerimientos de precio y tiempo de entrega que se establecieron inicialmente.

Antes de plantear una propuesta en esta dirección, analicemos que es lo que marca la norma ISO 9001:2000 respecto al enfoque que la organización debe tener hacia el cliente:

La alta dirección debe asegurarse de que los requisitos del cliente se determinan y se cumplen con el propósito de aumentar la satisfacción del cliente (véanse 7.2.1 y 8.2.1).

Aunque no nos dice a detalle el cómo, este párrafo hace referencia a los apartados 7.2.1 y 8.2.1 que vienen a complementar los compromisos que debe establecer la organización para asegurar que dichos requisitos se cumplan, como veremos a continuación:

La organización debe determinar:

- a. Los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las actividades de entrega y las posteriores a la misma,*
- b. Los requisitos no establecidos por el cliente pero necesarios para el uso especificado o para el uso previsto, cuando sea conocido*
- c. Los requisitos legales y reglamentarios relacionados con el producto*
- d. Cualquier requisito adicional determinado por la organización.*

Y por último, el apartado 8.2.1 habla de la medición de la percepción del cliente con respecto al desempeño del sistema de gestión de la calidad que la organización DEBE establecer:

Como una de las medidas del desempeño del sistema de gestión de la calidad, la organización debe realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos por parte de la organización. Deben determinarse los métodos para obtener y utilizar dicha información.

Como podemos observar, la norma ISO 9001:2000 establece no solo el compromiso de la organización para conocer los requisitos del cliente incluyendo los requisitos para actividades de entrega y posteriores a la entrega, sino que da LIBERTAD a la organización de determinar requisitos adicionales al producto y de realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con los métodos que la misma organización determine.

Analizando algunos de los métricos que se recomiendan utilizar en los sistemas esbeltos de manufactura, encontramos varios de ellos que se ajustan a esta necesidad, por ejemplo:

- Partes defectuosas por millón de unidades (DPMU) o nivel de sigmas
- Tiempo de entrega total
- Entregas a tiempo

Por lo tanto, podemos afirmar que el uso de los métricos que los proponentes de los sistemas esbeltos de manufactura recomiendan para monitorear el estado de la cadena de valor, nos ayudan a cumplir con los requisitos que la norma ISO 9001:2000 exige para establecer una adecuada medición de la satisfacción del cliente.

No debemos perder de vista que todos los indicadores deben mostrar la capacidad de la organización para cumplir con los requerimientos del cliente, razón por la cual estos deberán adecuarse al mercado y a los clientes a los que se les estén proporcionando bienes y/o servicios.

Así mismo, antes de definir la cadena de valor y elaborar su respectivo mapa, es necesario conocer la definición de valor, basándonos en los mecanismos que la misma organización defina para establecer un proceso de comunicación efectiva con los clientes. En este sentido, el apartado 7.2.3 de la norma indica que:

La organización debe determinar e implementar disposiciones eficaces para la comunicación con los clientes, relativas a:

- a) *la información sobre el producto,*
- b) *las consultas, contratos o atención de pedidos, incluyendo las modificaciones,*

c) La retroalimentación del cliente, incluyendo sus quejas.

Como vimos en el marco teórico de los sistemas de calidad, algunos de estos mecanismos o herramientas pueden ser:

- Cuestionarios de satisfacción
- Grupos de enfoque
- Entrevista cara a cara
- Cartas de satisfacción / Cumplimiento
- Reportes de no-conformidades
- Despliegue de la función de calidad (QFD)

Independientemente del mecanismo que se quiera utilizar, el objetivo que SIEMPRE deberá cumplirse es que este nos asegure conocer en forma clara y precisa cuáles son los requerimientos y expectativas del cliente, para así tener una correcta definición de *valor*.

Política de Calidad

La política de calidad en una organización establece la visión de la dirección acerca de los objetivos y el rumbo que se pretende que tome el negocio, así como su compromiso con la mejora continua. La norma exige que la dirección se asegure de que la política de calidad:

- a) es adecuada al propósito de la organización,*
- b) incluye un compromiso de cumplir con los requisitos y de mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad,*
- c) proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad,*
- d) es comunicada y entendida dentro de la organización, y*
- e) es revisada para su continua adecuación.*

Como podemos ver en el inciso (b) la política de calidad DEBE incluir un compromiso de cumplir con los requisitos y mejorar en forma continua, además el inciso (e) nos aclara que esta política no tiene porque ser estática, sino que puede ser cambiante conforme a las nuevas necesidades y retos que se le presenten a la organización.

¿Cómo puede ayudarnos la Manufactura Esbelta a establecer esta política?

La respuesta la encontramos en la visión detallada de la operación del negocio que nos proporciona el mapa de la cadena de valor. Con esta visión es más sencillo establecer una política de calidad que incluya el compromiso hacia la reducción de desperdicios, la reducción de los defectos que el cliente percibe y la optimización de las operaciones incluidas dentro de la cadena de valor.

Objetivos de calidad

La alta dirección debe asegurarse de que los objetivos de la calidad, incluyendo aquellos necesarios para cumplir los requisitos para el producto, se establecen en las funciones y niveles pertinentes dentro de la organización. Los objetivos de la calidad deben ser medibles y coherentes con la política de la calidad.

En esta parte del Sistema de Gestión de la Calidad, la implementación de un Sistema Esbelto de Manufactura y el mapa de la cadena de valor nos pueden ayudar grandemente. Al obtener, mediante el mapa del estado actual, una visión clara de como está operando la organización y poderlo comparar fácilmente contra las necesidades del mercado, la dirección podrá ser más asertiva para identificar en que partes la organización necesita mejorar para poder atender dichas necesidades y establecerá objetivos de calidad que ayuden a cumplir las expectativas de los clientes.

Si aunado a esto, establece los objetivos de calidad y los despliega a través de un mapa del estado futuro (u estado objetivo), ayudará a que toda la organización identifique con facilidad cuáles iniciativas de mejora están realmente alineadas a los objetivos de calidad fijados por la dirección y podrá saber en donde utilizar una mayor cantidad de recursos orientados hacia la mejora.

No es poco común encontrar dentro de las organizaciones “mejoras” que no reditúan en un beneficio que realmente el cliente o la organización puedan percibir. Si la calidad final del producto, el tiempo de ciclo de fabricación, el costo de producción o la capacidad de producción no tuvieron una mejora sustancial entonces surge como cuestionamiento ¿cuál fue la mejora?

Tampoco es poco común ver organizaciones con una gran cantidad de recursos invertidos en mejorar procesos que realmente no son los que tienen una mayor necesidad de mejora para poder cumplir con los objetivos de calidad establecidos por la dirección y además tienen pocos o nulos recursos invertidos en los procesos que representan un mayor impedimento al cumplimiento de objetivos.

Estos problemas deben disminuir notablemente si la dirección se asegura que la comunicación de los objetivos de calidad, la política de calidad y los estados actual y futuro del mapa son claramente entendidos por las funciones y niveles pertinentes de la organización.

Cabe recalcar que estos objetivos de calidad no solo deben ir orientados hacia la satisfacción del cliente, sino también a las necesidades de optimización del negocio. Y esto es porque el objetivo final de cualquier negocio es la obtención de las mayores utilidades posibles y si estas no pueden venir de un aumento en los precios de venta, deberán venir como el resultado de una reducción en los costos de producción.

Revisión por la dirección

Otro requisito obligatorio que establece la norma, es que la dirección revise el sistema de gestión de la calidad a intervalos planificados para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.

La información que la dirección deberá incluir en su revisión incluye:

- a) *resultados de auditorias,*
- b) *retroalimentación del cliente,*
- c) *desempeño de los procesos y conformidad del producto,*
- d) *estado de las acciones correctivas y preventivas,*
- e) *acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas,*
- f) *cambios que podrían afectar al sistema de gestión de la calidad, y*
- g) *recomendaciones para la mejora.*

La retroalimentación del cliente y el desempeño actual de los procesos se puede reflejar en un mapa de estado de la cadena de valor, para así poder comparar el estado actual contra el estado inicial y el estado objetivo. Esto ayudaría grandemente al proceso de revisión si consideramos que al final de la revisión, los resultados deben incluir decisiones y acciones relacionadas con la mejora de la eficacia del sistema de calidad y sus procesos, así como la mejora del producto con relación a los requisitos del cliente.

Mejora Continua

Un requisito obligatorio de la norma, es la mejora continua de la eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad mediante el uso de la política de calidad, los objetivos de calidad, el análisis de datos y la revisión por la dirección.

Y de la misma forma, el 5º paso de la implementación de un sistema esbelto de manufactura es la búsqueda de la perfección. Como ya lo vimos anteriormente, los proponentes del JIT establecen siete metas ideales en términos de cero:

- a) Cero defectos
- b) Cero exceso en tamaño de lotes
- c) Cero tiempos de ajuste en máquinas y herramientas
- d) Cero interrupciones
- e) Cero manejo de materiales
- f) Cero tiempo de procesamiento
- g) Cero cambios súbitos de programación

De manera que al perseguir estas metas, se asegura la mejora continua del Sistema de Gestión de la Calidad, y debe ser la dirección quien marque la pauta acerca del énfasis que se le debe dar a cada una de estas metas para poder cumplir con los objetivos de calidad.

CAPITULO 14

APLICACION DEL MODELO PROPUESTO EN UN CASO PRÁCTICO

Breve Descripción de la Empresa

Nombre de la Empresa: PROLEC-GE SRL de CV

Giro: Diseño y Manufactura de Transformadores Eléctricos

Líneas de Producto:

- Transformadores Residenciales
- Transformadores Trifásicos Tipo Pedestal
- Transformadores Industriales
- Transformadores de Potencia

Caso a Estudiar: Diseño de Transformadores de Potencia

Descripción del caso

Un Transformador de Potencia es utilizado en Subestaciones de Distribución de Energía, en plantas generadoras de energía y en plantas industriales cuyo consumo de energía eléctrica es muy elevado.

En PROLEC-GE, la unidad de negocio de transformadores de potencia está orientada hacia el diseño y manufactura de esta línea de productos cuyas capacidades de operación varían desde los 15 hasta los 500 MVA, con voltajes que oscilan entre los 10 hasta los 200 KV.

Debido al gran tamaño y peso de estas unidades, cada transformador de potencia es personalizado para el cliente que lo está comprando, de manera que éste último pueda adaptarlo a su proyecto de subestación o planta generadora de energía. Básicamente se distinguen seis diferentes tipos de consumidores o segmentos de mercado:

- IOU (Investor-Owned Utilities)
- IPP (Independent Power Producer)
- C&I (Commercial & Industrial)
- ECP (Engineering, Construction and Procurement)
- REC (Rural Electric Cooperatives)
- MUNI (Municipalities)

En cada segmento de mercado hay una amplia variedad de consumidores, cada uno con sus propias necesidades y su propia especificación del producto; de modo que la estandarización no puede darse para un producto completo, sino solamente

para aquellos componentes que lo forman; y básicamente esta estandarización de componentes o sub-ensambles depende del tamaño y peso de la unidad, no del cliente o segmento de mercado. Esta amplia variación en las especificaciones del cliente, hace que sea necesario generar un diseño diferente por cada contrato que se tenga con algún cliente.

Una vez que se recibe el contrato u orden de compra del cliente, el departamento de mercadotecnia envía la documentación del mismo al departamento de ingeniería de diseño para que inicie el proceso de diseño. El proceso de Diseño se divide en 6 etapas que a continuación describiremos:

- **Diseño Conceptual.**- La función básica, consiste en leer y entender la documentación del contrato, identificar los requerimientos especiales, y/o críticos del Diseño Eléctrico, Diseño Mecánico y Diseño de Control y en base a ello generar su “paquete de información”, el cual es utilizado en cada una de las siguientes etapas del Diseño.
- **Diseño Eléctrico.**- La función básica de este proceso es definir las características de construcción que requiere el conjunto de núcleo y bobinas que hará que la unidad pueda operar conforme a lo especificado por el cliente, además de definir las pruebas eléctricas que se le deberán hacer al transformador, con sus respectivos parámetros de prueba.
- **Trazado Interno.**- Este proceso consiste en diseñar la estructura mecánica sobre la cual será montado el conjunto de núcleo y bobinas, las distancias eléctricas que deberán guardarse entre componentes y las trayectorias de los cables que van de las bobinas hacia las boquillas y cambiadores de derivaciones. A esta estructura, en conjunto con las bobinas y el núcleo se le denomina “Parte Viva”.
- **Diseño Mecánico.**- En este proceso se diseña el tanque que resguardará al conjunto de núcleo y bobinas (tanque principal), el sistema de preservación para el líquido aislante, el sistema de enfriamiento para los diferentes niveles de operación de la unidad y se define la ubicación de los componentes que el cliente solicitó en el tanque.
- **Diseño de Control.**- En este proceso se diseña la caja de conexiones que tendrá comunicación al cuarto de control a la cual llegarán las conexiones que forman parte de los circuitos de señalización y alarmas para los instrumentos instalados en el tanque y las conexiones para operación del sistema de enfriamiento y el cambiador de derivaciones automático.
- **Información para Aprobación.**- En este proceso se toma la información del Diseño de Control y una parte de la información del Diseño Mecánico y Eléctrico para hacer los dibujos que se enviarán al cliente para su revisión y aprobación.

- Información para Fabricación.- Tal y como se menciona, este proceso (en el que intervienen varios dibujantes) consiste en elaborar los planos y listados de materiales que la planta utilizará para la fabricación de la unidad, basados en la información que generaron los procesos anteriores. Sin embargo, cabe señalar que en cada uno de los procesos anteriores también se genera información que posteriormente la planta utiliza para fabricación de la unidad.

El tiempo de ciclo establecido para cada una de las etapas de diseño es de 1 semana, aunque hay ocasiones en que el Ingeniero de Control de Producción asigna 2 o 3 semanas por proceso, dependiendo de la complejidad de la unidad. Es importante aclarar que el proceso de Diseño de Control y el de Información para Aprobación siempre se ejecutan durante la misma semana, lo cual nos da un tiempo de ciclo programado de 6 semanas en la mayoría de los casos.

El personal encargado de ejecutar las distintas operaciones durante el proceso de Diseño se divide en funciones o especialidades de Diseño las cuales son:

- Diseñador Conceptual (DCON)
- Diseñador Eléctrico (DE)
- Proyectista de Trazado Interno (TI)
- Diseñador Mecánico (DM)
- Diseñador de Control (DC)
- Proyectista de Aprobación y Ensamble (PAE)
- Proyectista de Pailería (PPAI)
- Proyectista de Parte Viva (PV)

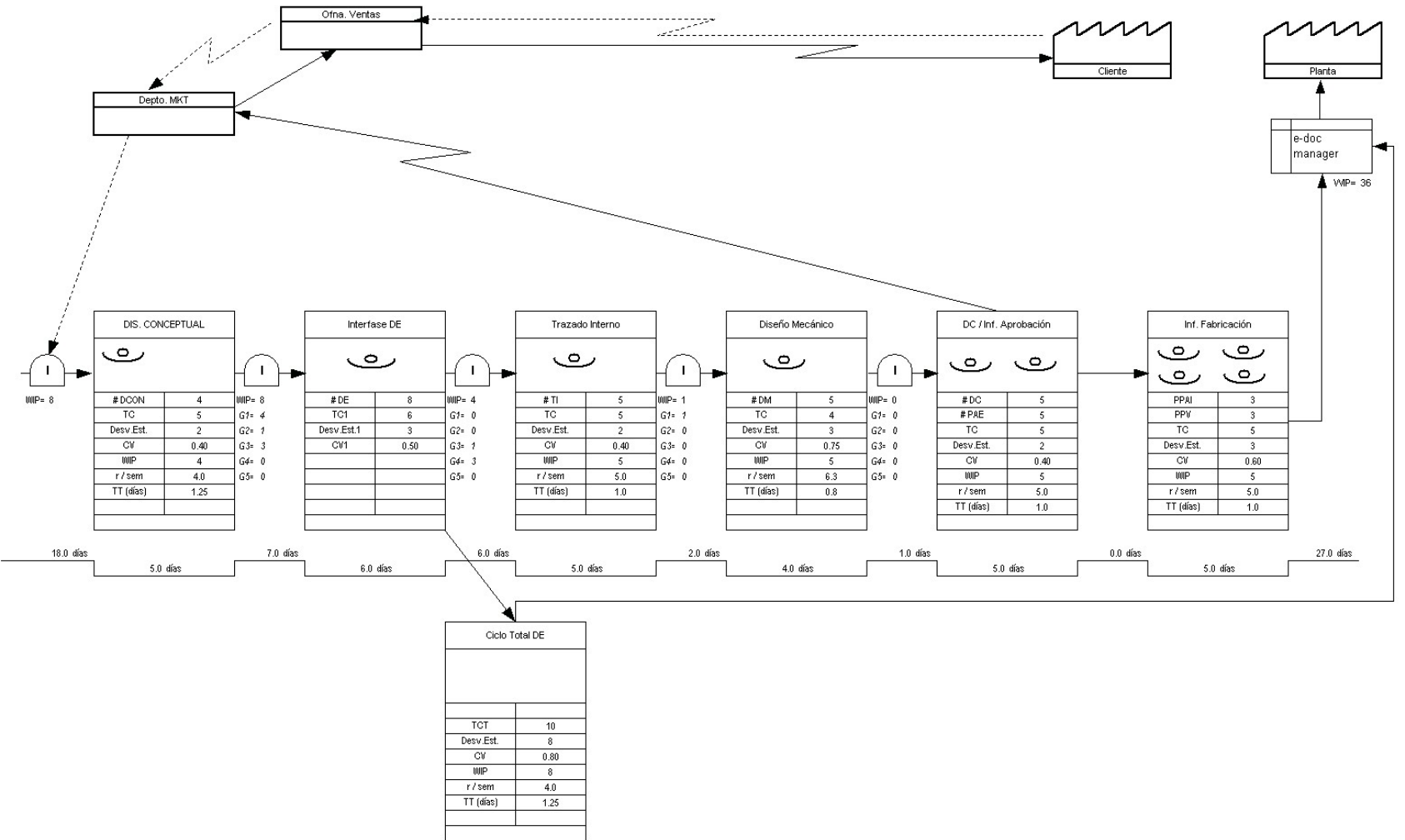
La mano de obra directa del departamento de Ingeniería de Diseño está integrada por 39 personas distribuidas en 6 grupos de diseño de la siguiente manera:

- Grupo de Diseño Conceptual: 4 DCON
- Grupo 1: 8 diseñadores (2 DE, 1 TI, 1 DM, 1 DC, 1 PAE, 1 PPAI, 1 PPV)
- Grupo 2: 8 diseñadores (2 DE, 1 TI, 1 DM, 1 DC, 1 PAE, 1 PPAI, 1 PPV)
- Grupo 3: 8 diseñadores (2 DE, 1 TI, 1 DM, 1 DC, 1 PAE, 1 PPAI, 1 PPV)
- Grupo 4: 5 diseñadores (1 DE, 1 TI / PPV, 1 DM, 1 DC, 1 PAE / PPAI)
- Grupo 5: 5 diseñadores (1 DE, 1 TI / PPV, 1 DM, 1 DC, 1 PAE / PPAI)

La demanda actual es de 200 diseños por año (52 semanas), lo cual nos da un Takt Time de:

$$\text{TaktTime} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Partes requeridas}} = \frac{52 \text{ semanas} \left(5 \frac{\text{días}}{\text{semana}}\right)}{200 \text{ diseños}} = 1.3 \frac{\text{días}}{\text{diseño}}$$

Para poder comprender el desempeño actual de la operación del departamento de Diseño, se elaboró el Mapa de la Cadena de valor del proceso, el cual se muestra en la página siguiente.



Áreas de Oportunidad #1: Entregas de Planos de Aprobación

En el esquema anterior, los tiempos están calculados en días hábiles de trabajo, no en días calendario. Si observamos a detalle se desprende como conclusión que actualmente los procesos de Diseño Conceptual y Diseño Eléctrico son quienes restringen el proceso, siendo este último el que presenta la más alta tasa de variabilidad.

Analizando rápidamente el diagrama, una de las deficiencias que saltan a la vista es el hecho de que para poder entregar los planos de aprobación al cliente final, transcurren 59 días hábiles, es decir, casi 12 semanas desde que la orden de compra es registrada hasta que se envían los planos, a pesar de que el tiempo de ciclo en actividades que agregan valor es de 25 días (5 semanas)

Dado que estas mediciones se tomaron con los últimos 60 diseños del 2005, se platicó con personal del departamento de mercadotecnia, para solicitarles su opinión al respecto y nos informaron que actualmente a los clientes ya se les están ofreciendo tiempos de entrega de 18 semanas; lo cual nos indica que esta situación en lugar de mejorar está empeorando.

Adicionalmente, en dicha plática el personal de mercadotecnia nos informa que los mejores tiempos de entrega que está ofreciendo la competencia oscilan entre las 8 y las 10 semanas. Lo cual sigue siendo más de las 5 semanas que actualmente el proceso invierte en etapas que agregan valor. Es evidente que en este rubro existe una gran oportunidad de convertirse en líder del mercado si se logran capitalizar mejoras que eliminen las esperas entre procesos.

Haciendo una revisión de cuáles son actualmente los indicadores de desempeño del departamento de diseño para poder contrastar si la dirección y la gerencia del departamento están conscientes de esta situación, se encontraron los siguientes indicadores:

- DPMU de quejas / diseño vs. Fecha de Terminación del Diseño
- DPMU x Cambios y Modificaciones por Diseño
- "SPAN" de cumplimiento en entrega de planos
- Tiempo de Ciclo de Diseño
- % Cumplimiento vs. plan maestro en entrega de planos
- % Cumplimiento vs. plan maestro en planos de fabricación
- Ahorros en costo de Diseño vs. Cotización

Aunque aparentemente el indicador de SPAN en cumplimiento de entrega de Planos podría evidenciar esta deficiencia, no es así; puesto que en dicho indicador solamente se reporta el promedio de días de diferencia en que los planos son entregados antes o después de la fecha de compromiso. La meta es que ese número sea menor o igual a 5. Si esa fecha se comprometió 8 o 18 semanas después de colocada la orden de compra, este indicador no lo denuncia.

El indicador de tiempo de ciclo total tampoco reportará esa deficiencia, ya que en dicha medición se reporta la suma promedio de los días calendario desde el inicio del Diseño Conceptual hasta la entrega de los planos de fabricación. La meta es que este tiempo sea de 42 días para un diseño “normal” y de 60 días para un diseño complejo.

Y por último, en el indicador de % de cumplimiento vs. Plan maestro en entrega de planos tampoco se podrá evidenciar esta deficiencia, ya que en este indicador solo se muestra el porcentaje de ordenes que cumplieron con la fecha ofrecida al cliente, sin importar los días de proceso.

Área de Oportunidad #2: Exceso de WIP = Reprocesos innecesarios

Otra deficiencia detectada en el desempeño actual del proceso es que la información para fabricación pasa en promedio 27 días hábiles (más de 5 semanas) almacenada en el administrador electrónico de información, antes de que la planta la tome para fabricar el producto.

El efecto de estas entregas antes de tiempo, podría no significar mucho si solamente tomáramos en cuenta que el espacio que esta información ocupa en la planta y el costo de producir antes de tiempo.

El espacio es nulo, ya que se almacena electrónicamente, y el costo de producción prácticamente no se ve afectado, ya que un diseño no lleva compras de materia prima y la mano de obra que lo realiza forma parte de la nómina y hay que pagarles independientemente de si están o no están produciendo.

Sin embargo, si tomamos en cuenta los posibles cambios de diseño que pudieran surgir en las primeras etapas del proceso, y la afectación que estos cambios pudieran tener en la información para fabricación, el problema ya toma otra dimensión que es necesario analizar detalladamente.

Primero que nada, debemos considerar que una modificación al diseño es una actividad que no agrega valor, ya que para ejecutar dicha modificación se está invirtiendo tiempo productivo que se debería invertir en generar un nuevo diseño para aumentar la satisfacción de los clientes internos y externos. Por lo tanto, todo el tiempo que se invierta en ejecutar modificaciones debe ser considerado desperdicio de tiempo. De hecho, es uno de los 7 tipos básicos de desperdicios de los que hablábamos en el capítulo 6 (desperdicio de reprocesos).

A pesar de que no se está llevando un indicador de modificaciones al diseño por proceso y el tiempo invertido en estas, si se están capturando en una base de datos las modificaciones que cada uno de los grupos de diseño ejecuta. Al condensar la información de esa base de datos para ver cuantas modificaciones ejecutó cada uno de los grupos durante el 2005, se obtuvo la información que se muestra en la tabla 14.1

Como vemos en dicha tabla, para cada uno de los grupos hay una columna para las modificaciones ocasionadas por problemas internos al departamento (errores de cálculo, omisiones, falta de apego a la especificación del cliente, etc.) y otra para las modificaciones ocasionadas por problemas externos al departamento (cambios solicitados por el cliente final, por la planta o por el proveedor)

	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3		GRUPO 4		GRUPO 5		TOT. X FUNCION	
	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.	INT.	EXT.
DCON	39	75	19	22	15	75	31	54	4	7	108	233
DE	128	84	18	18	43	28	11	8	8	3	208	141
TI	72	67	27	17	31	33	17	15	15	4	162	136
DM	93	121	29	25	44	88	17	52	10	10	193	296
DC	67	109	9	23	32	80	14	46	1	8	123	266
PAE	77	113	18	27	38	85	16	47	4	9	153	281
PPAI	103	86	25	19	52	56	7	23	4	5	191	189
PPV	61	41	23	4	20	17	2	1	4	2	110	65
TOTAL	640	696	168	155	275	462	115	246	50	48	1248	1607

Tabla 14.1

De la información anterior, podemos ver que si hay un comportamiento diferente dependiendo del grupo de diseño del que se trate, así como de la función de diseño.

Sin embargo, si nos limitamos a observar la columna del total de modificaciones internas por función, salta a la vista que las funciones que parecen tener más problemas de capacidad del proceso para producir un producto libre de defectos son las funciones de Diseño Eléctrico, Diseño Mecánico y Proyectista de Pailería.

Por otra parte, en lo concerniente a modificaciones externas podemos observar que las funciones de diseño más afectadas por factores externos han sido las de Diseño Mecánico, Diseño de Control y Proyectista de Aprobación y Ensamble.

Sin embargo, no debemos perder de vista que hay correlaciones fuertes entre las funciones de diseño y cualquier cambio en la información que haga alguna de las funciones puede afectar en menor o mayor medida a otra función. Por ejemplo, el proyectista de pailería hace su información basado en la información que le envía el diseñador mecánico, por lo cual prácticamente cualquier modificación que este último haga, provocará que sea necesario cambiar la información de pailería. Una relación similar existe entre la información del Diseño Eléctrico y los Proyectistas de Trazado Interno y Parte Viva.

Para poder entender mejor que tan fuertes son estas correlaciones se elaboró la tabla 14.2, en la cual se muestra con claves cual es la correlación que existe entre cada una de las funciones de diseño y sus funciones subsecuentes. Dependiendo de la intensidad de la correlación podemos saber que tan probable es que una modificación en cada una de las funciones mostradas en la primera columna, sea el detonador para que haya una modificación en cada una de las funciones que se muestran en el resto de las columnas.

Como podemos ver en la tabla, el diseño conceptual tiene una fuerte correlación con las funciones de Diseño Mecánico, Diseño de Control y Proyectista de Aprobación y Ensamble.

	DCON	DE	TI	DM	DC	PAE	PPAI	PPV
DCON		M	D	F	F	F	D	D
DE			F	F	D	D	N	F
TI				F	N	D	M	F
DM					M	F	F	D
DC						M	N	N
PAE							F	M
PPAI								M
PPV								

Claves para correlación entre funciones de Diseño:
 F = Fuerte M = Mediana D = Débil N = Nula

Tabla 14.2

Este fenómeno tiene una explicación: Toda modificación del cliente entra por diseño conceptual, y dependiendo del tipo de cambios solicitados habrá diferentes funciones que tendrán que modificar la información que ya habían terminado.

Las modificaciones que más comúnmente solicita el cliente son modificaciones en el equipo auxiliar y accesorios con los que se debe suministrar el producto, lo cual afecta directamente a las funciones de Diseño Mecánico, Diseño de Control y Proyectista de Aprobación y Ensamble. Esto explica porque en la tabla 14.1, estas tres funciones, junto con diseño conceptual son las que registran más modificaciones externas.

Sin embargo, las modificaciones externas no son las únicas que están afectando, sino también las internas. Como muestra la tabla 14.1 dos de las funciones que tienen más problemas para producir un producto libre de defectos son las funciones de Diseño Eléctrico y Diseño Mecánico. En estas funciones, existe otro fenómeno que es el proceso al que se le denomina “Revisión de Concepto”.

El Gerente de Ingeniería de Diseño, conforme a criterios que él ya tiene establecidos, suele solicitarle al Departamento de Tecnología que lleve a cabo una Revisión de Concepto, al Diseño Eléctrico, ya sea para capitalizar oportunidades de ahorro en costo de materiales, o bien para asegurar que un diseño de alta complejidad no vaya a tener problemas de manufactura ni de funcionalidad.

Sin embargo, esta Revisión de Concepto no siempre se concluye antes de avanzar al siguiente proceso y, cuando esto ocurre, cualquier modificación que se solicite hacer al Diseño Eléctrico tendrá una alta probabilidad de impactar también en el Diseño Mecánico y a la información que elaboran los Proyectistas de Trazado Interno, Pailería y Parte Viva.

Se hizo un recorrido por el administrador electrónico de documentos, y se encontró que en prácticamente todos los diseños, hay dibujos y listados de materiales que ya fueron modificados al menos una vez, a pesar de que la planta todavía no los ha utilizado para fabricación, lo cual quiere decir que pudieron haberse evitado si la elaboración de dichos documentos no se hubiera adelantado tanto a la producción del transformador.

Inclusive, se encontraron casos en los cuales los documentos ya habían sido modificados tres o cuatro veces a pesar de que la gente que necesita esa información en piso aún no habían iniciado con la fabricación.

Ahora bien, si quisiéramos saber que tanto se está mermando la productividad del proceso con este tipo de modificaciones, sería necesario establecer un mecanismo de medición de tiempo para cada modificación que se ejecute y así tendríamos una medición real del tiempo productivo invertido en reprocesos.

Actualmente NO se está llevando ni este indicador ni ninguno que se le parezca, por lo cual es poco probable que la dirección y la gerencia estén conscientes de esta problemática.

Sugerencias para la mejora

Como nos lo denunció el mapa de la cadena de valor, hay varias deficiencias en la operación actual, y a continuación presentaremos una propuesta de como se pueden subsanar si se implementan algunas acciones que, por cierto, nada tienen que ver con proyectos de inversión ni contratación de nuevo personal.

La primera acción, consiste en presentar como indicador global del departamento el Mapa de la Cadena de Valor actualizado a la fecha de la revisión gerencial. En dicho mapa, se pueden desplegar los siguientes indicadores que ayuden a entender el comportamiento del proceso:

- Tiempo de Entrega promedio (Lead Time) en Planos de Aprobación, contando desde que se coloca la orden hasta que se concluye la entrega de los mismos.
- % Cumplimiento en Entregas de Planos vs. Plan de Entregas
- WIP promedio (Diseños Terminados + Diseños en Proceso)
- # Modificaciones x Función y Tiempo Promedio por modificación.
- Tiempo de Procesamiento y tasa de producción promedio x Función
- Throughput Promedio del Departamento.

La segunda acción consiste en adecuar la forma en que se está programando la producción, ya que no se justifica el hacer los planos de fabricación si aún la planta no los está requiriendo. Actualmente se hacen conforme al programa de producción de Diseño (el cual está principalmente orientado al cumplimiento en entrega de planos de aprobación) y la sugerencia es que la orden de hacer los planos de fabricación sea detonada mediante un kanban de producción que los

jale hacia el administrador electrónico de documentos una semana antes de que la planta los requiera, conforme a su programa de producción.

La tercera consiste en que las funciones de Diseño Eléctrico, Trazado Interno, Diseño Mecánico, Diseño de Control y Proyectista de Aprobación y Ensamble; dividan su carga de trabajo semanal en dos partes:

- Información para Aprobación
- Información para Fabricación

Así, semanalmente elaborarán la información para aprobación de la orden de trabajo que les haya sido solicitada por el departamento de mercadotecnia, y la información para fabricación que les haya sido solicitada por la planta mediante el kanban de producción.

Después de hacer estos cambios, hay que monitorear el funcionamiento y en base a los resultados proponer nuevas mejoras. En esto consiste tanto la mejora continua (de la que habla la norma ISO 9001:2000), como la búsqueda de la perfección de la que habla el pensamiento esbelto.

CAPITULO 15

CONCLUSIONES

Aportaciones de la Investigación

Tal y como lo mencionamos al final del capítulo 8:

“Para mejorar un proceso, es necesario primero observarlo y entenderlo”, y por otra parte un principio fundamental del Control de Calidad dice que todo aquello que un proceso no se mide no se controla.

En este estudio, pudimos corroborar ambas afirmaciones.

En el modelo propuesto hicimos mucho énfasis sobre la importancia que tiene el mapa de la cadena de valor en el entendimiento del proceso, debido a que este nos da una perspectiva clara de donde están los desperdicios que inhiben el flujo.

Eliminar los desperdicios (entre ellos los productos defectuosos) hace posible reducir el tiempo de ciclo total del proceso, lo cual, a su vez nos ayudará a consistentemente satisfacer la demanda del cliente.

Como se puede ver en el estudio realizado en PROLEC-GE, la falta de conocimiento acerca del desempeño de algunas características de la operación del proceso, hace que se pierdan de vista aspectos y deficiencias importantes en el sistema.

Al no tener conocimiento de dichas deficiencias, en el despliegue anual de directrices, la dirección no se planteó un objetivo de mejora en esos rubros y se está monitoreando solamente el desempeño de otros aspectos, que no son menos importantes, pero si insuficientes para poder lograr la entera satisfacción del cliente y el objetivo de mejora continua que establece la norma ISO 9001.

No quiere esto decir que el no implementar la manufactura esbelta a través del Sistema de Calidad llevará a toda empresa manufacturera a un seguro fracaso en su estrategia de implementación. Más bien, el objetivo de este estudio era demostrar que el Sistema de Calidad ISO 9001 es un medio que, por sus características y requisitos, se presta para lograr que la dirección y toda la organización asuman un compromiso formal y cuantificable hacia dicha implementación.

Por otra parte, los métricos que se sugieren utilizar en los Sistemas Esbeltos de Manufactura y el Mapa de la Cadena de Valor son muy útiles para dar a la dirección una perspectiva clara sobre el desempeño de sus procesos y sus áreas de oportunidad, pero SIEMPRE Y CUANDO se utilicen en el mismo sentido que la manufactura esbelta propone y se comprendan adecuadamente.

Un ejemplo de lo anterior, es el indicador que se vio sobre el tiempo de ciclo total de diseño. En dicha medición no se está viendo el tiempo de espera desde que el pedido es colocado hasta que se inicia con el proceso de diseño.

Igualmente, en el indicador de DPMU de modificaciones por diseño, lo que se está midiendo son la cantidad de modificaciones a la información reportadas por la planta durante un período de tiempo determinado dividida entre los diseños que el departamento de ingeniería elaboró durante ese período de tiempo.

Este indicador tiene tres imprecisiones:

1. No indica cuantas modificaciones en total se hicieron ni cuanto tiempo se invirtió en ellas.
2. No se está midiendo la calidad de los diseños que la planta utilizó, ya que los diseños que la planta utilizó (y sobre los cuales reportó una cantidad de defectos) no corresponden a los diseños que el departamento de ingeniería elaboró.
3. No todas las áreas de la fábrica tienen el hábito de reportar las modificaciones a la información que recibieron, por lo cual esta medición carece de precisión.

Es por eso, que una de las propuestas de esta Tesis es que se documente dentro del sistema de calidad (aunque la norma no lo exija) la forma de medir el desempeño de los procesos y las responsabilidades de cada parte de la organización en el reporte de dichos resultados.

Esto es solo con el fin de asegurar que los indicadores realmente ayuden a la dirección a entender el desempeño de los procesos, y que estén orientados al cumplimiento de las metas trazadas por la misma dirección.

Por último, es importante considerar que esta implementación del sistema esbelto de manufactura a través del sistema de calidad, se puede convertir en la llave que conduzca a la empresa hacia una posición de liderazgo en el mercado, ya que la misma filosofía de perfección que se plantea en la manufactura esbelta puede ser plasmada en la política de calidad; además de que el hecho de que no se pierdan de vista las siete metas (o siete ceros) de la manufactura esbelta, asegura que los la organización siempre pueda ver oportunidades de mejora claras antes de plantear sus objetivos de calidad anuales.

Recomendaciones para Investigaciones Futuras

Esta investigación arrojó como conclusión que los apartados de la norma ISO 9001:2000 de los cuales nos podemos valer para implementar el sistema esbelto de manufactura son aquellos que hacen referencia a los componentes del Sistema de Gestión de la Calidad, a la Responsabilidad de la Dirección y a la Medición, Análisis y Mejora (Unidades 4, 5 y 8 de la norma).

Otras dos líneas de investigación interesantes podrían ser las referentes a la Gestión de Recursos y la Realización del Producto (Unidades 6 y 7 de la norma), ya que estas hablan de los requisitos de la norma referentes a los recursos humanos, la infraestructura de trabajo y las compras; las cuales inciden directamente en los resultados operativos y en la medición de “que tan esbelto es el sistema de manufactura”.

Por otra parte, los indicadores de desempeño, objetivos de la dirección y definición de valor cambiarán dependiendo del tipo de si el sistema de producción de la empresa es “make to order” o “make to stock”. Puede hacerse este mismo estudio adaptándolo a uno de esos tipos de empresas o bien definiendo la metodología para obtener la definición de valor e indicadores de satisfacción por parte de los clientes dependiendo de algún tipo o giro de empresa en particular.

De hecho, recordemos que la industria automotriz tiene la norma ISO/ TS16949, que es una adaptación de la norma ISO 9001 para este ramo de la industria. En este caso en particular, puede hacerse un estudio similar al de esta Tesis, pero adaptándolo a esa norma. Quizás con los requerimientos de dicha norma se pueda definir un modelo aplicable para toda empresa de ese ramo.

- [1] Womack, James & Jones, Daniel
Lean Thinking
Free Press, 2003
- [2] Hopp, Wallace & Spearman Mark.
Factory Physics
Mc. Graw-Hill, 2001
- [3] Tapping, Don; Luyster, Tom & Shuker, Tom
Value Stream Management
Productivity Press, 2002
- [4] Hirano, Hiroyuki
Manual de implantación del JIT
Productivity Press, 1991
- [5] Wortman, Bill
The Quality Engineer Primer
The Quality Council of Indiana, 1999