



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

**CONVERSIÓN DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA POR
PROCESOS A UN SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA
EN LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS DE HULE**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUÍMICO

QUE PRESENTA:

Bernardo Cuauhtémoc Luna Torres

Asesor:

M. en A. Maria Guadalupe Martínez Hernández

Morelia, Michoacán, Enero de 2006



UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA

283/2004/2005

C.
BERNARDO CUAUHTÉMOC LUNA TORRES
PASANTE DE INGENIERIA
QUIMICA
P R E S E N T E.

Por medio de la presente me permito a usted que el tema de tesis presentada, ha sido revisada y autorizada en los términos que la presenta.

Tema de tesis propuesto. “ **CONVERSION DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA POR POR PROCESOS A UN SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA PRODUCCION DE PRODUCTOS DE HULE**”, el cual se desarrollará de acuerdo al siguiente índice:

- I.- INTRODUCCIÓN
- II.- JUSTIFICACIÓN
- III.- OBJETIVO
- IV.- SITUACIÓN ACTUAL
- V.- MARCO TEORICO
- VI.- PARTE EXPERIMENTAL
- VII.- RESULTADOS
- VIII.-CONCLUSIONES

Para revisión de dicho trabajo fungirá como asesor interno M. en A. GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ, Profesora de la Facultad de Ingeniería Química.

ATENTAMENTE.
Morelia, Mich. 18 de Febrero 2005.

M. en A. DELIA MORENO JUAREZ
DIRECTORA DE LA FACULTAD

U.M.S.N.H.



FACULTAD DE INGENIERIA
QUIMICA



U.M.S.N.H.

**FACULTAD DE
INGENIERIA QUIMICA**

173/2005/2006.

C.
BERNARDO CUAUHEMOC LUNA TORRES
PASANTE DE INGENIERIA QUIMICA
P R E S E N T E

En contestación a su atenta solicitud de fecha 18 de febrero de 2005 perrito comunicarle a usted que se aprueba el tema de tesis propuesto para presentar Examen Recepcional en la Carrera de Ingeniero Químico.

El tema aprobado: "CONVERSION DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA POR PROCESOS A UNA SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA PRODUCCION DE PRODUCTOS DE HULE" el cual se desarrollará bajo el siguiente índice:

- I.-INTRODUCCION
- II.-JUSTIFICACION
- III.-OBJETIVOS
- IV.-SITUACION ACTUAL
- V.-MARCO TEORICO
- VI.-PARTE EXPERIMENTAL
- VII.-RESULTADOS
- VIII.-CONCLUSIONES

Para tales efectos fungirá como asesor interno de su tesis la C. M. en A. GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ Profesora de la Facultad de Ingeniería Química y su mesa de jurado para revisión y realización de este trabajo estará integrada por:

M.A. DELIA MORENO JUAREZ	(PRESIDENTE)
M.A. GUADALUPE MARTINEZ HERNANDEZ	(VOCAL)
DR. LUIS IGNACIO SLCEDO ESTRADA	(VOCAL)
ING. JORGE OROZCO ORTIZ	(SUPLENTE)

ATENTAMENTE
Morelia, Mich. 13 de enero del 2005.

M. en A. DELIA MORENO JUAREZ
DIRECTORA DE LA FACULTAD

U.M.S.N.H.



FACULTAD DE INGENIERIA
QUIMICA

AGRADECIMIENTOS

A Jorge, mi padre, por su apoyo y sus enseñanzas

A Ofelia, mi madre, por su fe y su aliento

A Carmen, mi esposa por su amor y por contagiarme de su espíritu perseverante

A Ángel, mi hijo, por ser mi motor

A todos mis hermanos y sobrinos

Especialmente a mi asesor M. en A. Maria Guadalupe Martínez Hernández por sus consejos, soporte, guía y ayuda desinteresada.

A dios por darme la familia y la vida que tengo.

INDICE

Capítulo	Tema	
Página		
	Glosario de Términos	
	Relación de Figuras, Tablas y Gráficas	
	Resumen	
I.	Introducción.....	1
II.	Justificación.....	7
III.	Objetivo.....	9
IV.	Situación Actual	10
V.	Marco Teórico.....	14
VI.	Parte Experimental.....	78
VII.	Resultados.....	110
VIII.	Conclusiones.....	115
	Bibliografía	
	Apéndice A. Mapas de la Cadena de Valor.(Aumentados)	
	Apéndice B. Iconos del Mapa de la Cadena de Valor.	

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Administración Visual. es una metodología diseñada para la organización y estandarización de cualquier lugar de trabajo, incluyendo oficinas, por medio de señales fáciles de entender.

Autonomation. Automatización con sentido humano.

Balanceo de líneas. Un proceso en el cual los elementos de trabajo son proporcionalmente distribuidos dentro de la corriente de valor para cumplir con el ritmo de la demanda (tiempo takt).

Buffer. Producto terminado disponible para cubrir las variaciones en la demanda del cliente debida a fluctuaciones en los patrones de requerimiento.

Cambio de puesta a punto. Es el cambio de herramientas, dados, moldes, boquillas o cualquier otra condición del equipo que nos permita fabricar una línea diferente de producto.

Cadena de Valor. Una colección de todos los pasos (que agregan valor o no), involucrados en transformar un producto o grupo de productos desde la materia prima hasta llegar a ser un producto terminado aceptado por el cliente.

Competitividad: El atributo de las organizaciones para ganar genuinamente la preferencia de los clientes.

Control Visual. Una herramienta basada en dibujos, señales y marcas que dan una indicación fácil de entender sobre alguna regla que se debe cumplir.

Demanda del Cliente. La cantidad de partes requerida por un cliente.

Desperdicio. Cualquier cosa dentro de una cadena de valor que adiciona costo, sin adicionar valor.

Efectividad Total del Equipo (OEE). Es un indicador que mide el índice de aprovechamiento de la capacidad instalada. Se calcula a través de los indicadores de Disponibilidad de Equipo, Eficiencia de Desempeño y Calidad.

$$\text{OEE} = \% \text{ Disponibilidad} \times \% \text{ Eficiencia} \times \% \text{ Calidad}$$

Familia de Productos. Un grupo de productos que comparten equipo y tienen atributos de proceso comunes.

Flujo. El movimiento de materiales o información. Los negocios de manufactura son exitosos tan pronto como son capaces de mover el material y la información con las menores interrupciones posibles.

Flujo Continuo. El estado ideal caracterizado por la habilidad de reabastecer solo una parte que ha sido “jalada” corriente abajo. En la práctica, flujo continuo es sinónimo con la producción Justo a Tiempo, que asegura que tanto los clientes internos como externos reciben solamente lo que necesitan, cuando lo necesitan y en la cantidad exacta necesitada.

Heijunka. Distribuir el trabajo proporcionalmente durante el turno o día basado en la demanda, el volumen y la variedad para satisfacer la demanda del cliente

Herramental.

Inventario de Seguridad. Inventario de producto terminado disponible para cubrir la demanda del cliente cuando existen restricciones internas o las ineficiencias interrumpen el flujo continuo del proceso.

Jidoka. El método basado en el uso práctico de la automatización para realizar dispositivos a prueba de errores para evitar defectuoso y en fomentar la cultura de no recibo, no fabrico y no paso defectuoso.

Justo a Tiempo. Un sistema para fabricar y suministrar solo las mercancías requeridas por el cliente, cuando se necesiten y en las cantidades exactamente necesitadas.

Kaizen. Pequeñas mejoras diarias desarrolladas por todos.

Kanban. Señal para comunicar corriente arriba lo que se necesita, en la cantidad que se necesita, cuando se necesita.

Kanban de Producción. Señal (Tarjeta) que indica el número de partes que deben ser producidas para reabastecer lo que ha sido consumido de un supermercado.

Kanban de Retiro. Señal (tarjeta) que indica el número de partes que deben ser removidas de un supermercado.

Lay out. Disposición del equipo en el área de proceso. Cuando se hace el diseño de una planta, se dibuja cual será el lugar que cada equipo debe ocupar. Este dibujo representa el lay out.

Manufactura Celular. Un área de proceso con la distribución del equipo y el flujo del proceso en forma de U, orientada al producto; que permite a uno o más operadores producir y transferir partes aun ritmo de una pieza o un pequeño lote a un tiempo.

Manufactura Esbelta. Es un conjunto de metodologías organizadas en un sistema cuyo enfoque es la eliminación de las actividades que no agregan valor al producto (desperdicio), aumentando el valor de cada proceso y con respeto hacia el trabajador.

Mapa de la Cadena de Valor. La representación visual de flujo de materiales e información de una familia específica de producto.

Organización Esbelta. Una organización que entiende totalmente, comunica, implementa y sostiene los conceptos de ME consistentemente a través de todas sus áreas funcionales y operacionales.

Productividad. La productividad es la relación entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. Es sinónimo de rendimiento , en otras palabras, evalúa el rendimiento de máquinas, de mano de obra, de equipos de trabajo, etc. . La manera en que se mide depende de cada compañía, pero básicamente está dada por su definición: salidas entre entradas. Algunos ejemplos son:

$$\frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Insumos empleados}} \quad \text{o} \quad \frac{\text{Ventas netas de la empresa}}{\text{Salarios Pagados}}$$

PPM's Internas. (Partes por Millón). La cantidad potencial de piezas por millón defectuosas que llegan a la mesa de inspección de producto terminado y que ocasionan el rechazo de un lote completo de producto terminado. Se calcula así

$$\text{PPM's Internas} = \frac{\text{\# Partes Defectuosas}}{\text{Total Partes Producidas}} \times 1,000,000,000$$

Reclamos de Cliente. Reclamo de garantía hecho por el cliente en donde se comprueba que el producto tiene un defecto de fabricación. Está acordado por contrato desde el reemplazo del producto, pasando por el pago de daños

ocasionados por el producto defectuoso, hasta el pago de penalizaciones por paro de línea de producción, según sea el caso.

Sistema. Un conjunto de elementos dinámicamente relacionados formando una actividad para alcanzar un objetivo operando sobre datos / energía / Materia para proveer información / energía / materia.

Supermercado. Un sistema que consiste en almacenar cierto nivel de producto terminado o inventario en proceso y que se reabastece conforme se va vaciando. Se debe usar cuando las circunstancias hacen difícil sostener el flujo continuo.

Tiempo de Ciclo. El tiempo que pasa desde el principio de un proceso u operación hasta que termina.

Trabajo Estandarizado. El grupo de procedimientos de trabajo acordados que establece la mejor secuencia y el mejor método para cada operación. Es implantado para maximizar la eficiencia de la máquina y del operador sin comprometer la seguridad.

Tiempo Takt. El ritmo de la demanda del cliente. El tiempo requerido para acabar unidades sucesivas de producto terminado. Determina que tan rápido tiene que ser un proceso para cumplir con la demanda del cliente. Se calcula dividiendo el tiempo total disponible para producción entre el requerimiento total del cliente.

Valor: **El valor es la actividad que transforma cierta propiedad de una materia prima o una característica adicionada de acuerdo con el requerimiento del cliente, para convertirla en un producto terminado y que además el cliente está dispuesto a pagar por ella.**

RELACION DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICAS

Figuras

FIGURA 1. Diagrama de flujo del proceso actual

FIGURA 2 Proceso ordenado por operaciones similares

FIGURA 3. Proceso ordenado en línea

FIGURA 4. Cadena de valor. Muestra la proporción entre operaciones con valor y sin valor

FIGURA 5. La casa del Sistema de Producción Toyota

FIGURA 6. Disposición del Equipo de un proceso con Manufactura Celular

FIGURA 7. Mar de inventario

FIGURA 8. Poka yoke para detectar cajas vacías

FIGURA 9. Andon electrónico con luces de alerta

FIGURA 10. Resultado gráfico de la Evaluación de Manufactura Esbelta

FIGURA 11. Mapa de la Cadena de Valor del caso de estudio, Estado Actual

FIGURA 12. Mapa de la Cadena de Valor Estado Futuro, Línea de Producto A

FIGURA 13. Mapa de la Cadena de Valor Estado Futuro, Línea de Producto B

FIGURA 14. Disposición del Equipo de proceso arreglado por operaciones similares

FIGURA 15. Disposición del Equipo de Proceso convertido a Manufactura Celular

FIGURA 16. Mapa de la Cadena de Valor Alcanzado (Línea A)

FIGURA 17. Mapa de la Cadena de Valor Alcanzado (Línea B)

Tablas

TABLA 1. Indicadores de desempeño del área de manufactura piloto.

TABLA 2. Características de diferentes tipo de producción

TABLA 3. Ventana de Valor Agregado

TABLA 4. Programación de la producción sin nivelar, de acuerdo a demanda

TABLA 5. Programación de la producción, nivelando de acuerdo a demanda

TABLA 6a. Evaluación de Manufactura Esbelta. Calificación por categoría.

TABLA 6b. Evaluación de Manufactura Esbelta. Resultados.

TABLA 6c. Evaluación de Manufactura Esbelta. Significado de las Columnas.

TABLA 7. Redefinición de los Indicadores de Desempeño.

TABLA 8. Análisis de Elementos de trabajo para corte de tubo banda sin forro, antes del cambio.

TABLA 9. Hoja de Capacidad para Banda sin forro, antes del cambio.

TABLA 10. Hoja de Capacidad para Banda con forro, antes del cambio.

TABLA 11. Análisis de Elementos de trabajo para corte de tubo banda sin forro, después del cambio.

TABLA 12. Hoja de Capacidad para sin forro, después del cambio.

TABLA 13. Hoja de Capacidad para Banda con forro, después del cambio.

TABLA 14. Cambio de los indicadores de mejora.

TABLA 15. Tabla de ahorros en el primer año de implantación de la Manufactura Esbelta.

Gráficas

GRAFICA 1. Diagrama de análisis de trabajo de la operación de corte. Antes.

GRAFICA 2. Tiempo de ciclo contra el ritmo de la demanda de la banda sin forro, antes del cambio

GRAFICA 3. Tiempo de ciclo contra el ritmo de la demanda de la banda con forro, antes del cambio

GRAFICA 4. Gráfica de Trabajo Combinado de la operación de corte, antes el cambio.

GRAFICA 5. Gráfica Balanceo de cargas de trabajo de la operación de corte antes del cambio.

GRAFICA 6. Tiempo de ciclo contra el ritmo de la demanda de la banda sin forro, después del cambio

GRAFICA 7. Tiempo de ciclo contra el ritmo de la demanda de la banda con forro, después del cambio

GRAFICA 8. Gráfica de Trabajo Combinado de la operación de corte, después del cambio.

GRAFICA 9. Gráfica de Balanceo de cargas de trabajo de la operación de corte después del cambio.

GRAFICA 10. Hoja de Operación Estándar para la operación de corte. Resultado del trabajo estandarizado.

Conversión de un Sistema de Manufactura por Procesos a Un Sistema de Manufactura Esbelta en la producción de Productos de hule

RESUMEN

Si se observa detenidamente un proceso de producción como un sistema completo desde la recepción de materia prima hasta el embarque del producto terminado, se encontrará como se acumulan actividades, movimientos, equipos, uso y transporte de materiales que no agregan valor al producto final, y solo son un desperdicio que el cliente no tiene porque pagar. Si se pudiera desaparecer al instante todo ese desperdicio, se descubriría como se gasta un exceso de recursos, y que el producto podría manufacturarse y entregarse más rápido al cliente tanto que el estado financiero de la compañía luciría con mayor utilidad. Simplemente la organización estaría situada en otra posición dentro del mercado.

El desarrollo de un Sistema de Manufactura Esbelta dentro de una organización tiene exactamente el propósito de provocar los cambios necesarios para eliminar todo lo que no agrega valor al producto final, llamado desperdicio, y que normalmente está agregado en el costo de nuestro producto. Con este trabajo se ha buscado eliminar esta clase de desperdicios lo cual se traduce en la mejora de algunos indicadores cuantitativos para la manufactura como: los días de inventario, porcentaje de defectuoso, el tiempo de ciclo de manufactura, la seguridad, rechazos de clientes, etc.; y cualitativos como: la comunicación, la motivación, y el ambiente de trabajo. Entonces todas las mejoras logradas impactarán a uno de los indicadores más importantes dentro de la División de Manufactura de una compañía: LA PRODUCTIVIDAD,

Este trabajo de investigación se desarrolló en un área piloto de una planta que fabrica bandas industriales y automotrices de hule localizada en el Valle de Toluca. Tiene que ver con las operaciones y los procesos de manufactura, lo que agrega valor dentro de estos y lo que genera desperdicios; con los métodos de operación y con la cultura. La investigación realizada se compone de dos partes: la composición de un marco teórico a partir de la bibliografía consultada sobre el tema “El Sistema de Producción Toyota”, integrando

la interpretación de diversos autores; y por otro lado, la experimentación en un área de manufactura piloto convertida en el “Caso de Estudio” la cual se escogió porque podía ser aislada y controlada para aplicar las diferentes metodologías del sistema.

En el inicio de este trabajo al definir los alcances y objetivos, siguiendo la propuesta de diferentes autores, se fijaron metas altas en los indicadores de mejora de este caso de estudio y los resultados obtenidos en esta primera etapa de implantación han sido sorprendentes, ya que se mostraron de manera casi inmediata tan solo al aplicar las herramientas básicas de la metodología. La parte más importante del resultado, es por supuesto, la reducción del costo de manufactura del producto, en este caso el ahorro obtenido con la base de cálculo propuesta ha sido de \$2,000,000 de pesos en el primer año (La base es de \$1.00 x Unidad de producto, lo cual es muy conservador pero facilita el entendimiento y además ayuda a proteger la confidencialidad de la compañía.). Por otro lado, la medición de la mejora se da con los indicadores seleccionados en los cuales se hicieron las siguientes propuestas:

Se escogieron 12 indicadores en los cuales se ha propuesto un % de mejora como sigue: Mejora del 10% en 1 indicador , 30% en 2, del 50% en 1, del 60% en 1, del 70% en 4, de 80% en 2 y de 100% en 1.

Al final del trabajo, los Retrabajos, Eficiencia Total del Equipo y Paros por falla de equipo no pudieron evaluarse ya que son trabajos requieren muy particulares acciones para obtener resultados. Serán revisados en un mediano plazo, pero no son presentados aquí.

Por otro lado, El área ocupada, Productividad e Inventarios superaron las metas establecidas por mucho y Tiempo de entrega apenas la rebasó. El resto de los indicadores, Defectuoso, Desperdicio, Tiempo de Ciclo, y PPM's internas llegaron solo al 55% - 87% de la meta original. Es muy importante señalar que solamente estamos al inicio del desarrollo del Sistema de Manufactura Esbelta y que los resultados obtenidos son muy buenos y prometedores en cuanto a lo que se puede obtener con un desarrollo completo.

Rubber Products Manufacturing: A Process Manufacturing System conversion to a Lean Manufacturing System

SUMMARY

If we look carefully to a production process as a whole system from the raw material reception to the final product shipment, we will find how there is a pile of transactions, activities, movements, equipments, material convey and material waste that do not add value to the final product and they are a waste that the customer does not have to pay. If all of these waste could be disappeared on a second, it would be evident how the resources are wasted in excess, and how the products can be produced and delivered faster to the customers that the company financial results would look better and the company would have a different position within the market.

The development of a System of Lean Manufacturing within an organization has the purpose to trigger all the changes needed to eliminate everything that does not add value to the final product, which is called “waste”, and which normally is built up on the product cost. This purpose of this work is to eliminate all this kind of waste and to improve some of the following quantitative metrics as: inventory days, scrap percentage, cycle time, safety, customer complains; and qualitative as: communication, motivation, work environment, Etc.. Then all the improvements performed will impact one of the most important metrics within the Manufacturing Division of a company: The **Productivity**.

This research work was developed on a pilot area of a plant manufacturing rubber industrial and automotive belts. It has to do with the manufacturing operations and processes, what adds value to them and what just creates waste, with operations methods and with the culture. This work is presented in two parts: The composition of a Frame of Theory composed from the studies of several authors about the main subject “The Toyota Production System”, and the application over a pilot area converted in the “Case Study” and which area was isolated and controlled to apply the different system methodologies.

When this work started, the scope and objectives set were very high, according to the proposal of several authors, and the results achieved on this first stage of implementation had been amazing, because they showed up almost immediately while we only applied the basic methodologies. The most important result is of course the manufacturing cost reduction, in this case the savings obtained with a simple base of calculation were up to \$200,000 USD (The calculation is based on \$1.00 MX Pesos x Product unit, which is very conservative but easy to understand, and besides helps to protect confidential information.). On the other hand, the measurement of the improvements is through 12 metrics shown later, and the goals were set as follows:

Improvement	# metrics	Metrics
10%	1	Overall Equipment Efficiency
30%	2	Used Space, Productivity
50%	1	Machine downtime
60%	1	Cycle time
		Work in process and Raw material Inventory, % Defective, %
70%	4	Scrap, Internal PPM's, Customer Complains
80%	2	Dock to Dock
100%	1	Rework

To the end, the Rework, Overall Equipment Efficiency, and Downtime could not been evaluated since they require very specific tasks to achieve the results. These metrics will be pursued and evaluated later, so the results are not revised on this thesis.

On the other hand, Used space, productivity and Inventory went above the goals set by far, Dock to Dock just met the goal. The remaining metrics as Defective, Scrap, Cycle Time, and Internal PPM's achieved from 55% to 87% of the goal.

It is very important to remark that we are just at the beginning of the development of the Lean Manufacturing Production System, and the obtained results are so good and promising about what they can be with the total development.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

En el contexto global en que se desarrollan ahora las empresas es evidente que los niveles de competitividad se elevan continuamente. La productividad y la competencia internacional han llegado a ser asuntos muy importantes para las firmas manufactureras, a medida que las empresas líderes encuentran nuevas formas de ganar y conservar la preferencia de los clientes.

Nadie se escapa ya de esta carrera desatada, ni la más grande de las empresas en México, ni las pequeñas mini-fábricas que existen dentro del Estado de Michoacán. Llámese una fábrica de dulces, de muebles o un taller de torno. Todo tipo de artículos han sido alcanzados por las mercancías de importación que a diario se exhiben en calles y centros comerciales. Un ejemplo muy claro es la industria del calzado, la cual ha sido muy golpeada por la competencia traída desde China.

Las demandas crecientes de diversidad, calidad, oportunidad y precio planteados por usuarios cada vez más exigentes y deseosos de pagar lo menor posible, han venido a obligar a las empresas manufactureras y de servicios, a poner atención en los líderes emergentes y las razones que hay detrás de sus logros.

Las compañías transnacionales instaladas en las naciones en vías de desarrollo han visto que el éxito otrora importante por el simple hecho de instalarse en dichos países, automáticamente los ha llevado a incrementar los costos de personal. Los empleados deben ahora obtener algo del beneficio alcanzado y de hecho, en algunas de estas compañías estos costos se han incrementado a tal grado que las diferencias en los costos totales ya no son suficientemente bajos como para compensar los costos de transportación entre sus fabricas y sus mercados o fuentes de materia prima.

Por otro lado en México, muchas de nuestras empresas no dejan de sufrir algunos de los problemas crónicos que aún sufren muchas industrias

alrededor del mundo, y que demandan atención urgente, so pena de no lograr la competitividad que las mantenga dentro de los negocios, a saber:

- **Calidad cuestionable**
- **Costos más elevados que los competidores**
- **Falta de control en la cadena logística**
- **Incumplimiento en tiempos de entrega**
- **Mala comunicación**
- **Etc.**

En esta carrera comercial se puede intentar todo, y eso es lo que han estado haciendo las compañías que luchan y pretenden permanecer dentro del negocio. No hay área específica, la mejora puede y debe de intentarse en cada rincón de la compañía, ya sea el Área de Investigación y Desarrollo, Finanzas, Operaciones, Mercadotecnia, Abastecimientos, etc..

En la división de Investigación y Desarrollo se puede intentar el *Benchmarking*, el cual es un proceso en donde las compañías investigan como otros hacen algo mejor que ellos y ellos tratan de imitarlo o superarlo. Mediante la investigación, las compañías comparan sus productos, servicios y prácticas de negocios con los de sus competidores u otras compañías y en base a esto cambian sus prácticas para vencer a la competencia.

En la división de Finanzas se habla del *Costeo Basado en las Operaciones*; Esta metodología consiste en que el área de Contabilidad debe ver al negocio como una serie de procesos más que como un grupo de Centros de Costo. La metodología busca optimizar la efectividad de las operaciones y/o procesos mediante la identificación y medición de aquellas actividades que incurren en costos, y de promover la mejora o eliminación de estos pasos que no adicionan valor tales como: tiempos de espera, tiempo de puesta a punto, tiempos de ciclo, etc.. Si se analiza un poco, la actuales áreas de Contabilidad se encargan de registrar cosas que ya sucedieron y se revisan los resultados hasta fin de mes, a este tiempo, lo que salió mal ya no tiene remedio y entonces se presentan las variaciones en gastos.

La división de OPERACIONES DE MANUFACTURA es tal vez uno de los campos más bastos y fértiles; los procesos de manufactura pueden ser

mejorados en dos maneras^[17]: La primera mejora el producto por si mismo a través de ingeniería de valor. La segunda mejora los métodos de manufactura desde el punto de vista de la ingeniería química o la tecnología de manufactura. La ingeniería de valor es el primer paso en la mejora del proceso. Esta consiste en rediseñar el producto manteniendo la calidad mientras se reducen los costos de manufactura. Por ejemplo, dos componentes anteriormente ensamblados con tornillos pudieran ser procesados mediante una prensa como una pieza individual. El segundo paso de mejora del proceso es mejorar la manufactura de este producto. Las mejoras relacionadas con la tecnología de la manufactura involucran tales factores como temperaturas de fraguado, velocidades de corte, selección de herramientas, etc. en general variables de proceso. Las mejoras basadas en la Ingeniería Química pueden incluir la adopción de moldeo con vacío, cromado de alta velocidad, secado instantáneo, etc., que son cambios radicales al proceso usado.

También en el área de procesos se puede hablar de **ADMINISTRACIÓN POR CALIDAD** la cual es una filosofía creada a todo lo largo de una compañía que compromete a la mejora continua y que está enfocada al trabajo en equipo, a la satisfacción del cliente y a reducir los costos de calidad. Equipos de trabajo son entrenados y facultados para tomar decisiones que ayuden a la organización a alcanzar altos estándares de calidad y trabaja mediante colaboración horizontal a través de funciones y departamentos, y se llega a extender hasta proveedores y clientes.

Como se podrá ver, no importa la estrategia ni como se vaya cumpliendo con ella, lo que si es importante es que nadie se puede quedar sin luchar por el derecho legítimo de mantenerse en el negocio. Ser *competitivo*, esta palabra encierra toda la ambición de querer asegurarse la permanencia dentro del mercado y por lo tanto un futuro. Harmon y Petersen (1990), establecen a la **competitividad como el Atributo de las organizaciones para ganar genuinamente la preferencia de los clientes.**

La competitividad de cualquier negocio se puede medir de manera sencilla y por sentido común se puede evaluar haciendo comparativos de costos,

calidad, rapidez en la entrega, etc., sin embargo Porter (1980) definió algunas fuerzas básicas que determinan el nivel competitivo de una empresa, las cuales son:

- ***La aparición de competidores.*** La aparición de un competidor de nuestros productos o la determinación de ser un competidor para cierta línea de productos.
- ***El poder de negociación de los compradores.*** Un comprador conocedor se convierte en un comprador facultado. La influencia de estos compradores sobre la compañía se incrementa de manera que conoce los rangos de precios, las opciones del producto y las opciones del mercado. Esta influencia del cliente se incrementa si tenemos uno o dos clientes que compran la mayor proporción de lo que fabricamos.
- ***El poder de negociación de los proveedores.*** La disponibilidad de proveedores sustitutos o la existencia de un proveedor único determina el poder del proveedor. Si un proveedor puede sobrevivir sin el consumidor es otro factor.
- ***La aparición de nuevos productos sustitutos.*** La competencia no solo se puede dar con la imitación de un producto existente, sino también con la creación de productos diferentes que realizan la misma función y que pueden ser más baratos, fáciles de usar, de mejor calidad, o que traen más funciones integradas, etc.
- ***Rivalidad entre competidores.*** La lucha por la preferencia del consumidor crea esta rivalidad y esta influenciada por las otras cuatro fuerzas, el costo y la diferenciación del producto.

Por lo tanto, cada organización debe usar estas fuerzas básicas como referencia, se debe definir quienes son los competidores; los que compiten directamente con un producto similar; los que compiten con un producto sustituto, que tan informados están los clientes de las opciones del mercado, tratar de averiguar cual es la posición con los proveedores y al final definir la posición en el mercado identificando quien es el competidor mas fuerte.

De esta manera, entonces se puede conocer cual es la situación actual de la organización y de allí partir para definir una estrategia que tenga bases sólidas para influir en el equilibrio de las fuerzas del entorno y mejorar la competitividad. Estas bases pudieran ser el reconocimiento del nicho de mercado, la identificación de las tendencias, y la anticipación de los cambios, entre otras; para poder aspirar a tener tiempos de respuesta cortos, adaptabilidad a los tiempos cambiantes, facilidad de control y las demás aspiraciones intrínsecas que otorgarían la preferencia del cliente.

De acuerdo a Porter (1980), en la búsqueda de la competitividad dentro de las cinco fuerzas mencionadas arriba, las compañías pueden adoptar una de las siguientes tres estrategias:

- ***Diferenciación en costos***

Una estrategia corporativa que es una arma efectiva es el convertirse en un productor a bajo costo. Cualquier compañía que puede manufacturar sus productos a un costo más bajo que sus competidores tiene ventajas. La compañía con el costo más bajo puede fijar un precio de venta muy bajo sin perder su margen de utilidad, esta táctica permite a la compañía usar el precio de venta como estrategia para lograr mayor participación del mercado. Las compañías que utilizan esta estrategia poseen operaciones de manufactura muy eficientes y tienen diseños de producto que son fáciles de manufacturar.

- ***Diferenciación en productos.***

No todos los clientes compran en base a los precios de venta. Una proporción del mercado comprará en base a las características y beneficios del producto, esto se conoce como diferenciación del producto. El cliente está bien informado y compara los productos en base a las características que mejor le satisfacen. Los artículos a la venta tales como blancos y electrónicos, caen dentro de esta categoría. Las compañías que usan esta estrategia hacen investigación de mercado, sin omitir nada, previo al lanzamiento del producto.

- ***Segmentación de Mercado.***

Con este tipo de estrategia , la organización se concentra en un mercado muy específico o grupo de compradores. La compañía puede usar también estrategia de bajo costo o diferenciación del producto, con la diferencia que es solo para un grupo de clientes muy específico. Estas compañías son productores de especialidades, con productos y habilidades muy especializadas y altamente competentes dentro de sus campos respectivos. Rolls-Royce, por ejemplo, produce para un segmento del mercado que no se preocupan por los altos costos y quienes demandan los mejores carros contruidos a mano.

Es importante aclarar que el presente trabajo está basado en un proyecto real que se está implantando en una célula de manufactura piloto de una compañía dedicada a la fabricación de productos de hule, y que aunque la implantación está lejos de ser un proceso terminado y maduro, son sorprendentes los resultados obtenidos. También se considera oportuno comentar que algunas cifras, nombres, materiales y procesos usados serán tratadas con la confidencialidad permitida por la compañía, la cual permite compartir esta experiencia por el beneficio de los mexicanos.

CAPITULO II. JUSTIFICACION

Cada día se escucha en las noticias de que los productos que México produce están perdiendo competitividad, y que la industria mexicana debe ser más productiva. También cada día se puede observar como se van cerrando negocios sin importar su tamaño, desde familiares hasta grandes empresas. La pérdida del empleo para los trabajadores de cualquier nivel y la pérdida de margen de utilidad para los inversionistas locales que los obliga a retirarse del mercado antes de que sea tarde e inclusive después- Esto es algo que daña a México profundamente ya que lo ha convertido en un país de grandes contrastes, en donde el poder adquisitivo se ha deteriorado grandemente, existe una gran proporción de gente viviendo en la pobreza y donde hay una escasez muy grande de fuentes de empleo.

Y aunque se escucha en las noticias que aún siguen llegando inversiones al país, y que México es la mejor opción de América Latina para invertir, se necesita cambiar con mayor rapidez para hacer de México una de las mejores opciones de inversión de América Latina y competitiva a nivel mundial. Existe una gran convicción de que nuestro país tiene la ambición de mejorar, de aportar ideas y de trabajar duro; y tenemos que reconocer que los inversionistas necesitan una ayuda que les permita recuperar sus inversiones y que también les permita ofrecer trabajos dignos a nuestra gente, ayudando a una mejor distribución del dinero y con ello generar más bienestar para nuestro País. Sin embargo necesitan de gente que ha tenido la oportunidad de estudiar una licenciatura o posgrado, para trabajar juntos y para que se pueda encontrar la mejor estrategia que le permita a un negocio, sea familiar o una gran compañía, permanecer en el mercado y desarrollarse como negocio.

En esta trabajo se propone una selección de estrategia hacia el *bajo costo de producción*, con la idea de obtener los siguientes beneficios:

- Ayudar a la compañía a sobrevivir; a preparar su plataforma de crecimiento para el futuro y ayudarla a convertirse en líder mundial

- **Fomentar en las compañías mexicanas la búsqueda de la mejora continua. Se hace énfasis en que no importa el tamaño de la compañía, particularmente se pretende que sean la pequeña y la mediana empresa las que más interés pongan en este Sistema de Producción.**
- **Lograr que en un futuro, dada la competencia hacia la preferencia del cliente, el usuario final reciba las ventajas de precios más bajos y que con esto recupere en parte, su poder adquisitivo y nos conduzca más rápido hacia el bienestar.**
- **Por otro lado, este trabajo es también para dar a las futuras generaciones de Ingeniería Química, material para leer acerca de las actuales tendencias que se siguen en las empresas manufactureras, ya que una gran proporción importante de nuevos ingenieros químicos ingresan a trabajar directo a las áreas de producción.**

Al final, un cliente que está decidiendo entre dos productos de calidad y valor comparable, va a decidirse finalmente por el de menor precio.

CAPITULO III.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es el de responder a todos estos cambios de orden mundial utilizando una estrategia competitiva de diferenciación en costos, mediante un cambio de enfoque en la división de manufactura; convirtiendo un Sistema de Producción por Procesos a Un Sistema de Manufactura Esbelta en la producción de Productos de Hule. Con esta propuesta se quiere demostrar todas las ventajas que se obtienen con el cambio mencionado, observando la operación como un todo y eliminando toda clase de desperdicio intrínseco en el sistema de producción, ordenar el proceso en una secuencia lógica que permita el flujo continuo del valor.

Se pretende demostrar que con este cambio de enfoque, se tendrán cambios radicales tales como:

- Reducción en los niveles de inventario tanto en proceso como en producto terminado.
- Aumento sustancial de la productividad.
- Mejora en la calidad del producto y proceso.
- Reducción radical en el tiempo de respuesta al cliente.
- Motivación; y
- Mejor ambiente de trabajo.

CAPITULO IV

SITUACIÓN ACTUAL

1. Descripción del proceso.

La manufactura de bandas es un proceso relativamente sencillo que consiste en la aplicación de varias capas de láminas de hules, con espesores diferentes, según la banda, sobre de un tambor cilíndrico hasta formar un tubo, el cual lleva intercalado entre las capas de hule una cuerda de textil, aplicada en espiral a un paso definido. Este tubo así construido tiene que ser sometido al proceso de la vulcanización (Proceso químico en el cual se forma un reticulado tridimensional de las cadenas lineales a partir de puentes de azufre, que son los más comunes, y que da lugar a un cambio del estado plástico al estado elástico)^[5]. Se vulcaniza en un autoclave con vapor saturado a diferentes temperaturas; después se desmolda y se corta al ancho al que va a ir la banda y se le da la forma trapezoidal perfilándola con una herramienta de corte. Existe una ramal en el proceso en donde las bandas se cortan antes de vulcanizar y se forran con lona impregnada de hule y se vulcanizan en un molde especial que les da la forma de trapecio.

Si se observa el proceso completo, quedaría un diagrama de flujo como el mostrado en la FIGURA 1.

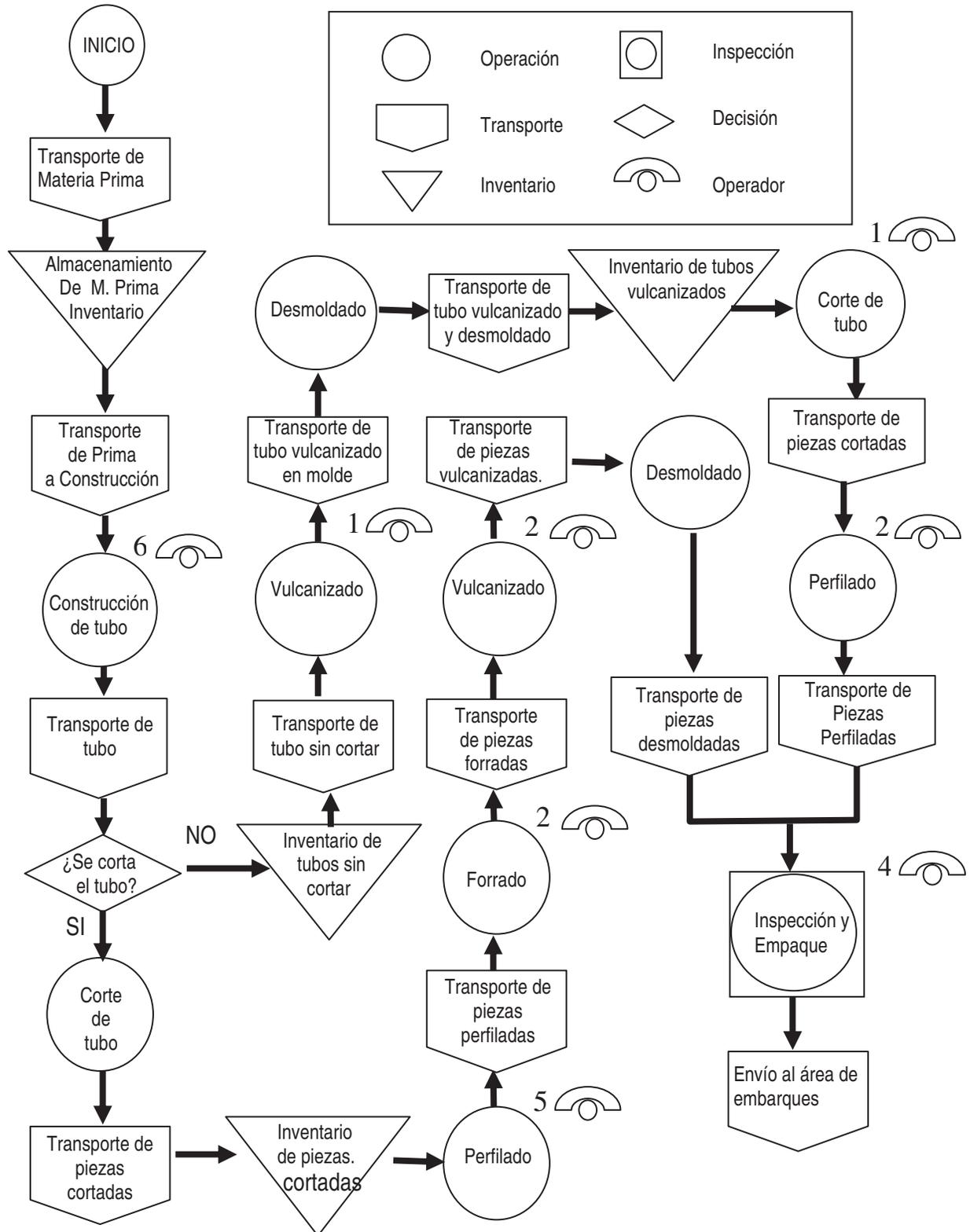


FIGURA 1. Diagrama de flujo del proceso actual propio de la compañía. Se modificó por cuestiones de carácter confidencial.

2. Descripción de la situación actual.

En la descripción de la situación actual, se explica inicialmente la situación general del área y enseguida se dan datos numéricos de algunos indicadores que nos ayudarán a evaluar el impacto de la propuesta de este trabajo.

- Disposición del equipo de proceso. El colocación actual del equipo está arreglado por procesos similares.
- Se producen lotes grandes para evitar cambios de puesta a punto.
- La capacidad fue definida en base a tiempos promedio según el tamaño del producto.
- La capacidad del área se estima históricamente de acuerdo a un promedio.
- La materia prima se requieren de acuerdo a la programación de la producción, algunas veces faltan materiales y se para la operación.
- Las cantidades de subproductos entre las operaciones del proceso llenan el espacio disponible y muy frecuentemente están apiladas, se necesitan varios carros de ganchos para colocar estos subproductos; y esto se ve normal ya que se ha hecho así por 40 años, se puede considerar como exceso de inventario pero es considerado normal ya que se necesita para mantener las operaciones trabajando en caso de que algún equipo se descomponga y por tanto las demás operaciones puedan seguir trabajando.
- Se usan herramientas de diferentes tipos de acuerdo a la operación del proceso.
- Se cuenta con procedimientos y estándares.
- Los procedimientos no explican las operaciones al detalle, el detalle depende de cada operador y su habilidad.
- Hay recorridos, para llevar accesorios, materia prima y hasta producto que son largos y repetitivos.
- Se produce una gran variedad de productos, que aunque son del mismo tipo, se producen con diferentes materiales y en diferentes medidas.

CAPITULO IV. SITUACION ACTUAL

- No existe una manera fácil de informar al personal de mantenimiento cuando un equipo se descompone.
- La gente produce a destajo por operación ya que es la manera en que se basa su bono de productividad.
- El porcentaje en piezas de defectuoso es alto.
- Al final de mes no se cubren todos lo requerimientos del cliente, dejando ordenes retrasadas para el mes siguiente.

Los indicadores que se han escogido son principalmente Productividad, y después algunos otros no menos importantes como Capacidad Diaria, Inventario en proceso de Materia Prima y Subproductos, Porcentaje de defectuoso y Mano de Obra. Y la TABLA 1 nos muestra la situación actual de estos indicadores, los cuales serán mostrados al final nuevamente con el impacto sobre ellos. “Con todo respeto a los lectores del presente trabajo, como ya lo he mencionado, por cuestiones de confidencialidad no se pueden utilizar los números reales de está compañía, pero se usará una base de cálculo que nos permita ver el impacto”.

TABLA 1. Indicadores de desempeño del área de manufactura piloto.

Indicador	Valor numérico
Productividad (Pzas/dia-h)	100 pzas. /d-h
Capacidad Diaria	12,000 Piezas
Inventario en Proceso M. Prima y Subproductos	5.días (60,000 Pzas)
Inventario en proceso Subproductos	1.45 Días (17,400 Pzas)
% de Defectuoso	10%
Mano de obra (# de personas de)	98 personas

Fuente: Información recopilada del área piloto.

CAPITULO V

MARCO TEORICO

1. Antecedentes.

1.1. Estrategia Organizacional y de Manufactura

Ya se ha hablado en la introducción de lo importante que es para las industrias la visión para permanecer en el mercado; a continuación se inicia el despliegue de cómo hacer que las cosas sucedan:

El área funcional en la que se dirigió el enfoque para la realización de esta tesis es “La Dirección de Operaciones”, la cual, junto con Mercadotecnia, Finanzas e Investigación y Desarrollo (Para aquellas compañías que lo hacen), forman lo que conocemos como las áreas funcionales más importantes de un negocio.

La Dirección de Operaciones es el área enfocada a las actividades relacionadas a la producción de bienes y servicios, y en este caso como se habla de la industria de manufactura, estas actividades o proceso de producción se refieren a la conversión de recursos como materia prima, mano de obra, equipo y servicios en bienes físicos; En otras palabras, el departamento o área de producción y el responsable directo del área.

Ahora bien, la división de la Dirección de Operaciones debe contar con sus estrategias propias derivadas de las estrategias globales de compañía. Las estrategias globales de la compañía son aquellas acordadas en la Planeación Estratégica. De acuerdo con Davis y Tumolo(1984) “La Planeación estratégica de una compañía es la planeación global sobre el futuro de dicha compañía; está proyectada a largo plazo con sus objetivos y consecuencias; Cubre a toda la empresa, sus recursos y departamentos y además está definida por la alta dirección y todos los demás objetivos y planes están subordinados a esta planeación.”

Por tanto las estrategias del área de producción deben de reflejarse día con día en las actividades en el piso de la fábrica y ser conocidas a todos los niveles, y como nacen a partir de las estrategias corporativas, deben compartir una misma meta.

Y regresando a lo comentado en la introducción, acerca de las tres estrategias globales para lograr incrementar la competitividad según Porter (1980), se ha tomado

la estrategia de Diferenciación en Costos, la cual está partida a su vez en las siguientes estrategias de acuerdo con Davis y Tumolo(1994):

- Costo
- Calidad
- Velocidad de Entrega; y
- Flexibilidad.

Costo. La habilidad de una compañía para manufacturar al más bajo costo, le da la oportunidad de ofrecer productos a bajo costo con posibilidades de un buen margen de utilidad y participación en el mercado. Una compañía debe mejorar y medir su proceso de conversión continuamente de modo que pueda empatar su tecnología y recursos a las necesidades del mercado.

Calidad. La buena calidad de un producto incrementa la satisfacción del cliente, lleva a una compañía a mejorar su participación en el mercado y a mejorar su margen de utilidad. La función de manufactura juega un rol vital al transformar las necesidades del cliente en productos que cumplen ciertas especificaciones. Además la calidad trae como consecuencia las reducciones en costo.

Velocidad de Entrega. El entorno global del mercado actual demanda entregas confiables y a tiempo, de acuerdo a las necesidades del cliente. Se ha demostrado que una planta pequeña responde mejor a los cambios de demanda y entrega que una planta grande, debido a que no tiene las estructuras, sistemas ni complejidades de estas últimas. Dado estos dos factores, la velocidad de entrega debe ser considerada como una estrategia de la división de operaciones y su visión debe ser global.

Flexibilidad. Es la habilidad de una compañía para adaptar las anteriores categorías de desempeño a las condiciones cambiantes del mercado, llámense Competencia, Situación económica, Regulación Gubernamental, Productos Alternos, etc.. Cada compañía debe de llevar de manera efectiva y frecuente un análisis de todos estos factores y corregir los puntos débiles si quiere permanecer competitiva.

1.1.1. Relacionando las Estrategias de Operaciones a las acciones en el piso de la planta.

Una vez que las estrategias de la organización están definidas así como las estrategias de operaciones, estas deben ser difundidas entendidas e implementadas en un programa en donde se han identificado las variables con que medir el avance. Es muy importante *identificar apropiadamente las variables que permitan medir el avance contra las estrategias escogidas.*

A través del tiempo han sido estas cuatro estrategias de operaciones de manufactura (Costo, Calidad, velocidad de entrega y flexibilidad); las que han hecho que las operaciones de la planta se desarrollen. Regresando un poco en la historia, en los 60's, Japón desarrolló el concepto de "La fábrica enfocada"^[18] cuyo concepto radicaba en las corridas de producción de lotes grandes con poca variedad de productos lo cual ocasionó una reducción considerable en costos; por su parte Toyota tomaba un enfoque más amplio trabajando sobre toda la cadena productiva, en los años 70's^[4] las compañías japonesas dirigieron su evolución hacia la calidad, y en esta década Toyota empezó a desplegar su filosofía del Sistema de Producción Toyota hacia sus proveedores clave, este sistema de producción tomaba en cuenta las cuatro estrategias mencionadas: Costo, Calidad, Velocidad de Entrega y Flexibilidad. Sin embargo todavía hasta finales de los 70's muchas compañías japonesas seguían trabajando con un enfoque solo en el costo; "automatizar para desplazar gente si el costo lo justificaba". En los 80's el enfoque continuó fuerte hacia la calidad con las aportaciones de grandes maestros de la calidad como Deming, Joseph Duran y Kaoru Ishikawa y más tarde, en los años 90's, toma lugar la evolución hacia la Manufactura Esbelta^[10].

El Concepto de la Manufactura Esbelta dice que las fábricas que producen y entregan productos con velocidad y de acuerdo a los requerimientos del cliente sin importar la variedad, lograrán una mayor participación de mercado sobre sus competidores más lentos, por entregar el producto más rápido. Por lo tanto, para convertir la fábrica en una fábrica con Manufactura Esbelta los responsables de áreas de producción deben hacer una revisión integral de las operaciones y procesos para lograr que exista un flujo continuo del proceso y que dentro de éstas se vaya

eliminando todo tipo de actividad que obstruye o detiene el flujo, para permitir que se reduzca el tiempo de entrega al cliente. Ejemplos de estas actividades son:

- Reducción de puesta a punto
- Reducción de los recorridos de material y operadores (Flujo del proceso)
- Corridas de producción flexibles

Y nuestro enfoque debe concentrarse en una de las necesidades actuales más apremiantes de nuestros clientes: “La velocidad de entrega”. En una frase, la idea general de esta parte de la estrategia es la reducción del tiempo de ciclo de producción a todo lo largo de la cadena productiva. Por supuesto esta reducción en el ciclo de producción trae un impacto sobre el “costo”, que es otra de las partes. La parte complementaria “calidad”, debe de aplicarse con un plan bien estructurado, enfocado en la mejora continua y creando la conciencia en el recurso más importante de toda compañía: El recurso Humano.

Ya se ha comentado anteriormente que como parte de un plan estratégico general de la corporación, todas las áreas o divisiones de la corporación deben estar enteradas de los objetivos establecidos y de la estrategia que nos lleve a conseguirlos. Por lo tanto, se debe asegurar que la gente de las áreas productivas conozca lo que debe hacer para hacer llegar los productos al cliente en costo, en tiempo y en calidad. Actualmente, las fabricas que tomen un enfoque diferente al propuesto no estarán en disposición de enfrentar los siempre cambiantes requerimientos de la competencia global.

Es aquí, donde después de haber analizado estas estrategias, donde toma dirección este trabajo de investigación. Se pretende que cualquier persona que tenga a su cargo una Dirección de Operaciones a nivel macro, o una área de Producción a nivel micro, debe tomar la determinación prepararse para enfrentar el futuro y de hacer la revisión efectiva de las operaciones de su proceso con el fin de identificar lo que agrega valor al producto (sean actividades o atributos) y lo que es un desperdicio; y pueda desarrollar un plan para eliminar toda clase de desperdicio.

1.1.2. Clasificación de los Procesos.

Tipos de Proceso

Dado que la esencia de este trabajo es la “Conversión de un Sistema de Manufactura por Procesos a Un Sistema de Manufactura Esbelta”, es muy importante darle un espacio a la descripción de los tipos de procesos de manufactura conocidos, clasificación basada en las operaciones de Manufactura.⁴

- Proceso de Proyectos
- Procesos intermitentes
- Procesos en Línea
- Procesos de Tecnología Agrupada

Procesos de Proyecto

Este tipo de proceso se refiere a cuando se da un requerimiento de un producto único en su género, en donde además los ejecutores de dicho proyecto realizan actividades múltiples cada uno. Como por ejemplo: Un rascacielos, un puente, etc.. Este tipo de proceso, dada su naturaleza, no lo abordaremos más en nuestro análisis.

Proceso Intermitente.

Hay dos tipos:

Tipo 1. Taller de Trabajo. Es aquel proceso que hace trabajos del tipo “varias unidades iguales por una única vez”; por ejemplo: Una invitación, un calendario.

Tipo 2. Proceso en baches. Es aquel en donde se fabrica repetidamente el mismo producto en un tamaño específico de lote.

En el proceso tipo intermitente la habilidad de los trabajadores debe ser muy alta en ciertas operaciones, pero al mismo tiempo se limita la diversidad en estas. La disposición del equipo de un proceso intermitente en baches es generalmente un arreglo del equipo de manufactura por procesos, en donde equipos similares están agrupados en un área específica. El flujo de materiales y productos a través de un proceso intermitente en baches a menudo se convierte en un “flujo en desorden”. La dirección de las flechas indica el flujo que siguen las partes antes de convertirse en producto terminado. Ver FIGURA 2.

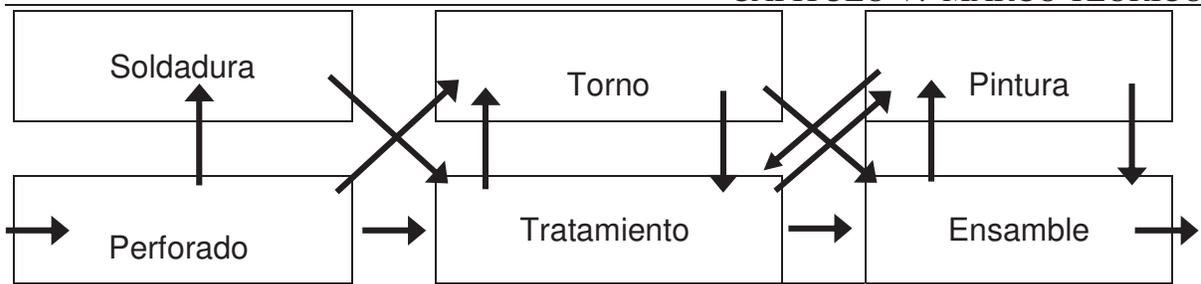


FIGURA 2. Proceso ordenado por operaciones similares

Proceso de Flujo en Línea.

Hay dos tipo:

Tipo 1. Línea de Ensamble. Ejemplo: Proceso de ensamble de autos, electrónicos.

Tipo 2. Flujo Continuo. Ejemplo: una refinería,

Este tipo de proceso es el más eficiente de todos, sin embargo es el más inflexible. Su principio se basa en corridas largas de producción de productos altamente estandarizados. Sus trabajadores requieren del conocimiento experto de una o muy pocas operaciones las cuales suelen ser repetitivas, lo cual se convierte en una actividad muy monótona, razón por la cual se tiende a automatizar este tipo de operaciones repetitivas dando lugar a procesos con mano de obra escasa. Para este tipo de procesos de flujo en línea, la disposición del equipo está orientada al producto y el equipo es arreglado en un área de acuerdo a los pasos progresivos necesarios para terminar el producto de acuerdo en como se muestra en la FIGURA3.

Producto #1



Producto # 2

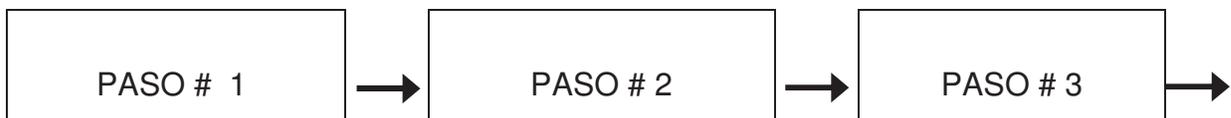


FIGURA 3. Proceso ordenado en línea

Proceso de Tecnología Agrupada.

Es un tipo de proceso relativamente nuevo y consiste en la designación de un área en la cual se arreglará sólo el equipo necesario para fabricar una “familia” de productos. La disposición del equipo, y por lo tanto el flujo del proceso, es por lo general en forma de ‘U” en donde se siguen progresivamente las operaciones necesarias. El proceso de Tecnología Agrupada es en sí un proceso derivado de los procesos *intermitente* y *en línea*, ya que muestra características de ambos.

Este tipo de proceso es apropiado para compañías que tienen proceso intermitentes que fabrican mezclas de productos que incluyen altos volúmenes de una “familia” de productos. Una “familia” de productos consiste en una línea de productos que son muy similares entre sí en tamaño y forma; y que requieren de materia prima muy similar y de la misma secuencia de operaciones.

Existen algunas otras definiciones identificadas como tipos de producción, sin embargo son prácticamente lo mismo estas son: *Producción por lotes*, *Producción en serie* y *Manufactura Celular*^[12], los cuales fueron descritos antes como Proceso Intermitente y Proceso de Flujo en Línea y Proceso de Tecnología Agrupada, respectivamente.

A continuación se muestra a manera de tabla (Ver TABLA 2), las características que cada uno de los tipos de proceso o producción tienen. Se han hecho algunos cambios a la versión original de esta tabla^[12] en lo que se refiere a la Producción Celular; ya que en su tabla el autor, da unas características de tipo de producción contrario, o simplemente no las nombra, y por la experiencia adquirida ya en el cambio a Manufactura celular se han definido para complementar apropiadamente la tabla. En el caso de Tamaño de lote es necesario mantener lotes pequeños para aumentar la flexibilidad; para Maquinaria y Equipo debe de separarse el equipo de manera específica para poder darle uso en familias de productos (específicos); En la Mano de obra es claro que la gente debe ser versátil y estar entrenada en el manejo de varios equipos y por supuesto en todo momento se debe pensar en tener un costo primo bajo.

TABLA 2. Características de diferentes tipo de producción

Características de la Producción o Proceso	En Serie o Flujo Continuo	Por Lotes o Intermitente	Celular
Variedad de Productos	Baja	Alta	Alta
Tamaño de lote	Grande	Pequeño a Mediano	<i>Pequeño a Mediano</i>
Inventarios en Proceso	Bajos	Altos	Bajos
Mano de Obra	Especializada	Versátil	<i>Versátil</i>
Costo Primo Unitario	Bajo	Alto	<i>Bajo</i>
Tiempos de fabricación	Corto y fijo	Largo y Variable	Corto y fijo
Control de Proceso	Sencillo y fácil	Complejo y difícil	Sencillo y fácil
Manejo de Materiales	Unidireccional	Multi-direccional	Unidireccional
Estabilidad de la demanda	Media /Alta	Baja / Media	Media /Alta
Maquinaria y equipo	De usos específicos	De uso general	<i>De usos específicos</i>
Flexibilidad del proceso	Baja	Alta	Alta
Orden de Fabricación	Para inventario	Por pedido del cliente	Por pedido del cliente

Fuente: Oliva López Eduardo, Sistemas Celulares de Producción, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN, 1999

1.2. Historia De La Manufactura Esbelta

1.2.1. Comienzos

La Manufactura Esbelta es la frase de moda en los círculos de manufactura. No es especialmente nueva. La manufactura esbelta se deriva del Sistema de Producción Toyota, Henry Ford y otros predecesores^[28]. La línea descendente de la Manufactura Esbelta y Justo a tiempo va hacia atrás hasta Eli Whitney y el concepto de partes intercambiables. Mientras Whitney es más famoso como inventor del despepitador de algodón, esta máquina es un logro menor comparado con la perfección del concepto de partes intercambiables. Whitney desarrollo esto en los 1790's cuando él tomó un contrato con el ejercito de Estados Unidos para manufacturar 10,000 mosquetes al increíble precio de 13.40 USD cada uno.

Durante los 100 años siguientes los fabricantes estaban preocupados principalmente en las tecnologías individuales. Durante este tiempo el sistema de dibujos de ingeniería se desarrolló, se perfeccionaron herramientas y procesos de

larga escala tales como el proceso Bessemer para fabricar acero eran el centro de la atención.

En tanto los productos se movían de un proceso discreto a otro a través del sistema de logística y dentro de las fabricas, muy poca gente estaba preocupada con:

- Que pasaba entre procesos
- Cuantos procesos múltiples estaban arreglados dentro de la fábrica
- Como funcionaba la cadena de procesos como un sistema
- Como desarrollaba su operación cada operador.

Esto cambio al final de la década de los 1890's con el trabajo de los primeros ingenieros industriales. Frederick W. Taylor empezó a analizar a los operadores y sus métodos de trabajo. El resultado fue un estudio de tiempos y trabajo estandarizado. Taylor fue una figura controversial. El llamaba sus ideas como Administración Científica. El concepto de aplicar ciencia a la administración era válido pero Taylor siempre ignoró las Ciencias del Comportamiento. Frank Gilbreth añadió los Estudios de Movimientos y desarrolló las Gráficas de Proceso. Las gráficas de proceso enfocaron su atención en todos los elementos del trabajo incluyendo aquellos elementos sin valor agregado que normalmente ocurren entre los elementos oficiales. Lillian Gilbreth introdujo la Psicología dentro de todas estas ideas estudiando las motivaciones de los trabajadores y como las actitudes afectaban la salida de un proceso. Hubo, por supuesto, muchas otras contribuciones. Esta fue la gente que originó la idea de "Eliminación del Desperdicio", una idea clave del Justo a Tiempo y La Manufactura Esbelta.

El Sistema de Producción de Ford

En los comienzos de 1910, Ford y su principal colaborador Charles E, Sorensen configuraron la primera estrategia de manufactura integral. Ellos tomaron todos los elementos de un sistema de manufactura – mano de obra, máquinas, herramientas y materia prima – y los arreglaron en un sistema continuo para manufacturar el automóvil Modelo T. Ford se convirtió en una persona exitosa, rápidamente llegó a ser uno de los hombres más ricos del mundo y logró que mucha gente alrededor del

mundo usara su modelo T. Ford es considerado por muchos el primer practicante del Justo a Tiempo y La Manufactura Esbelta.

El éxito de Ford inspiró a muchos otros a copiar sus métodos. Pero la mayoría de los que los copiaron no entendieron los fundamentos. Las líneas de ensamblaje de Ford fueron a menudo empleadas para productos y procesos que eran inapropiados para este tipo líneas. Es aún dudoso que Henry Ford entendiera totalmente lo que había logrado y porque era tan exitoso. Cuando los requerimientos de los clientes empezaron a cambiar, el Sistema Ford empezó a demostrar que no era tan eficiente no obstante Ford rechazó cambiar el sistema. Por ejemplo, la producción de Ford dependía en una mano de obra que estaba muy desesperada por trabajo y dinero a tal grado que los trabajadores sacrificaban su dignidad y autoestima. La prosperidad de los 1920's y el nacimiento de los sindicatos produjo conflicto con el Sistema Ford. La proliferación de productos también llevó al limite al sistema Ford. Los cambios anuales de modelo, los colores múltiples, y las opciones no cabían bien en las fábricas Ford.

En la General Motors, Alfred P. Sloan tomó un enfoque más pragmático hacia la producción y desarrollo estrategias de negocios para administrar empresas muy grandes y sobrellevar la variedad. Para los 1930's General Motors había pasado a Ford en la dominación del mercado de automóviles. Sin embargo, muchos elementos básicos del Sistema Ford eran válidos aún en la nueva era. El sistema de producción de Ford y sus derivaciones fueron un factor decisivo en la victoria de Los Aliados en la II Guerra Mundial.

1.2.2. El Sistema de Producción Toyota

La victoria aliada y las cantidades masivas de material detrás de esta, cautivaron la atención de los industriales japoneses. Ellos estudiaron los sistemas de producción de los estadounidenses con particular atención a las prácticas de Ford, además de el Control estadístico del Proceso de Ishikawa, Edwards Deming, y Joseph Juran. En la Toyota Motor Company, Taiichi Ohno y principal colaborador Shigeo Shingo, empezaron a incorporar el sistema Ford, el Control Estadístico del Proceso y otras metodologías dentro de un enfoque llamado Sistema de Producción Toyota. Ellos reconocieron el papel central de los inventarios.

Los directivos de Toyota reconocieron también que el sistema Ford se contradecía y tenía fallas, particularmente con respecto a los empleados. Con el general Douglas MacArthur promoviendo activamente la formación de sindicatos en los años de ocupación del Japón, las actitudes y las estructuras de trabajo eran extremadamente severas y degradantes en el Japón de la Postguerra. En realidad no había mucha diferencia en la manera de trabajar en Estados Unidos, pero no sería evidente por varios años porque “La gran generación” de este país continuó con sus actitudes de la Gran Depresión e hizo al sistema trabajar a pesar de sus defectos.

Toyota pronto descubrió que los trabajadores de las fábricas podían contribuir mucho más que tan solo con el poder de la fuerza. Este descubrimiento originó probablemente los Círculos de Calidad como consecuencia también del trabajo de Ishikawa, Deming y Juran que hicieron contribuciones muy importantes al movimiento de calidad. Este movimiento culminó en el desarrollo de trabajo en equipo y la manufactura celular. Durante este proceso de cambios, Shigeo Shingo, a sugerencia de Taiichi Ohno, empezó a trabajar en el problema de cambios de puesta a punto. Reducir los cambios de puesta a punto a minutos o segundos permitiría lotes pequeños y casi un flujo continuo como el concepto Ford original. El desarrollo de este trabajo introdujo una flexibilidad que Ford pensó que no era necesaria. Todo esto tomó lugar entre 1949 y 1975 y en algún momento dado se transfirió a otras compañías japonesas. Cuando las retribuciones de la productividad y la calidad empezaron a ser evidentes al mundo externo, los ejecutivos estadounidenses viajaron a Japón para aprender de esto y trajeron de regreso, aspectos superficiales como el kanban y los círculos de calidad. La mayoría de los intentos para copiar a Toyota fallaron porque no fueron integrados en un sistema completo, y porque muy pocos entendieron los principios básicos. Inicialmente Norman Bodek publicó los trabajos de Shingo y Ohno en inglés. El hizo mucho para transferir este conocimiento y fomentar la conciencia en el mundo occidental. Robert Hall y Richard Schonberger escribieron libros populares acerca del tema.

Manufactura de Clase Mundial y Manufactura Esbelta

Para los 1980's algunos fabricantes de Estados Unidos, tales como Omark Industries, General Electric y Kawasaki, tuvieron éxito con estos métodos. Los

consultores se lanzaron a la campaña y los acrónimos que hacían referencia a este sistema de producción se multiplicaron: Manufactura de Clase Mundial (WCM), Producción sin Inventarios, Manufactura de Flujo Continuo (CFM), y muchos otros nombres todos referidos a los sistemas que eran esencialmente Justo a Tiempo. Gradualmente, el conocimiento y la experiencia base se desarrollaron y las historias de éxito se hicieron más frecuentes.

En 1990 James Womack escribió un libro llamado “La máquina que cambió al mundo”. El libro de Womack(1990) fue una franca descripción de la historia de la manufactura del automóvil, combinada con un estudio de las plantas de ensamble japonesas, estadounidenses y europeas. Lo que tuvo de nuevo también fue una frase: “*Manufactura Esbelta*”.

La Manufactura Esbelta (ME), nombre acuñado a partir del logro de Toyota, atrapó la imaginación de los fabricantes en muchos países. El conocimiento y la experiencia base se está expandiendo rápidamente.

1.3. Manufactura Esbelta

1.3.1. Fundamentos y definición.

La Manufactura Esbelta es una *cultura* donde día a día la gente de la gerencia, ingeniería, calidad, laboratorio, supervisores, líderes y operadores están involucrados y hacen de su comportamiento un hábito para la mejora continua y la solución de problemas. La Manufactura Esbelta significa más dependencia en la gente, porque la gente es la que hace que el sistema viva: trabajando, comunicando, resolviendo problemas y creciendo juntos^[10]. Es cierto que existe una serie de metodologías y pasos que pueden guiarnos a implantar un sistema de producción de ME, pero es importante que se entienda el compromiso y el reto que se tiene, desde la gerencia hasta el área de producción, para cambiar la cultura actual por la cultura de servicio hacia lo que agrega valor, sean personas, actividades o atributos del producto.

Uno de los principios básicos del mercado entendidos por Toyota en el tiempo en que se desarrolló su sistema de producción fue que el cliente es el que fija el precio de venta, no el que vende^[17]. Y entonces asumió la siguiente reflexión “Incrementar el valor para el cliente y reducir el costo, en lugar de incrementar el

precio de venta”. En donde la meta es reducir los costos para mantener la utilidad y la preferencia del cliente.

Explicado de otra manera, así compara el pensamiento tradicional con el pensamiento del Sistema de Producción Toyota (TPS), en donde de las tres variables de la ecuación, Toyota escogió reducir el costo en lugar de incrementar el precio de venta, para mantener la utilidad. Este es el principio de reducción de costo.

Esquema tradicional

$$\text{Precio de Venta} = \text{Costo} + \text{Utilidad}$$

Pensamiento del TPS

$$\text{Utilidad} = \text{Precio de Venta} - \text{Costo}$$

Por lo cual, el paso primario de la Manufactura Esbelta debe ser la identificación de las oportunidades para reducir costos. Esta última frase puede ser engañosa y de hecho ha sido la causa de gran confusión para entender el Sistema de producción Toyota, ya que como se ha visto en la evolución de las estrategias de manufactura, que inclusive en el Japón se dio la migración hacia las economías de escala, corridas largas de un solo producto para minimizar los costos; sin embargo, la verdadera oportunidad de reducir costos no se tiene ni siquiera que inventarla, solamente estudiarla y encontrarla: Es la identificación de todo tipo de desperdicio y su eliminación. Ver FIGURA 4. en donde se muestra el desperdicio en una cadena de valor de una línea de ensamble que inicia con la fundición.

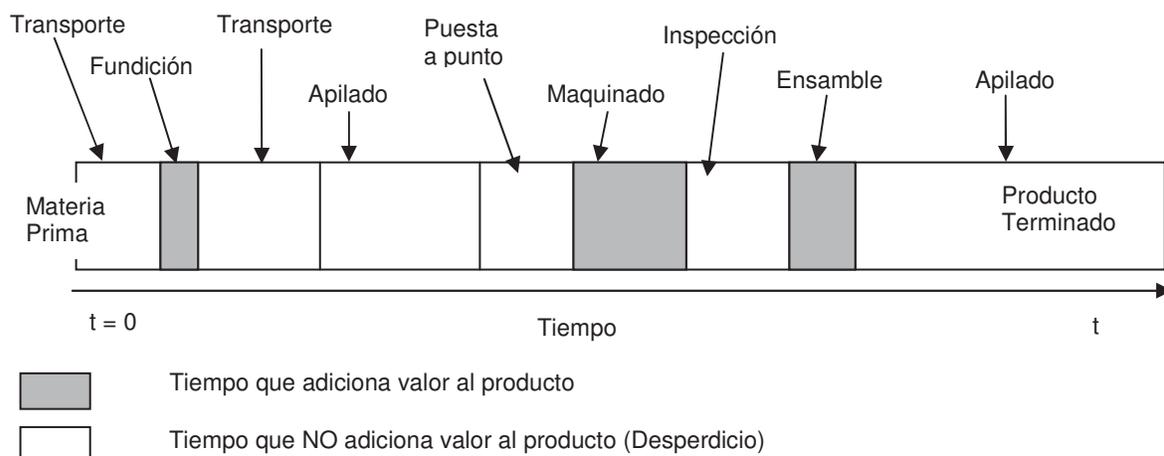


FIGURA 4. Cadena de valor. Muestra la proporción entre operaciones con valor y sin Valor. Fuente: Liker Jeffrey K., The Toyota Way, McGraw-Hill, 2004

Si se observa la FIGURA 4, el tiempo que adiciona valor solo es una pequeña porción del tiempo total. En promedio se habla del 5% del tiempo total.^[10]

Tradicionalmente, lo que se ha venido haciendo, a lo largo de muchos años, es tratar de optimizar operaciones con valor agregado para obtener ahorros, o de automatizar algunas operaciones que ahora podemos identificar como desperdicio y no justificaban la inversión.

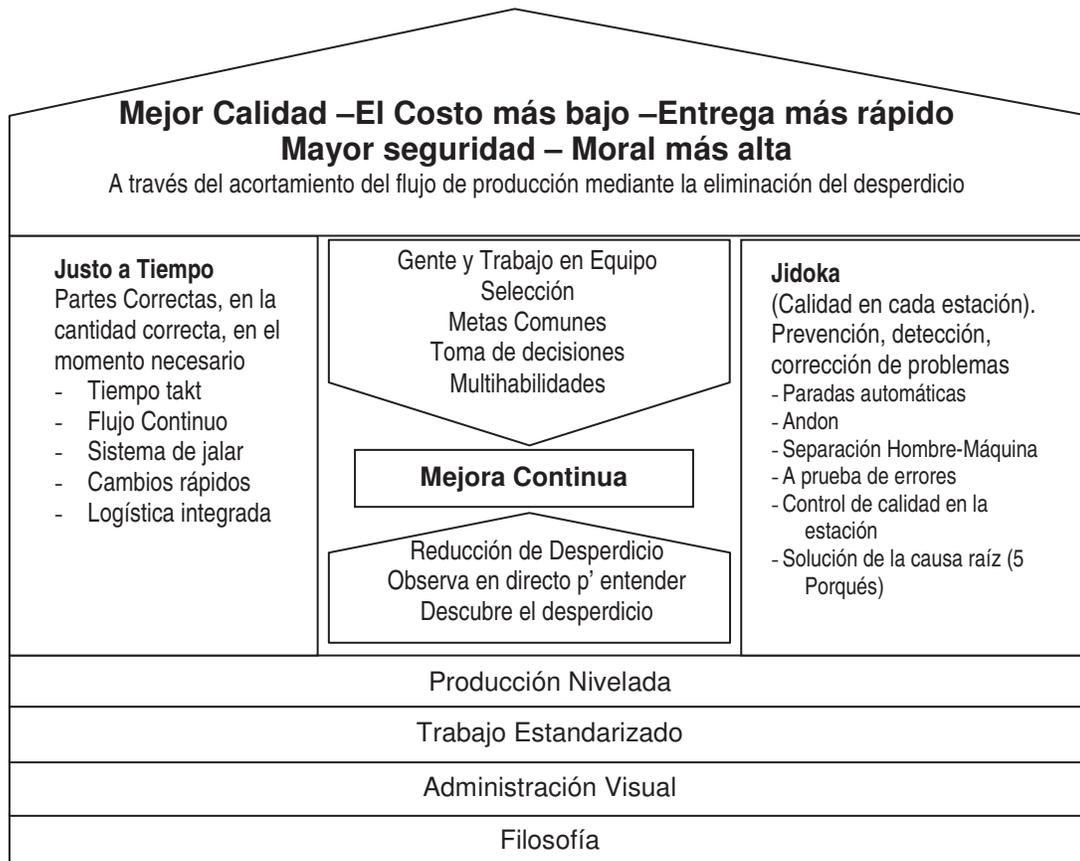
El pensamiento de la manufactura esbelta se enfoca en la cadena de valor para eliminar las partes que no agregan valor.

Volviendo a la definición de Manufactura Esbelta, después de revisar los principios básicos, podemos decir también que “Es el proceso en el cual se han eliminado o disminuido toda clase de actividades que no agregan valor al producto”.

1.3.2. La casa del Sistema de Producción Toyota

Por décadas Toyota trabajó bien aplicando y mejorando el TPS directamente en las áreas de producción, en las operaciones del día con día sin documentar la teoría del TPS, constantemente se aprendían nuevos métodos o variaciones de los viejos a través de la práctica en el piso y como era una compañía pequeña funcionó bien, y aún se desplegó en las otras plantas sin problema. Pero al madurar estas prácticas dentro de la organización, se hizo claro que la transmisión de estas prácticas a la base de proveedores era una tarea de nunca acabar, por tanto Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno desarrollo una simple representación del sistema: Una casa.

La casa del TPS^[10], como se muestra en la FIGURA 5, ha llegado a ser uno de los símbolos más reconocidos en la manufactura moderna. Fujio Cho creo la casa del TPS porque una casa es un sistema estructural, La casa es fuerte solamente si el techo los pilares y los cimientos son fuertes; una unión débil debilita toda la estructura. Aunque existen diferentes versiones de la casa los principios se mantienen.



Fuente: Liker Jeffrey K., The Toyota Way, McGraw-Hill, 2004

La casa empieza con las metas que son: La mejor Calidad, el Costo más bajo y el Tiempo de Entrega más Corto lo cual forma el techo. Después están los pilares que son: El Justo a tiempo (Partes Correctas, en la cantidad correcta, en el momento necesario), y el Jidoka (No dejar pasar defectos a la siguiente operación). En el centro de la casa está La Gente (Selección, Manejo de múltiples tareas, Trabajo en Equipo, Metas Comunes), La Reducción del Desperdicio (Observar en el lugar del problema para entenderlo, Aplicación de método de solución de problemas 5 porqués, y el descubrimiento del desperdicio por observación) y la Mejora Continua o búsqueda de la perfección. Finalmente existen varios elementos de cimentación que incluyen la nivelación de la producción tanto en volumen como en variedad: Heijunka; La necesidad por un proceso estandarizado que promueva el flujo continuo, estable, y confiable: Trabajo Estandarizado; La definición de un lugar para cada cosa y cada

cosa en su lugar para dar orden: Administración Visual; y como ultimo la Filosofía del Sistema de Producción Toyota.

Cada elemento de la casa es crítico por sí mismo, pero más importante es la manera en que cada uno de los elementos se refuerza uno a otro. JIT significa remover tanto como sea posible el inventario usado como “colchón” para ocultar problemas que se puedan tener en la línea de producción. El ideal de “Flujo de una pieza” es hacer una pieza a un tiempo al paso que el cliente lo va demandando (Tiempo Takt), cuando los inventarios de seguridad se reducen o desaparecen los problemas se hacen evidentes; y se tiene que detener la producción. Si los problemas son de calidad esto refuerza el Jidoka. Como no existen inventarios de seguridad o son muy pequeños, esto crea un sentido de urgencia en los operadores ya que se está rompiendo la continuidad y estabilidad del flujo, La gente al actuar es la que va a promover la estabilidad y el flujo continuo y por tanto la Mejora Continua. Algo más que menciona la casa del TPS son la Seguridad y la Moral. No puede haber Mejora Continua sin considerar la seguridad y no puede establecerse un Sistema de Producción centralizado en la gente sin considerar el hacer sentir a gusto a la gente en su trabajo.

1.3.3. Principios de la Manufactura Esbelta

De acuerdo a Womack y Jones(2004), quienes básicamente resumieron los conceptos básicos del Sistema de Producción Toyota en su Libro “Lean Thinking”, estos son los principios para el desarrollo de la Manufactura Esbelta:

- Valor

Adiciona solamente valor en tu proceso de acuerdo al requerimiento del cliente, para cualquier bien o servicio requerido. Una vez que se conoce lo que el cliente está dispuesto a pagar por, se pueden identificar oportunidades donde hay costo pero no valor, en gran beneficio de la compañía.

- Cadena de valor

Identifica la cadena que crea el valor. Es el ciclo de vida de un producto desde el origen de las materias primas, su proceso de transformación en un producto

terminado, pasando por el uso y costo de uso del producto, hasta la disposición final de éste. Solamente con un claro entendimiento de esta cadena de valor o ciclo de vida, las compañías pueden definir claramente el flujo de la cadena de valor de dicho producto y reconocer el desperdicio asociado. Arregla tu equipo y proceso en el orden en que el valor es creado.

- Flujo Continuo del Proceso

El flujo del proceso debe estar organizado de acuerdo a las necesidades del cliente mas que de las conveniencias de la organización y avanzar ininterrumpidamente. Si por alguna razón la cadena de valor se detiene, se está creando desperdicio. Cada aspecto de la producción y entrega debe estar sincronizado, tales como programación de la producción, disponibilidad de materiales, cambios de puesta a punto, etc.. Sin paradas, sin inventarios, sin ordenes atrasadas por lo que el estado ideal del flujo continuo es el flujo de una pieza.

- Demanda del Cliente

Produce de acuerdo a la demanda del cliente. El cliente es quien debe de activar la orden de producción de su producto, esto incluye a los clientes internos de tal manera que no se genera exceso de trabajo en proceso (Work in process o WIP). Para lograr esto es necesaria una gran flexibilidad con tiempos de respuesta muy rápidos para diseño, producción y entrega y requiere también de un mecanismo de información para cada paso dentro de la cadena de valor, de que es lo que se requiere de ellos en cada momento para cumplir las necesidades del cliente. En una organización Esbelta no hay necesidad de gastar en controlar la producción en exceso, ni en almacenamiento de bienes.

- Mejora Continua

Crea la conciencia de la mejora continua. Los conceptos Lean no son un fin, es un camino y la búsqueda de la perfección debe ser perseverante.

1.4 Los pasos para la Implantación de la Manufactura Esbelta.

Aún existe diferencias entre los autores de la bibliografía consultada acerca de cuales deben ser los pasos y el orden en que estos deben seguirse para implantar un programa de desarrollo de Manufactura Esbelta. En algún momento se ha confundido

la aplicación de algunas metodologías aisladas, como kanban principalmente, con la verdadera estrategia para la implantación de la Manufactura Esbelta. Es cierto que se usan variadas metodologías, pero la verdadera certeza de su uso y la definición del orden de aplicación lo define el proceso mismo. Los siguientes pasos son un propuesta para la implantación de una estrategia de manufactura esbelta y en realidad son una combinación de los descritos en el libro Value Stream Management de Tapping, Luyster y Shuker(2002), y la casa de la manufactura esbelta (ver FIGURA 5), y en esencia vienen siendo los principios de la Manufactura Esbelta revisados anteriormente.

- Crear la Cultura
- Define el valor desde la perspectiva del cliente
- Define el estado actual
- Promueve el flujo continuo del trabajo. Elimina los 8 desperdicios. Produce de acuerdo a la demanda del cliente
- Persevera en la búsqueda de la perfección.

1.4.1. Crear la cultura

Las bases mas importantes de la manufactura esbelta son dos: la cultura y la gente; porque como ya se dijo anteriormente La Manufactura Esbelta es una cultura donde la gente hace de su comportamiento un hábito para la mejora continua y la solución de problemas.

La cultura

El cambio de cultura inicia por la gerencia, que debe estar convencida de que es necesario un cambio para ser competitivo. Un directivo con la responsabilidad de una compañía de cualquier tamaño tiene la obligación de prepararse y conocer que hay de nuevo en el ambiente de la manufactura y si es necesario, contratar un consultor que le ayude a entender mas rápido; también es responsable del futuro de la compañía. Por lo tanto es importante que la alta gerencia este convencida de la necesidad de eliminar todo tipo de desperdicios para que pueda liderar el cambio hacia la manufactura esbelta, debe entender que debe basar sus decisiones

administrativas en la creación de una cultura a largo plazo, aunque a veces esto implique el sacrificio de metas financieras a corto plazo. La administración debe demostrar como y porque es diferente y sobre todo demostrar el compromiso que se tiene en el cambio. Una vez que la alta gerencia esta convencida y dispuesta a emprender el proyecto, es momento de trazar el plan para cambiar la cultura en la gente. El compromiso que demuestre toda la organización será reflejo del compromiso que muestra la alta gerencia.

De acuerdo a Liker(2004), estas serían principios básicos en la creación de la cultura de largo plazo, dentro de la organización:

- Todos deben tener un propósito con sentido filosófico que sustituya cualquier toma de decisiones a corto plazo: Trabajar, crecer y alinear la organización completa hacia un propósito común que va más allá de ganar dinero. Cada quien debe de entender cual es su lugar en la historia de la compañía y trabajar para llevar a la compañía a el nivel próximo. La misión filosófica propia es el cimiento de todos los otros principios.
- Cada quien debe generar valor para el cliente, la sociedad, y la economía, este es el punto de inicio. Evalúa cada función en la compañía en sus habilidades para lograr esto.
- Todos deben aceptar su responsabilidad. Cada uno debe esforzarse en decidir su propio destino. Se debe actuar con auto confianza y creer en las habilidades propias. Se debe asumir la responsabilidad de la conducta propia, mantener y mejorar las habilidades que permitan producir valor agregado.

El Recurso Humano

La Manufactura Esbelta significa más dependencia en la gente, porque la gente es la que hace que el sistema viva: trabajando, comunicando, mejorando, resolviendo problemas y creciendo juntos. Por lo tanto, el bienestar y el desarrollo de la gente debe ser prioritario para la alta gerencia y critico para lograr el éxito. Se les debe enterar del rumbo que va a tomar la compañía, los objetivos, los medios para lograrlo, pero sobre todo se les debe permitir ser parte activa del cambio. La gente debe saber también que le espera, que beneficios se van a obtener con el cambio y

estos beneficios dependen del estado actual de la compañía y del porque ha decidido cambiar a un sistema de producción de manufactura esbelta: Como una estrategia para salvar a la compañía o como una estrategia para seguir siendo líder del mercado. Estos beneficios pueden ir desde la conservación del empleo al ayudar a sobrevivir a la compañía, hasta el mejoramiento de las condiciones de trabajo y algunos bonos especiales.

Nuevamente de acuerdo con Liker(2004), es importante adicionar valor a la organización desarrollando a la gente y a sus socios, y lo comenta en los siguientes tres principios:

- *Desarrolla líderes que entienden completamente el trabajo, viven la filosofía y la enseñan a otros.*
 - Desarrolla líderes dentro de la organización, en lugar de traerlos de afuera.
 - Los líderes deben ser “ejemplo” en su trabajo, de la filosofía y manera de hacer negocios de la compañía.
 - Un buen líder debe entender el trabajo diario en gran detalle de tal manera que pueda ser el mejor maestro de la filosofía de la compañía.
- *Desarrolla gente excepcional y equipos que sigan la filosofía de la compañía*
 - Crea una cultura fuerte en la cual los valores y creencias de la compañía son ampliamente compartidos y sostenidos sobre un periodo de muchos años.
 - Haz un esfuerzo permanente para enseñar a los individuos como trabajar juntos como equipo para lograr metas comunes. El trabajo en equipo es algo que tiene que ser aprendido.
- *Respeto a la amplia red de socios y proveedores alentándolos y ayudándolos a mejorar.*
 - Ten respeto de socios y proveedores y trátalos como una extensión de tu negocio
 - Alienta a tus socios proveedores a crecer y desarrollarse. Esto demuestra que tu los valoras. Fija metas retadoras y apoya a tus socios a cumplirlas.

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

El cliente es la única razón de existir de los negocios y si queremos sobrevivir necesitamos saber “Quiénes son, Qué quieren, Cuando lo quieren y Como lo quieren”. El cliente es quien define la cadena de valor de una compañía, y con esto no queremos decir que literalmente el cliente tiene que ir a la planta y decir que operaciones agregan valor y por cuales no piensa pagar, en realidad el cliente define sus requerimientos a través de sus especificaciones y la manifestación de sus necesidades, las cuales pueden ir desde el precio de compra, uso y hasta la disposición final. Estas expectativas del cliente son las que se deben de interpretar y así, identificar todo tipo de desperdicio en la cadena de valor y eliminarlo.

Antes de definir el valor desde el punto de vista del cliente se necesita entender que es el *valor*, que es la *Cadena de Valor* y que es el *desperdicio*.

Valor: El valor es la actividad que transforma cierta propiedad de una materia prima o una característica adicionada de acuerdo con el requerimiento del cliente, para convertirla en un producto terminado y que además el cliente está dispuesto a pagar por ella.

Cadena de valor^[21]: Es el ciclo de vida de un producto desde el origen de las materias primas, su proceso de transformación en un producto terminado, pasando por el uso y costo de uso del producto, hasta la disposición final de éste.

Desperdicio: Es aquella actividad o característica que consume tiempo y recursos en un producto o servicio, pero que el cliente no la requirió, no notará si se hizo o no, o si hace falta, y que, por supuesto, no está dispuesto a pagar por ella. (Actividad sin valor agregado).

Ahora, para definir el valor desde la perspectiva del cliente, se empieza por observar el proceso directamente, por conocer las aplicaciones del producto y preguntándose que es lo que el cliente quiere de este proceso. Esto es lo que definirá el valor. A través de los ojos del cliente usted podrá observar el proceso y separar los pasos que agregan valor, del desperdicio. Es importante aclarar que cuando se hace referencia al proceso no estamos hablando únicamente del área de producción, sino de todo el proceso que ayudará a satisfacer el requerimiento del cliente en costo, tiempo, calidad y cantidad, y se hace referencia a la logística de

recepción de ordenes del cliente, solicitud de cotización, requerimiento de materia prima, abastecimiento de materia prima en sus lugares de uso, producción y entrega. Y además, esta definición de valor aplica a compañías de servicio y de información también.

Para ilustrar mejor este tema, si se ve el ejemplo descrito en la FIGURA 4. El proceso tiene muchas operaciones pero solo 3 de ellas adicionan valor, las que están marcadas en letras negritas en el siguiente listado, hay algunos como la transportación que no agregan valor pero que se necesitan, y en este caso tendremos que minimizar el tiempo de esta actividad disminuyendo la distancia de transporte, pero la gran mayoría de las actividades no agregan valor ni son necesarias.

1. *Transportar materiales a Fundición*
2. *Fundición de materia prima*
3. *Transportar subproducto*
4. *Acomodarlo apilado en el almacén*
5. *Puesta a punto del equipo de maquinado*
6. *Maquinado de subensambles*
7. *Inspección de sub-ensambles*
8. *Armado de sub-ensambles*
9. *Apilado en área de producto terminado*

Es importante también señalar que hay actividades que aunque no agregan valor, son necesarias, y se debe de adquirir la experiencia para reconocer ambas. Una herramienta que puede ayudar a tomar decisiones sobre las operaciones de un proceso o características de un producto es la Ventana de Valor Agregado^[26], tal como se ve en la TABLA 3. Esta ventana es auto explicable y muy útil para identificar las oportunidades de mejora. Una vez que se entiende que actividades y recursos son absolutamente necesarios para crear valor, todas las demás son desperdicio y se tiene que luchar incansablemente para eliminarlo.

TABLA 3. Ventana de Valor Agregado

		¿Agrega Valor?	
		Si	No
¿Es Necesaria?	Si	Mejorarla	Minimizarla
	No	Venderla al cliente	Eliminarla

Los siete (+1) grandes desperdicios

Entender la historia y las razones de la Manufactura Esbelta ayudará a entender los lectores de este trabajo la estrategia de implantación. Como fue comentado anteriormente Taiichi Ohno desarrollo la Manufactura Esbelta en Toyota en un periodo de 20 a 30 años. La intención no era desarrollar toda una metodología para la manufactura, sino simplemente desarrollar soluciones para los problemas específicos de Toyota. T. Ohno visualizó un sistema ideal de producción, primero en términos de flujo de trabajo, inspirado por Ford: con una serie de estaciones de trabajo adyacentes balanceadas, sincronizadas y sin inventario entre las estaciones y este entregaba producto a los clientes exactamente cuando ellos lo necesitaban y retiraba materiales de los proveedores exactamente cuando se necesitaba (Justo a tiempo). De acuerdo a la historia, Ohno preguntó entonces a sus subalternos que era lo que impedía la realización de esta meta del Sistema sin Inventario les requirió “eliminar las razones del inventario” como fueran apareciendo. Todo esto, desarrolló los elementos de la Manufactura Esbelta dirigidos a eliminar las razones del inventario ya que Ohno entendió que “Inventario” significaba “Desperdicio”^[14]. Otro de los conceptos entendidos por T. Ohno fue que entre más rápido se entregara un producto al cliente, más rápido sería el retorno de efectivo.

El sistema de Producción Toyota tiene identificados siete (+1) tipos de desperdicios que son los siguientes^[10]:

- Sobreproducción

La producción de más artículos de los que son requeridos por el cliente. Si se producen más artículos de los requeridos por el cliente con la esperanza de “forzarlo” a comprarlos, pueden suceder dos cosas: El cliente puede aceptarlos, pero le causará sobre inventario y lo obligará a cancelar pedidos futuros; si no lo acepta el sobre inventario pertenecerá al productor. Si se producen a sabiendas que el cliente los requerirá el siguiente mes, no importa, la manufactura de artículos antes de que sean requeridos por el cliente es sobreproducción. Es empujado por la necesidad de usar la capacidad y de cumplir metas. Ocasiona otro de los desperdicios y con él sus problemas como: exceso de inventario en proceso y producto terminado, crea exceso de gastos en control de inventarios, control de información, y esconde el defectuoso.

- **Espera**
Típicamente en los procesos de varias operaciones como son los intermitentes o Celulares, el producto gastará tiempo esperando ser procesado. Por lo tanto su tiempo de ciclo de proceso estará atado a esperar por la siguiente operación. Esto ocasiona un flujo de proceso pobre.
- **Transporte**
El transporte y manejo de producto o subproductos entre las operaciones de un proceso no agrega ningún valor. Excesivo transporte puede causar daños al producto. El personal encargado de este transporte es un costo adicional. Entre más largos sean los recorridos para transportar materiales entre operaciones, procesos o el sistema completo, mayor es el desperdicio. La automatización del transporte es un error ya que debería en todo caso eliminarse.
- **Sobrepceso**
El uso de equipos muy sofisticados para operaciones que pueden llevarse a cabo con equipos o herramientas más simples. También se refiere a las operaciones, ya que estas pueden estar diseñadas con un sobrepceso, cuando pudieran ser más simples.
- **Inventario**
El inventario en Proceso (WIP) es un resultado de la espera y de la sobreproducción. Si se genera sobreproducción e “inventario en proceso” en el

piso esto repercutirá en la función del Departamento de Abastecimientos generando requerimientos por materia prima y por tanto exceso de inventario de materias primas. Los inventarios tienden a crear muchos más problemas como esconder defectuoso, incrementar los tiempos de entrega al cliente, ocupan el espacio productivo del piso, ocasiona pérdidas por caducidades, maltratos, tiempo para administración, más gente, etc..

- **Movimiento**

Desperdicio relacionado a la ergonomía en todas sus instancias tal como doblarse, estirarse, caminar, levantar alcanzar y dejar, para realizar un operador sus operaciones. Los trabajos con exceso de movimientos deben analizarse y rediseñarse con ayuda del personal involucrado.

- **Corrección**

Corregir producto defectuoso es un desperdicio. El enfoque debe ser en la prevención del defectuoso antes que corregir lo que sale mal.

- **Talento.**

Existe un desperdicio adicional identificado, aunque no mencionado previamente en los desperdicios identificados por Taiichi Ohno, creador del Sistema de Producción Toyota, el cual es el talento. Los operadores no son solo fuerza y tienen mucho que aportar para la mejora. Por lo cual debe fomentarse la creatividad.

1.4.3. Define el estado actual.

Uno de los pasos más importantes en la jornada hacia la Manufactura Esbelta es la definición del “Estado actual” de la compañía, y para esto es necesario que se tenga un firme entendimiento de los conceptos de Manufactura Esbelta (ME). Los conceptos de la ME ayudará a definir los indicadores necesarios para reconocer el avance contra el “estado actual”, si esta línea base no se tiene bien definida, nunca sabrá el grado de avance que se tiene.

Como se comenta en el libro Value Stream Management^[19], “Aprendiendo el Sistema de Producción Toyota (TPS) es muy parecido a aprender a manejar una

bicicleta. No puede ser completamente enseñado en un salón de clase o leyendo un libro. Se puede dibujar una bicicleta en un pizarrón y decirle a la gente donde colocar sus manos, donde sentarse y donde poner sus pies, pero esta explicación no es suficiente para enseñarles como manejarla. Para llegar a ser capaz de manejar una bicicleta, se debe *aprender haciéndolo*. Se pudiera necesitar ayuda al principio, porque no se ha aprendido como equilibrarse pero después de varios intentos y caídas, se empezará a desarrollar la habilidad de manejar. Es lo mismo con la implantación del TPS, se puede leer material acerca del sistema, atender talleres y conferencias del tema. Esto le ayudará, pero como manejar una bicicleta, se debe *aprender haciéndolo*. Se necesitará ayuda, al principio, de gente que ha implantado la Manufactura Esbelta antes, ellos ayudarán a mantener el equilibrio. Tan pronto como se empieza a cambiar el área de trabajo con eventos kaizen, se cometerán errores; no hay que rendirse cuando suceda, hay que levantarse y tratar de nuevo”

Aunque debemos asegurarnos que todos entendamos los conceptos de la ME, ya se menciona que se debe aprender haciéndolo, por lo que es importante que se inicie con un grupo seleccionado de gente que sería la línea base. Debe ser un grupo de gente que participe dando soporte a las operaciones del día con día, ya que se pretende reflejar lo que sucede en piso a detalle. Para poder definir el estado actual y aún el estado al que queremos llegar, existe una herramienta que se llama Mapa de la Cadena de Valor, que nos va a ayudar de manera visual a conocer el estado actual y a administrar el cambio.

1.4.4. Promueve el flujo continuo del trabajo.

Elimina los 8 desperdicios. Produce de acuerdo a la demanda del cliente.

Como ya se ha comentado, entre más rápido se mueva el material desde que entra como materia prima hasta que sale como producto terminado, más rápida será la recuperación del capital. Por lo tanto, al acortar el tiempo que sucede desde el inicio hasta el fin estaremos promoviendo el menor costo, mejor calidad y mejor tiempo de entrega. El promover el flujo de una pieza o flujo continuo es promover que se implementen las demás metodologías de la ME. Se debe iniciar por reducir el

desperdicio de los inventarios en proceso, y eso es similar a cuando disminuye el “nivel de agua en un río y quedan expuestas las piedras del fondo”, o sea que al disminuir el inventario en proceso quedarán expuestos los desperdicios. Al descubrir estos desperdicios que serán: sobreproducción, movimientos, esperas, transporte, sobre-proceso, defectuoso, y desperdicio de talento; deben de ser eliminados tan pronto como se vayan evidenciando, de manera incansable.

Beneficios del flujo de una pieza.

De acuerdo con Liker (2004), estos serían los beneficios del flujo continuo:

- Mejor. Calidad. Cuando se inspecciona la producción mientras se realiza, a la entrada o salida de una operación, es más fácil establecer un ritmo que permite aún el corregir los propios defectos. Cuando se acumula el inventario en cierta operación ni siquiera existe ritmo, ni prisa, ni compromiso.
- Flexibilidad. Un proceso ágil de cambios de puesta a punto permite cambios de línea de producto más rápido, por lo que se puede producir de acuerdo a la demanda del cliente.
- Productividad. En un proceso de corridas largas de producción a veces es difícil determinar si es realmente productivo, muchas veces se produce para almacenar, existe sobreproducción, re-procesos y defectuoso que luego requieren de gente adicional para clasificar, re-trabajar o separar y muchas veces es difícil cuantificar el tiempo de esta gente. En un proceso de flujo continuo es fácil identificar quien tiene mayor carga de trabajo y quien tiene más tiempos de espera y si se corrigen los desperdicios de que se habló conlleva a disminuir la cantidad de recurso humano necesario y por tanto incrementando la productividad.
- Libera espacio en piso. Al convertir los procesos por operaciones similares en procesos de manufactura celular, los equipos se juntan unos con otros para reducir los recorridos y reducir el inventario en proceso, con lo que se recupera una gran cantidad de espacio que puede ser usada para nuevos proyectos.
- Mejorar la seguridad. Al mover baches de una sola pieza, las lesiones por cargar materiales se reducen. También es menor la necesidad de usar montacargas, y

existen menos pasillos o accesos bloqueados lo cual hace del flujo de una sola pieza una manera efectiva de prevenir accidentes aún sin un programa especial para reducirlos.

- Mejora la Moral. El sentimiento de logro y la evidencia de los cambios proporciona satisfacción a la fuerza laboral, levantando la moral de ésta.
- Reducción del costo del inventario. Al reducir el inventario en proceso, materias primas y producto terminado, se liberan capitales para invertirlos en otra cosa, y además no se tiene que pagar los gastos de manejo de inventario.

1.4.5. Persevera en la búsqueda de la perfección

En la mayoría de las compañías se tienen estándares o procedimientos de operación los cuales deben ser seguidos por los trabajadores en un proceso dado. Si la gente no puede seguir los estándares entonces existe una falla, y la Gerencia debe asegurarse de dar el entrenamiento necesario, las herramientas o en su caso modificar el estándar para que se pueda cumplir; si la gente no los “quiere” seguir entonces es una situación en donde se debe de fomentar la disciplina. De acuerdo con Masaaki Imai(1996), a esto se le llama “mantenimiento de los estándares”. El mismo autor dice también que la percepción japonesa de la administración tiene una esencia: “Mantener y mejorar los estándares”. La segunda parte de esta frase es lo que hace la diferencia: Una vez que se han mejorado los estándares, los nuevos tendrán una mayor expectativa y nuevamente se debe trabajar para que se cumplan (mantenimiento). Una vez que se han mantenido y se siguen consistentemente, se pueden identificar nuevas oportunidades para mejorarlos. A esto se le llama Mejora Continua o Kaizen.

Otro de los puntos importantes para promover la jornada en busca de la perfección es la capacidad de ser una “organización que aprende”. De acuerdo con Liker(2004), Para llegar a ser una verdadera organización que aprende, su capacidad de aprendizaje se debe fomentar, desarrollar y crecer a través del tiempo, de tal manera que ayude a sus miembros a adaptarse al continuamente cambiante ambiente competitivo.

De acuerdo con Womak y Jones(2004), al buscar que el valor fluya más rápido en la cadena de valor, siempre se expone el desperdicio escondido; entre más continuamente “jale” el cliente, más impedimentos para fluir serán revelados y entre más contacto se tenga con el cliente se identificará más exactamente su definición de valor. Con esto se puede ver que la búsqueda de mejoras para reducir esfuerzos, tiempo, espacio, costo y errores, mientras se entrega un producto tal como lo quiere el cliente, no tiene fin. Y por tanto la búsqueda de la perfección entonces no parece una idea tan inalcanzable.

1.5 Aprendiendo de Manufactura Esbelta.

Hasta este momento se han explicado los conceptos básicos tales como Definición de la Manufactura Esbelta, Valor, Cadena de valor, Desperdicio, Demanda, Flujo Continuo, El principio de reducción de costo y Los 8 Grandes Desperdicios. Lo que nos falta por aprender son las metodologías contenidas dentro de la Casa del TPS tales como:

- *Cimientos*: Administración Visual, Trabajo Estandarizado, Producción Nivelada, TPM (Mantenimiento Productivo Total)
- *Pilares*: Jidoka (calidad en cada estación) y Justo a tiempo
- *Interior*: Mejora Continua

Estas metodologías de la casa del TPS serán comentadas enseguida de manera concreta ya que cada uno de los temas por sí sólo es material suficiente para escribir un libro.

1.5.1. Cimientos

1.5.1.1. Administración Visual

La Administración Visual es una metodología para mejorar la productividad, seguridad, calidad, tiempos de entrega, beneficios y moral del empleado mediante la implantación de “Controles visuales”.

Los “Controles Visuales” hacen las áreas productivas amigables respondiendo preguntas, identificando equipo, su uso, y posiciones; materiales, sus

niveles, cantidades a usar y locaciones; describiendo acciones y procedimientos, desplegando el desempeño del trabajo; y proveyendo avisos de seguridad y precaución. Los “Controles Visuales ayudan a los empleados a prevenir el desperdicio de tiempo dándoles la información que ellos necesitan, donde la necesitan y cuando la necesitan. Esta información visual se despliega a base de letreros, señales y marcas para crear un ambiente en el cual los empleados encuentran las señales que ellos necesitan enfrente de ellos en cualquier lugar que estén, ayudándoles a entender su rol y contribuir positivamente de manera predecible para el éxito de su compañía.^[28]

La administración Visual empieza con la implantación de un programa de 5S's.

Las 5S's es un sistema diseñado para la organización y estandarización de cualquier lugar de trabajo, incluyendo oficinas. Es un prerrequisito para la implantación de cualquier otra metodología de mejora. Al implantar las 5 S's se tendrán las siguientes ventajas^[19]:

- Enseñar y promover de una manera sencilla los principios básicos de la mejora
- Provee un punto de inicio para eliminar el desperdicio
- Remueve muchos obstáculos para promover otras mejoras
- Se inician las mejoras a muy bajo costo
- Genera una sensación de control sobre el área de trabajo

Basada en una técnica japonesa cuyas palabras japonesas comienzan con una "S"^[11], esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar, y procesos estandarizados de trabajo. 5S's simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad. Debe aplicarse en el siguiente orden:

- Seiri (Seleccionar), la primera S se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Los artículos innecesarios solamente ocasionan confusión, pérdida de espacio y tiempo. Estos deben ser identificados con una etiqueta roja que les de esa categoría, se llevan a un área especial para que alguien más los reclame si los necesita y si no son requeridos se desechan. Al llevarla a cabo se liberan espacios y se cambia la mentalidad del “por si acaso”.

- Seiton (Ordenar) es la segunda "S" y se enfoca en arreglar los artículos necesarios para alcanzarlos fácil y eficientemente, además de mantenerlos siempre de la misma manera, la mejora manera de explicarlo es con la frase "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar". Cuando lo que buscamos no está en su lugar nos hace perder tiempo al buscarlo en el caso de las herramientas; en el caso de producto nos hace revolver bueno con malo ocasionando un problema de calidad. La mejor estrategia para mantener las cosas en su lugar es la identificación mediante siluetas dibujadas o en relieve de los artículos, letreros con sus nombres, gabinetes con gavetas con al tamaño de los artículos, etc. Lo importante es que cuando necesite el artículo o herramienta lo encuentre en su lugar.
- Seiso (Limpieza). La tercer "S" se refiere a mantener limpia tanto el área como el equipo con el que se trabaja. La suciedad y el desorden ocultan muchos problemas tales como fugas recurrentes, partes dañadas y fallas potenciales en el equipo, ocasionan contaminación del producto, producto revuelto. Es importante proporcionar un tiempo dentro de la jornada específico para limpiar área y equipo y vigilar que se cumpla para fomentar la cultura y sobretodo desarrollar el sentido de propiedad de los operadores hacia sus equipos.
- Seiketso (Estandarización). La cuarta "S" es crear las bases para mantener lo que se ha logrado con las tres anteriores, crear los estándares visuales de cómo debe lucir lo que ordenamos y limpiamos. Si no creamos estándares los conceptos de orden y limpieza serán diferentes para cada operador. Estos estándares pueden ser fotografías de como debe lucir el área al final del turnos, como debe quedar arregladas las herramientas, producto y equipo; también pueden ser procedimientos escritos de manera sencilla pero clara.
- Sitsuke (Disciplina). La quinta "S" es asegurar que todos siguen los estándares de 5S's. Esta "S" ha demostrado ser la más difícil de implantar ya que la naturaleza humana es resistir el cambio; todos querrán volver a la forma anterior de hacer las cosas. Es importante reforzar la cultura de las 5S's en todas las áreas: oficinas y productivas ya que ayudará a crear la cultura de la disciplina. Para

asegurarnos que la quinta “S” se esta cumpliendo se debe desarrollar un plan continuo de auditorias involucrando todos los niveles.

1.5.1.2. Trabajo Estandarizado

Para tener un flujo consistente de producción dentro de una corriente de valor de manufactura, los trabajadores deben ser capaces de producir de acuerdo a la demanda del cliente y lograr tiempos de ciclo consistentes para los elementos de trabajo asignados. El proceso no sería predecible si se tienen un operador logrando un tiempo de ciclo de 45 segundos y otro 60 s para la misma operación. La operación debiera estandarizarse a 45 segundos y promover que todos hagan la misma operación de la misma manera. Esto se logra con el trabajo estandarizado.

El trabajo estándar es el cimiento de la Mejora Continua, esta enfocado en los movimientos humanos y es una herramienta para definir el mejor método y secuencia de movimientos en una operación para hacerla eficiente, segura y repetitiva. Provee bases para alcanzar consistentemente altos niveles de productividad, calidad y seguridad y hace la operación más predecible al eliminar los movimientos innecesarios y riesgosos. Una vez que ha sido definido “Todos deben hacer la misma operación de la misma manera y en el mismo tiempo”. Por lo tanto las metas del trabajo estandarizado deben ser:

- Definir claramente la interacción entre la gente y su ambiente de operación
- Proveer una rutina detallada para desempeñar consistentemente un proceso
- Eliminar toda clase de suposiciones en la operación
- Compartir la experiencia del personal más capaz y experimentado
- Mantener la sinergia para la mejora continua. Mejorar lo que pueda mejorarse
- Reducir los tiempos de entrenamiento y hacerlo más eficiente

De acuerdo al “Standardized Work Manual”^[1] estas serían las bases para implantar el trabajo estandarizado:

- Definición de los Elementos de trabajo, Hoja de capacidad, Hoja de Trabajo Estándar Combinada, Definición del Ritmo de la Demanda (Tiempo Takt), Gráfica de Balanceo de carga de trabajo

- Desarrollo de la secuencia estándar y Hoja de representación de esta secuencia
- Mantenimiento del Trabajo estándar

Siendo una recomendación muy especial la siguiente “Desarrolle junto con los operadores los métodos de trabajo más eficientes y asegúrese que todos los que realizan esa operación están de acuerdo. Esto puede incluir la revisión de los elementos de trabajo propuestos con el grupo entero que los va a usar. No sorprenda a la gente imponiendo unilateralmente nuevos estándares y procedimientos”.

1.5.1.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM).

De acuerdo con Hartmann(1992), Venkatesh(2005) y El diccionario APICS,^[27] el “TPM es un programa de mantenimiento encaminado a restaurar los equipos, mejorar su efectividad total de trabajo y mantenerlos en este nivel mediante el cambio del entorno y el involucramiento de todo el personal, de tal manera que se contribuya al flujo continuo de la operación”.

El TPM pone énfasis en la prevención ya que promueve el mantenimiento del equipo en sus condiciones de operación de diseño, promueve el descubrimiento temprano de las fallas y el mejoramiento del equipo para prevenir fallas recurrentes e involucra como principales actores a los operadores de los equipos, ya que son los que tienen el mayor contacto con el equipo y pueden identificar fallas, y con la debida capacitación pueden ser capaces de detectar y prevenir fallas potenciales.

Los objetivos del TPM son tres:

- Cero paros de equipo no programados (Paros por falla),
- Cero defectos causados por falla del equipo,
- Cero perdidas de velocidad .

Y su propósito es la eliminación de los seis grandes pérdidas relacionadas al equipo que son:

- Fallas de Equipo,
- Ajustes y cambios de herramienta,
- Paros de equipo menores,
- Reducción de velocidad,

- Defectos de calidad y retrabajos,
- Pérdidas por arranque.

De acuerdo con Venkatesh(2005) para llevar a cabo la instalación de un programa de TPM se debe cumplir con los pilares del TPM. El plan de implantación del TPM difiere con diversos autores, sin embargo el objetivo sigue siendo igual, cumplir con los pilares que son los siguientes:

- 5S's. El primer paso es hacer los problemas visibles y esto se logra limpiando y organizando el equipo para dejar al descubierto los problemas
- Mantenimiento Autónomo. Desarrollar operadores que se hagan cargo de pequeñas rutinas de mantenimiento tales como limpieza, lubricación, ajustes pequeños (inspección de tornillería y piezas móviles), inspección general de sistemas hidráulico, neumático, eléctrico; y se hagan cargo de administrar su área de trabajo
- Kaizen (Mejora Continua). Desarrollar a los operadores para que propongan mejoras que ayuden a detectar fallas de manera temprana y sobre todo mejoras que prevengan fallas repetitivas. Así como mejoras que reduzcan el tiempo de arranque, la puesta a punto, los ajustes de equipo, las pérdidas de velocidad y los defectos por falla de equipo
- Mantenimiento Planeado. Es la elaboración de un plan para el desarrollo de las actividades de conservación del equipo, prevención y predicción de las fallas, y del mejoramiento tecnológico y diseño del equipo para disminuir el mantenimiento.
- Entrenamiento. El entrenamiento es crítico si se quiere tener éxito en la implantación del TPM, y también es uno de los procesos que consumen más tiempo en el desarrollo del TPM. El entrenamiento tiene diferentes alcances y objetivos dependiendo a quien va dirigido. Si es a los operadores, el objetivo es que reconozcan cuando el equipo está trabajando fuera del estándar (anormalidad), el operar correctamente su equipo, el entender la importancia de la lubricación, el restablecer el equipo a condiciones de operación estándar en ajustes y cambios menores y el conocer un método de análisis y solución de

problemas. Si es a técnicos de mantenimiento, deben conocer técnicas estándar de mantenimiento, conocer métodos de administración del mantenimiento y de mantenimiento predictivo. Si es el staff, se debe saber como definir la línea base y evaluar la efectividad de los procesos; soportar y guiar las ideas de mejora; administrar el mantenimiento y los equipos; y planear la capacidad de producción.

- Mantenimiento a Calidad. Estas actividades están enfocadas en prevenir los defectos generados por el mal funcionamiento del equipo. Es la definición de las variables del equipo que afectan la calidad y sus estándares, los cuales son verificados con cierta frecuencia para asegurar que están en el estándar y así prever los defectos de calidad asociados
- Seguridad, Salud, y Medio Ambiente. Este pilar se refiere a la creación de un área de trabajo segura, en la que nuestro proceso no afecta salud y es suficientemente cómoda como para mantener la moral en alto.

1.5.2 Pilares

1.5.2.1. Justo a Tiempo (JIT), Pilar Izquierdo

Existen varias definiciones de lo que significa Justo a Tiempo, la más común de estas la describe como “Un sistema para fabricar y suministrar solo las mercancías requeridas por el cliente, cuando se necesiten y en las cantidades exactamente necesitadas”. Otra forma en que ha sido definido es como “Una filosofía de manufactura basada en la eliminación planeada de todo el desperdicio y el mejoramiento continuo de la productividad. Esta incluye la exitosa ejecución de todas las actividades de manufactura requeridas para producir el producto final, desde el diseño hasta la entrega”,^[27] razón por la cual el JIT ha sido confundido muchas veces con todo el sistema de producción de ME, cuando en realidad es sólo una parte de ésta. Para poder entender la esencia de el Justo a Tiempo es importante entender las condiciones en que se desarrolló Toyota en la post-guerra en 1950. Toyota se planteo la tarea de igualar el sistema de producción Ford, sin embargo había unas diferencias gigantes de condiciones: El sistema de producción de Ford estaba diseñado para producir grandes cantidades de un limitado número de modelos,

tenían todo el mercado estadounidense en un enorme país, contaban ya con un mercado internacional y además suficiente flujo de dinero, en contraparte el Japón de la post-guerra tenía una demanda limitada que no permitía dedicar una línea completa a un solo modelo, en un país pequeño y sin la cantidad de dinero para hacer inversiones en inventarios o líneas para producir con economía de escala. En una frase, *Toyota necesitaba un retorno de efectivo rápido, desde la recepción de la orden a la recepción del pago.*^[10]

De acuerdo con Lefcovich (2005), el Justo a Tiempo a manera de analogía puede describirse como una tubería en la cual en uno de los extremos se recibe y paga a los proveedores, lo que entra y en el otro extremo se cobra por lo que se entrega a los clientes. El objetivo es el de reducir el plazo entre el pago en el extremo de entrada y el cobro en el extremo de salida, por lo tanto se necesita mover el fluido con mayor rapidez. Una tubería gruesa permitirá enviar cierta tasa de producción, que puede igualarse con una tubería más delgada con un flujo a mayor velocidad. Además, si el ciclo de producción es menor, se podrá responder mejor a los cambios que se originan en el mercado.

Como ya fue comentado, el objetivo que estamos persiguiendo es el flujo continuo de la operación, mediante la eliminación de todo aquello que lo interrumpe, lo restringe o lo hace lento, con el propósito de lograr el estado ideal del *flujo de una sola pieza al ritmo de la demanda*. Para poder explicar mejor el proceso de aplicación, se agrupará primero a las herramientas y técnicas usadas, empezando un poco antes de la manufactura y enseguida directamente con el flujo en el proceso:

- *Etapa de la Demanda del cliente.* Se debe entender cual es la demanda del cliente de sus productos y esto incluye las especificaciones, tiempos de entrega y precios. Esto mismo se debe aplicar a nivel micro en las operaciones conociendo lo que nuestro cliente interno necesita y satisfaciendo esta demanda.
- *Etapa de Flujo.* Se debe trabajar continuamente para hacer continuo el flujo en toda la planta de tal manera que ambos clientes tanto internos como externos reciben el producto requerido al tiempo correcto y en la cantidad correcta, a lo largo de la cadena de valor.

Etapa de la demanda del cliente.

Anteriormente ya hablamos de lo que es la demanda, ahora hablaremos de algunos conceptos para determinar y cumplir la demanda del cliente, es importante entender que una vez que la demanda se determina se debe hacer el compromiso de cumplirla. Estos conceptos son:

Tiempo Takt. El tiempo takt es el ritmo al cual la compañía debe producir un producto para satisfacer la demanda del cliente, es sincroniza el ritmo de producción con el ritmo de las ventas. Este se calcula dividiendo el tiempo diario disponible de producción tomado del equipo que es el cuello de botella entre la cantidad total requerida diaria, en dimensiones de piezas por segundo. Luego comparamos el tiempo de ciclo de nuestro equipo cuello de botella contra el ritmo de la demanda, si estamos por debajo de éste, estamos cumpliendo con la demanda. La fórmula es:

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo diario disponible}}{\text{Cantidad diaria requerida}}$$

Inventario de Seguridad. Es aquel que se forma para prevenir cualquier falla en cumplir la demanda del cliente debido a eventualidades como problemas de calidad, fallas de equipo, fallas de energía, etc.

Inventario De Producto Terminado (Buffer). Es aquel inventario formado para cubrir la demanda del cliente cuando esta tiene incrementos repentinos y el proceso no es capaz de cumplirlos.

Supermercado. Un inventario creado al igual que los anteriores, como una protección para cumplir con la demanda del cliente pero con las diferencia de que se tienen en el punto de uso, se define con niveles máximo y mínimo de artículos y son reabastecidos conforme se van vaciando.

Etapa de Flujo

Una vez que se conoce la demanda y nos aseguramos que podemos cumplirla, entonces debemos concentrarnos en las formas que existen para crear el flujo continuo de la operación. Para eso debemos conocer y aplicar los conceptos y herramientas que nos ayudarán a lograrlo tales como:

- Flujo Continuo o flujo de una solo pieza
- Manufactura celular
- Operadores multidisciplinarios
- Balanceo de línea
- Cambio rápido de herramientas
- Mantenimiento Productivo Total
- Kanban
- Desarrollo de la cadena de proveedores

Flujo Continuo. El proceso de flujo continuo es lo que algunos autores han tomado como la definición de JIT, “Solo lo que se necesita, cuando se necesita, en la cantidad que se necesita”. Esto puede aplicarse a lotes pequeños a tal grado que se puede aplicar el flujo de una sola pieza a la vez. Una pieza o lote pequeño se produce una vez que se recibe una señal de que se necesita, sucediendo esto en cada paso del proceso iniciando por el final de la línea. Esto también se llama “producción de jalar” . Las ventajas del flujo continuo son entre otras: Disminuye los tiempos de entrega, Disminuye los inventarios en proceso, disminuye la inversión de capital, libera espacios, facilita la detección de problemas de calidad y otros, incrementa la comunicación, etc.

Manufactura Celular. Haciendo una analogía de la definición de una recta, diremos que la manera más simple de mover un material es usando las líneas de flujo más directas, eliminando de este flujo todas las rutas complejas que pudieran existir, por lo que la idea es modificar la disposición del equipo del equipo de tal manera que: el equipo se agrupe generalmente en forma de “C” con la secuencia del proceso; las distancias sean lo más cortas posibles entre equipos para disminuir los recorridos y los espacios donde se acumula inventario; la operación inicial este cerca de la final para fomentar la comunicación. Y además se seleccione una familia de productos que tenga mucho en común para que pueda ser producida eficientemente es esta “célula”, ver FIGURA 6. Actualmente una gran proporción de nuestras compañías que producen por lotes están agrupadas por procesos, lo cual significa que el producto pasará por un departamento de estampado, después uno de soldado, de

esmerilado, pintado y acabado; teniendo que recorrer una ruta bastante azarosa tal como se mostró anteriormente en la FIGURA 2. La definición de la manufactura celular fue también revisado como Proceso de Tecnología Agrupada en el capítulo V, párrafo 1.1.2.

LA FIGURA 6. muestra el arreglo en “C” de la manufactura celular en donde:

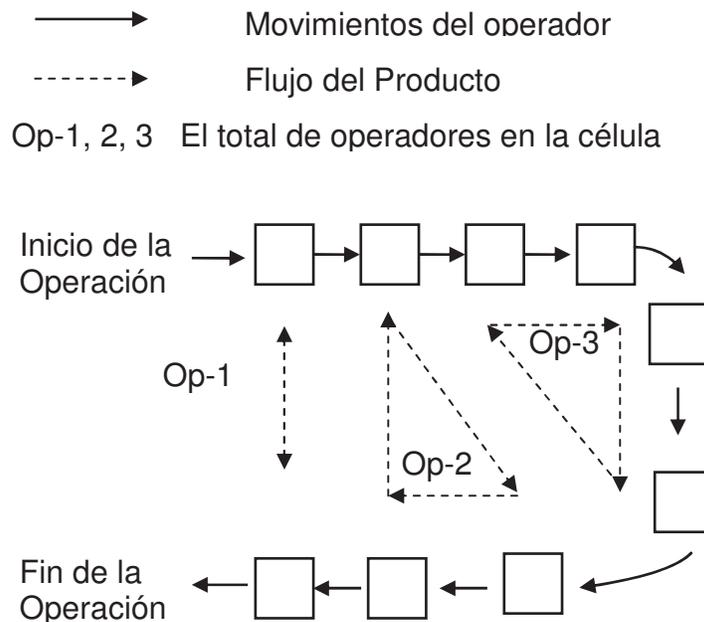


FIGURA 6. Disposición del Equipo de un proceso con Manufactura Celular

Fuente: Liker Jeffrey K., The Toyota Way, McGraw-Hill, 2004

Operadores Multidisciplinarios. La ME coloca a un solo operador a manejar varias maquinas de acuerdo con el flujo de la operación. La idea es la de hacer más productivo el tipo de operaciones tradicional en donde un operador maneja una sola operación y el siguiente operador en la línea tiene que esperar o se incrementan los inventarios entre pasos del proceso porque los tiempos de ciclo entre etapas del proceso son diferentes. La operación multidisciplinaria consiste en recibir entrenamiento y desempeñar diferentes operaciones que es están cercanas y en dirección al flujo de producción, tal como se ve en la FIGURA 6 de la Disposición del Equipo de manufactura celular, de tal manera que los tiempos de ciclo se balancean para que los operadores no tengan tiempos de espera o desperdicio en su turno. De acuerdo con Shingo(1981), para la ME es mejor dejar el equipo en espera o paro,

que dejar a la gente en espera por la simple razón de que el equipo se deprecia y a la gente hay que pagarle salarios y beneficios.

Balanceo de Línea. Normalmente las operaciones de un proceso multi-etapas no coinciden en sus tiempos de ciclo, por lo tanto unos operadores tendrán que esperar por la próxima pieza para seguir trabajando o se requerirá más de un operador para completar una parte del proceso. El balanceo de línea es un proceso en el cual se distribuyen equitativamente los elementos de trabajo dentro de una cadena de valor de tal manera que se eliminan las esperas y/o las sobrecargas de trabajo de los operadores con el propósito de cumplir con el ritmo de la demanda. El balanceo de líneas ayuda a optimizar el uso del personal balanceando las cargas de trabajo de tal manera que todos nadie haga mucho o poco. Hay que tener en mente que los cambios en la demanda del cliente requieren que se replantee el balanceo de línea.

Cambios rápidos de puesta a punto. Todos los procesos requieren de puesta a punto, cuando se cambia de una línea a otra, y esta puesta a punto ya no solo se refiere al cambio de herramientas ya que puede requerir cambio de materiales o accesorios; si se requiere tener flexibilidad de poder cambiar de un producto a otro de manera rápida y mantener el flujo continuo entonces se requiere tener Cambios rápidos de puesta a punto. Este concepto se origina de la metodología del Cambio de herramienta en un minuto (SMED por sus siglas en inglés “Single minute exchange of die) desarrollado por Shigeo Shingo para Toyota, el cual consistió en reducir el tiempo de puesta a punto de las prensas de 1,000 toneladas de 4h a 1:30h inicialmente y después a 3 minutos. Existen dos razones principales para llevarlos a cabo: El cambio de puesta a punto representa un obstáculo mayor para cumplir la demanda del cliente o Existe una necesidad para reducir el tiempo total de ciclo para balancear las operaciones.

Dentro de este cambio rápido de puesta a punto existen cuatro principios que se deben cumplir y los cuales deben ser apropiadamente traducidos cuando se trata de puestas a punto que no son cambio de herramienta. Estos son:

- Separe las tareas internas que son las que se realizan solo parando el equipo / proceso, de las externas que son las que se pueden hacer sin parar.
- Convierta lo más que se pueda las tareas internas en externas

- Mejore los ensambles usando anclajes tipo “conexión rápida” (sin cuerda). Para la puesta a punto de una mesa de empaque sería tener una buena administración visual con señalamientos para colocar los materiales de la nueva línea de producción exactamente en el lugar que se ha designado.
- Elimine la calibración o ajuste del herramental / ensamble recién hecho.

El cambio rápido de puesta a punto se enfoca en la simplificación de esta operación, ya que corrige problemas obvios tales como la preparación, disponibilidad y transportación de lo que se necesita cuando la operación esta corriendo. Estas simples operaciones pueden llegar a reducir los cambios de puesta a punto hasta en un 50%.

Kanban. El kanban es la principal manera de hacer trabajar el flujo continuo y es el corazón del JIT. Inspirado por los supermercados estadounidenses en que los artículos eran resurtidos hasta que alcanzaban un nivel mínimo, Toyota desarrollo la herramienta llamada kanban, que significa “señal” y que en su aplicación más simple significa que el paso No. 1 de un proceso no debe reabastecer al paso No. 2 hasta que reciba una señal que le pida material, el paso No. 2 solo mandará esta señal cuando haya reducido su inventario hasta un mínimo definido que permita al paso No. 1 procesar su parte sin que el paso 2. llegue a parar. Esto mismo sucede con los siguientes pasos del proceso, con lo que tenemos que “En la secuencia de producción , cada paso del proceso es un proveedor para el paso que le sigue y un cliente para el proceso que le antecede”. Existen básicamente dos tipos de kanban: El kanban de retiro en el cual se manda una señal para reabastecer lo que se consumió del estante o supermercado, y el kanban de producción en el cual se manda una señal para producir lo que se consumió al final de la línea Las señales pueden ser variadas tales como tarjetas, contenedores o carritos vacíos, marcas de máximos y mínimos y hasta señales electrónicas, todas encaminadas a un solo objetivo: Avisar que se necesita reabastecer cuando se manda o que se debe parar cuando no se recibe.

El kanban tiene las ventajas siguientes:

- Facilita el sistema de jalar la producción promovido por el JIT
- Previene la sobreproducción

- Previene la generación de inventarios no necesarios, creados “solo por si acaso”
- Fomenta la flexibilidad para enfrentar los cambios de la demanda, encadena las operaciones con el cliente
- Es simple de usar porque es visual

La mayor de las ventajas del kanban, de las anteriores descritas es que previene la sobreproducción, la cual es la madre de todos los desperdicios por generar altos inventarios los cuales existen a lo largo de toda nuestra cadena productiva y de distribución. Los inventarios esconden un sin fin de problemas porque la “mal entendida” disponibilidad de materiales (el mar) no deja al descubierto todos los problemas (arrecifes) que están escondidos en el mar del inventario^[25], ver FIGURA 7; Ha sido hasta ahora una práctica común que al bajar el nivel del mar de los inventarios, y encontrarnos con todos los problemas inherentes al inventario, la reacción más rápida es incrementar nuevamente el nivel de inventario. Sin embargo, muchas compañías han identificado la reducción de la inversión en inventarios como una fuentes de ahorros debido al los costos de capital asociados, y de acuerdo con Harmon y Peterson(1990) el impacto más grande se dará en la materia prima comprada y para eso se debe trabajar en las operaciones de manufactura; pues bien, el kanban es una manera de hacerlo.

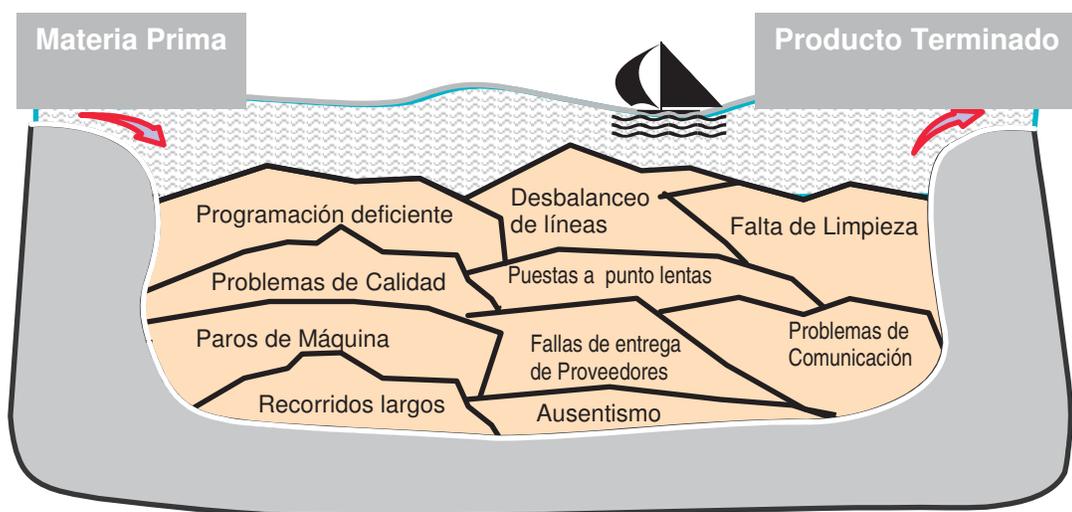


FIGURA 7. Mar de inventario. Fuente: Lean Leadership Boot Camp Workbook. RDW Technologies, 2003

Producción Nivelada (Heijunka). La Producción Nivelada, aunque aparece como un cimiento en la Casa del TPS, se dejó a propósito como parte del Justo a tiempo ya que se debe cumplir con ciertos requisitos para lograrla, que al iniciar con los cimientos, se está muy lejos de poderla implantar.

La Demanda. Digamos que se tiene un programa de producción que cambia impredeciblemente y un proceso de producción que no es confiable pues tiene todo tipo de desperdicios y vicios. Se decide entonces a aplicar la ME enfocándose únicamente en la eliminación del desperdicio. El inventario empieza a bajar en el sistema, el trabajo estandarizado disminuye los desperdicios por movimiento y recorridos innecesarios al igual que las 5S's; y entonces decidimos reducir el número de gente por que ya no es necesaria. Finalmente, nos hacemos a un lado y dejamos que el sistema corra. Lo más probable es que lo que próximamente se verá es como el sistema se cae completamente por los picos impredecibles en la demanda del cliente que nos mandará que pidamos a la gente y al equipo trabajar forzosamente, más de lo que eficientemente pueden. Los trabajadores estarán sobrecargados y cometerán errores por fatiga. El equipo se descompondrá más seguido que nunca. La materia prima empezará a faltar. La conclusión será que la ME no es para este tipo de proceso.

Esto nos lleva a reconocer como otro problema importante de los procesos de manufactura "Las variaciones en la demanda del cliente". Y aunque por definición conocemos a la ME como la eliminación de todo tipo de desperdicio (*Muda*), cuando nos adentramos más al TPS , los documentos de Toyota nos hablan no solo de la "Eliminación de *Muda*" sino también de la "Eliminación de *Muri* y de *Mura*". En donde las dos últimas M's (*Muri* y *Mura*) son tan importantes para llevar a cabo la ME y por tanto las 3M's deben ser tratadas en conjunto para eliminarlas sistemáticamente.

- *Muda*. Desperdicio o Sin valor agregado. Es la M más comúnmente conocida y se refiere a los 8 desperdicios ya revisados.
- *Muri*. Sobrecarga en la gente o equipo. Empuja a la gente y al equipo más allá de sus límites naturales.

- *Mura*. Desbalance. Momentos con carga mayor de producción que la gente y el equipo pueden manejar, seguidos de momentos en que no hay carga de trabajo.

Para entender este capítulo es importante conocer que es la demanda, sus fuentes, que factores tienen influencia sobre ella, y sus características; y para esto nos apoyamos en el Manual de APICS Basics of Supply Chain Management^[22] el cual dice:

Demanda: Necesidad por un producto o componente en particular. Las fuentes de la demanda pueden ser los clientes directos, las promociones de productos, el mercado de componentes de refacción; y dependiendo del tipo de negocio la demanda puede provenir de ordenes firmes o determinada matemáticamente en base a datos históricos (proyecciones). Los factores que influyen la demanda pueden ser entre otros: Las condiciones económicas, los factores competitivos, las tendencias del mercado, la temporada, el ambiente y hasta los propios planes de las compañías. La demanda puede ser también estable con el mismo comportamiento a través del tiempo; o dinámica con un comportamiento que tiende a ser errática.

La producción Nivelada. Por lo tanto un gerente de producción debe de escoger un camino entre las dos estrategias para cumplir con la demanda del cliente: estrategia de “Persecución de la demanda” y estrategia de “Nivelación de la producción”. En la estrategia de la persecución de la demanda no pude encontrar ya ventajas dadas las apabullantes ventajas de la producción nivelada, Entre las desventajas de la persecución de la demanda se puede contar, de acuerdo a Liker(2004)

- Los clientes ya no compran predeciblemente, ahora ponen más cuidado y hay más ofertas en el mercado
- Hay un riesgo de no vender lo que se produjo, recordemos que algunas ordenes son firmes y las otras son un estimado y las proporciones pueden variar. Finalmente esto crea un inventario, que sería el desperdicio menos deseado de todos porque se crea a base de productos no vendidos, el cual es muy diferente al inventario creado para satisfacer la demanda.
- El uso de los recursos no esta balanceado. Las formas de cubrir las variaciones de la demanda van desde el tiempo extra y los paros técnicos hasta la

contratación de gente temporal y su despido, además de el uso demandante del equipo seguido de paros.

- La desventaja más grande es que se coloca una demanda de persecución en los procesos anteriores o proveedores lo cual también les ocasiona trastornos en la demanda de sus materias primas, su programas de producción y se les obliga a tener inventarios altos.

Heijunka ^[10]: (Producción Nivelada) es la nivelación de la producción tomando en cuenta el volumen y la mezcla de producto requerido. No manda construir los productos de acuerdo al flujo real de las ordenes de los clientes que pueden variar impredeciblemente hacia arriba y abajo, en su lugar toma el total del volumen de las ordenes en un periodo de tiempo (ejemplo: Un mes, dos meses) y las nivela en intervalos cortos de programación (un día o una semana), de tal manera que el mismo volumen y mezcla se hacen cada día. El calculo del heijunka define la secuencia de producción repetitiva para ese intervalo de programación, el cual dicta la mezcla del artículo programada en una línea dada. Al correr pequeños lotes iguales de muchos artículos en periodos cortos de tiempo, se pueden mantener inventarios pequeños, nivelados y predecibles a través del proceso de manufactura. Para dar una explicación más gráfica pongamos el siguiente ejemplo: Una compañía produce los productos A, B y C y los produce en la secuencia en que le llegan las ordenes. Pero inicialmente la mayor parte de las ordenes las estaba recibiendo en lunes y muy pocas en martes por lo que los lunes tenía que dejar a gente trabajando tiempo extra y el martes los tenia que mandar a casa temprano. Mas delante cuando la demanda se incrementó el patrón de demanda que se tenía era: la mayor demanda en productos A, mediana de productos B y poca de productos C. Como los productos A son los de mayor movimiento su producción se programa en los primeros días de la semana de lunes a miércoles por la tarde. Los productos B se programan de jueves por la mañana al viernes por la tarde y los productos C solo los sábados en 1ero y 2do turnos. Los cambios de puesta a punto del equipo para cambiar de un producto son muy tardados pues toman todo un turno. ver la TABLA 4.

TABLA 4. Programación de la producción sin nivelar, de acuerdo a demanda

Producción Lunes 1er Turno A A A A A A A A A	2do Turno A A A A A A A A A	3er Turno A A A A A A A A A
Producción Martes A A A A A A A A A	A A A A A A A A A	A A A A A A A A A
Producción Miércoles A A A A A A A A A	A A A A A A A A A	Cambio de Puesta a punto
Producción Jueves B B B B B B	B B B B B B	B B B B B B
Producción Viernes B B B B B B	B B B B B B	B B Cambio de Puesta a punto (CPP)
Producción Sábado (CPP) C C	C C C	Cambio de Puesta a punto

Fuente: Liker Jeffrey K., The Toyota Way, McGraw-Hill, 2004

En este tipo de proceso por baches se tiende a aprovechar la economía de escala, largas corridas para abatir los costos. El cambiar de un producto A a un C o un B y luego regresar según las ordenes de los clientes es un desperdicio ya que el tiempo de cambio de puesta a punto es muy largo y no daría tiempo de cumplir todas las órdenes; además también se está pagando a los operadores mientras se hace un cambio de puesta a punto. Por lo tanto la solución más lógica parece producir en corridas largas. Por otro lado, si queremos implantar la programación nivelada de la producción vamos a tener que enfrentar el más grande de los retos de esta: Reducir los “Cambios de puesta a punto”. Si revisamos la TABLA 4 podremos ver en el ejemplo el tiempo que consumen y la cantidad de cambios de puesta a punto. Lo que nos puede hacer pensar como le haríamos para alcanzar la flexibilidad sugerida por Toyota al producir lotes pequeños de cada uno de los componentes.

En la TABLA 5, que se muestra enseguida, se puede ver como quedaría programada la producción ya nivelando la carga, la mezcla y los recursos. Como se puede ver ya no se muestran los cambios de puesta a punto sin embargo no es

porque se hayan eliminado sino que se han reducido a tal grado que inclusive han liberado capacidad de producción la cual se muestra en el sábado, día en que se puede colocar nuevas ordenes de producción o por otro lado se puede reducir la plantilla de trabajadores de tal manera que se iguale la mano de obra al requerimiento de producción.

TABLA 5. Programación de la producción, nivelando de acuerdo a demanda

Producción Lunes 1er Turno A A A B B A A A	2do Turno A A A B B C	3er Turno A A A B B A A A
Producción Martes A A A B B A A A	A A A B B C	A A A B B A A A
Producción Miércoles A A A B B A A A	A A A B B C	A A A B B A A A
Producción Jueves A A A B B A A A	A A A B B C	A A A B B A A A
Producción Viernes A A A B B A A A	A A A B B C	A A A B B B B
Producción Sábado		

Fuente: Liker Jeffrey K., The Toyota Way, McGraw-Hill, 2004

De acuerdo con Shingo(1981) existen cuatro prerrequisitos para la implantación de la producción nivelada y las ineficiencias se darán en abundancia si no se cumplen, sin embargo hay un quinto prerrequisito que me gustará agregar y es la demanda. Así, son cinco prerrequisitos los cuales se muestran a continuación:

- Implantación de un programa de reducción de cambios de puesta a punto (QCO por las siglas en inglés de Quick Change Over)) entre productos diferentes
- Trabajo estandarizado, con tiempos de ciclo definidos para cada producto lo que hará predictiva la salida de producto terminado y con cargas de trabajo balanceadas de tal manera que los productos de mayor tiempo de ciclo sean atendidos por una mano de obra mayor que los de menor tiempo de ciclo.
- Entrenamiento de los operadores en todos los tipos de productos de tal parar la línea manera que puedan cambiar de un producto a otro sin ningún problema.

- Incorporación de los dispositivos de prueba actuales para su uso continuo y desarrollo de adicionales dispositivos a prueba de error ya que al estar intercambiando de un producto a otro se puede incurrir en errores por partes mal ensambladas o mezcladas más fácilmente.
- Conocimiento de la demanda y los factores que tiene efecto sobre ella.

Desarrollo de la cadena de Proveedores. Los programas de desarrollo de proveedores se desarrollaron en Japón en los 50's como una herramienta económica para fomentar el alto desempeño de las cadenas de suministro. El principal y más exitoso representante para este tipo de *sociedades* que ahora son parte de la ME es Toyota. El desarrollo de la cadena de suministro (Proveedores) tiene como base la filosofía de trabajo desarrollada por Toyota a través de los años. En la misión de Toyota Motor Manufacturing North America (Misión de Toyota Motor Manufacturing North America traducida por el autor: "1. Como compañía americana, contribuir al crecimiento económico de la comunidad y los Estados Unidos. 2. Como compañía independiente, contribuir a la estabilidad y bienestar de los miembros del equipo. 3. Como grupo perteneciente a Toyota, contribuir al crecimiento general de Toyota adicionando valor para nuestros clientes". Fuente: Jeffrey K. Liker, *The Toyota Way*, McGraw-Hill, 2004) se entiende que su principal enfoque es: El crecimiento económico de la comunidad y el país; la estabilidad y el bienestar de sus trabajadores y el crecimiento de la compañía. Por lo tanto, para poder llevar a cabo el cumplimiento de esta filosofía de mantener el trabajo de sus empleados, ser moralmente responsable con la comunidad y al mismo tiempo ser rentable ha tenido que trabajar con "las entradas", entendiéndose materia prima, para poder ofrecer un producto competitivo en "las salidas"; tomando este comentario en el contexto más amplio posible desde el punto de vista del costo hasta el punto de vista de la calidad, y de esta manera cumplir con los estatutos de su misión.; en otras palabras *Si basura entra, basura sale*, por lo tanto no hay que permitir que entre basura.

Analizando esta situación desde el punto de vista de negocio, Toyota encaminó sus pasos en la dirección correcta ya que de acuerdo con Harmon y Petersen(1990), en la mayoría de la industria de la manufactura el costo de la materia prima

representa del 60 al 70% de costo total del producto y por lo tanto la reducción de estos costos tendrá un impacto mucho mayor que el que pueden darnos las mejoras en mano de obra u *overheads*. Estos autores también señalan que un buen programa de desarrollo de proveedor puede reducir hasta 30% el precio del costo de una X materia en los dos primeros años y de 5 a 10% cada año subsiguiente.

Las principios del desarrollo de la cadena de proveedores dentro de la ME pueden entenderse mejor si leemos el principio de Toyota acerca de la cadena de proveedores, de acuerdo con Liker(2004), la podemos explicar como sigue:

- Respetar a tus socios y proveedores y trátalos como una extensión de tu negocio.
- Retar a tus proveedores externos a crecer y desarrollarse. Eso les muestra que los valoras.
- Fijales metas retadoras y ayúdalos a lograrlas.

Por lo tanto para crear nuestro plan de desarrollo de proveedores podemos usar los pasos sugeridos por La Sociedad de Desarrollo de Proveedores Keystone (KSPD) y Liker(2004), que son:

- Crea una *sociedad* de negocios justa y honorable. Esta relación requiere de que se tengan políticas y procedimientos que ayuden a fortalecer la confianza, inviten a las relaciones comerciales de largo plazo y que permitan el desarrollo de los beneficios de la cooperación mutua. Llamaremos *Sociedad* a esta relación proveedor – cliente en los siguientes párrafos.
- Liderazgo. Los responsables de la *sociedad* deben proveer el liderazgo que permitan gobernar los acuerdos y mantener el enfoque en la misión para continuamente solucionar las necesidades de proveedores y cliente patrocinador.
- Programa de Educación. El mayor propósito de la *sociedad* es la de expandir el conocimiento y la habilidad del proveedor. Los programas de educación formales permiten a la cadena de suministro trabajar de manera más inteligente como una cadena integrada en la cual los integrantes aprenden técnicas de mejora juntos al mismo tiempo que se aseguran de su exitosa implantación. Para esto, es muy

importante que las políticas de la *sociedad* permitan que la compañía patrocinadora aplique programas de entrenamiento, actividades y procesos, y los administre y supervise para asegurar que los programas se cumplen a tiempo. La *sociedad* debe también supervisar la transferencia del “saber-como” (know-how) y el intercambio de nuevas tecnologías entre ambas compañías, para asegurar que se tiene prácticas comunes institucionalizadas.

- Promueve la fijación de metas retadoras y ayuda al proveedor a cumplirlas. Aunque no mencionada en los pasos de la KSPD, si fue mencionada anteriormente y considero que es parte esencial de la sociedad.
- Conviértete en una empresa que aprende. La sociedad requiere de que exista un enfoque hacia el aprender, y crecer juntos en el negocio. Y esto solo sucede si se considera a la red de proveedores como una extensión del negocio.

Como ya lo mencioné anteriormente, el desarrollo de los proveedores es un parte esencial en la implantación de un sistema de producción de ME, lo es tanto que el programa de Toyota incluye un centro especial de desarrollo para proveedores llamado *Toyota Supplier Support Center* (TSSC) iniciado en 1992 en la planta de Kentucky, E.U., y páginas de navegación en internet tales como *ToyotaSupplier.com*.

1.5.2.2. Calidad Integrada (JIDOKA), Pilar derecho

Uno de los dos pilares del TPS es el JIDOKA, el cual ha sido traducido como AUTONOMATION la cual es a su vez referida como “Automatización con talento humano” y que en mi opinión puede ser traducida al español como Calidad Integrada. El jidoka se remonta a Sakichi Toyoda, Padre del iniciador de la Toyota Motor Company, y su larga carrera de invenciones que revolucionaron el hilado automático. Entre sus invenciones estuvo un dispositivo que detectaba cuando un hilo se rompía y detenía automáticamente el hilado, esto permitía corregir el problema y reiniciar el equipo. Esta idea tan simple, como concepto, llevó a Toyota a desarrollar una filosofía completa: El estilo de Toyota es el de crear dentro de la cultura, la filosofía de “Parar el proceso para fabricar con calidad”. Y la razón es que es mejor parar la línea o reducir la velocidad para crear calidad a la primera vez en lugar de continuar produciendo a sabiendas que se tendrá un lote de producto

defectuoso; así a la larga se tendrán mejores resultados en la productividad. Por lo tanto el propósito de la Calidad integrada es el de tener un proceso que solo produce productos que cumplen el estándar o en otras palabras *cero defectos*, ya que se trata de producir bien a al primera vez. Alex Warren, Ex-Vicepresidente de Toyota Motor Corporation (TMC) en Kentucky se refiere a la Calidad Integrada de la siguiente manera: “En el caso de las máquinas, se les puede colocar dispositivos que detectan las anormalidades y detienen el equipo cuando estas ocurren, pero en el caso de la gente nosotros les damos el poder de *jalar cordones* o *presionar botones* que pueden parar completamente la línea de ensamble. Cada miembro del equipo tiene la responsabilidad de identificar cualquier situación fuera del estándar y parar la línea para que se arregle. Esa es la manera en que ponemos la responsabilidad de la calidad en cada uno de los miembros de equipo. Ellos sienten la responsabilidad, tienen el poder y saben que contamos con ellos.”^[10]

Si se revisara el estilo de administración de muchas de nuestras compañías en México, (Sucede todavía en otras partes del mundo, pero se puede constatar más fácilmente en nuestro país), todavía existe la cultura en la gente y la instrucción de muchos gerentes de producción de NO PARAR LA PRODUCCION aún cuando se tengan problemas de calidad. Lo que se hace es separar las partes malas para repararlas en algún otro momento, usando otro tiempo y otros recursos. La presión ejercida por los directivos para ver siempre buenos números (Eficiencia, Productividad, % de cumplimiento de órdenes, etc), creó la cultura a través de los años, y quien no ha sido capaz de cumplirla, ha tenido que buscar otro trabajo por no cumplir con “los números”, sin embargo como dijo Fujio Cho, Presidente de Toyota Motor Corporation: “*Si no se está parando la planta es que no se tienen problemas, lo cual no es lógico, todas las plantas de manufactura tienen problemas y si no se paró la planta es que seguramente algo se está escondiendo. Reduzcan sus inventarios de tal manera que los problemas puedan salir a la superficie, entonces se parará la producción, pero también les permitirá arreglar los problemas y lograr una mejor calidad cada vez*”.^[10]

Para la ME tiene prioridad la calidad sobre los objetivos de producción. Por lo tanto la filosofía dentro de este principio de ME es que se debe constantemente

reforzar la cultura de que la calidad es responsabilidad de todos a través de toda la organización y que se debe parar la línea de producción para corregir cualquier condición que cause defectos en el producto.

Una vez explicada, y entendida, la definición de Calidad Integrada (Jidoka), quiero enfatizar la importancia de este segundo pilar de la casa del TPS (ver FIGURA 5). El primer pilar es el Justo a Tiempo (JIT), cuya definición se comentará más adelante y es el pilar más conocido y el más aplicado con todas las herramientas que involucra (flujo de una pieza, kanban, QCO, ritmo de la demanda, rutas lecheras, etc.), sin embargo esta casa necesita dos pilares para mantenerse. El segundo pilar Calidad Integrada es muy importante ya que ayuda a mantener todo el sistema pegado y funcionando. Esto lo hace por la simple razón de que todas las herramientas de la ME siguen un mismo patrón, todas están diseñadas para operar con un margen de operación mínimo de tal manera que cuando se interrumpe su operación nos están señalando que hay una condición anormal que requiere nuestra atención. Caso contrario, si el operador tiene inventario en proceso suficiente para continuar trabajando mientras el problema se resuelve, el problema puede no ser resaltado para que se solucione. No importa de que tipo de herramienta es de la que hablamos, su falla puede a fin de cuentas desencadenar en un problema de calidad. La esencia de la Calidad Integrada

La mayoría de la bibliografía consultada coincide en que la esencia de la Calidad Integrada se basa en un proceso de cuatro pasos:

- Detectar la condición fuera del estándar.
- Parar el proceso donde se da la condición, y si están ligados, los procesos previos y/o posteriores.
- Avisar a los miembros del equipo y supervisor que hay un problema y se necesita asistencia.
- Investigar la causa raíz y una vez que se encontró la causa raíz colocar una solución definitiva o una contenedora en lo que se termina de instalar la definitiva.

La detección se hace por medio de la inspección o comparación contra el estándar. El entrenamiento para reconocer condiciones fuera del estándar es crucial

cuando dependemos de los operadores para mantener el flujo continuo de la operación. Detectar una condición anormal no es bueno sino hay una reacción a ésta y por lo tanto el parar el proceso debe ser visto como parte de la operación, es el hecho de admitir que existe una condición anormal y que se le dará la atención que requiere. Estos dos primeros paso pueden ser automatizados mediante el uso de poka yokes de los cuales hablaremos enseguida.

Los dos últimos pasos no pueden ser automatizados porque dependen completamente de la gente. En el párrafo anterior dijimos que la gente necesita un apropiado nivel de capacitación que le deje identificar que es una condición fuera del estándar para poder parar. Para aplicar el tercer paso requiere del mismo pre-requisito ya que se necesita la habilidad para llevar la condición nuevamente dentro del estándar o el reconocimiento de que no puede hacerlo; de esta manera estará en condiciones de comunicar apropiadamente a los miembros del equipo y supervisor, el estado de su estación de trabajo, por medio del andon. El cuarto paso es el de investigar la causa raíz y colocar una solución definitiva; por lo que se necesita diagnóstico, análisis y habilidad para la solución de problemas. Dependiendo de la naturaleza del problema será el tiempo y los recursos que se lleve.

Las Herramientas de la Calidad Integrada

La ME incrementa exponencialmente la necesidad de hacerlo bien a la primera vez. Con niveles de inventario bajos cualquier problema de calidad se reflejará inmediatamente en la operación siguiente. Para ayudar a hacer bien las cosas a la primera vez, La ME propone algunas herramientas que ayudan a desarrollar y estandarizar la cultura de parar la línea de producción para corregir.

Inspección Informativa. De acuerdo con Shingo(1981), tradicionalmente en muchas compañías todavía se utiliza la *inspección de juicio*, la cual se lleva a cabo en el producto terminado el cual es comparado contra los estándares y si no los cumple éste es separado como defectuoso. Sin embargo esta es una revisión *Post Mortem* y el rechazo no es más que el *acta de defunción* . Incrementar el tamaño de muestra de este tipo de inspección, aún al 100%, no tendrá ningún efecto sobre el porcentaje de defectuoso ya que es una inspección sobre hechos consumados aunque pudiera ayudar a que no se le mandara defectuoso al cliente. Para en verdad reducir el

porcentaje de defectuoso de producto terminado de un proceso, los miembros de equipo deben ser informados en el momento que un defecto es descubierto de tal manera que se tomen las acciones para corregir la condición que originó el problema y se prevenga la recurrencia. Este tipo de inspección se llama Inspección Informativa y su nombre viene de la retroalimentación inmediata que se hace al proceso. Este tipo de información es más como una revisión médica en lugar de un certificado de defunción.

Existen principalmente tres tipos de inspección informativa^[17] los cuales comparten las siguientes características: Se realizan cerca de la fuente y deben retroalimentar acerca de cualquier situación anormal, además son una forma de inspeccionar al 100% y que es relativamente fácil de administrar.

Auto-Inspección. La auto-inspección consiste en que el operador que realizó cierta operación deberá revisar su propio trabajo contra los estándares antes de pasarlo a la operación siguiente. Es la inspección que provee la retroalimentación más rápida y que hace posible una corrección casi instantánea. Tiene como ventaja el que sea el propio operador quién descubra y corrija sus errores en lugar de tener a alguien más diciéndoselo; por otro lado sus desventajas son que las decisiones acerca de lo que está bien y lo que está mal no sean objetivas y por otro lado pueden olvidarse de hacer las inspecciones.

Inspección Sucesiva. Consiste en la inspección por parte de los operadores, del material recibido de la operación previa, antes de que ellos mismos la procesen. Este tipo de inspección es un complemento de la auto-inspección y sus ventajas son el que se atrapa cualquier error o defecto desapercibido durante la auto-inspección del operador previo y que además fomenta el trabajo en equipo para la solución de problemas y la mejora continua.

Inspección en la fuente. Este tipo de inspección se basa en el descubrimiento de errores que originan defectos y para esto se apoya en el control estadístico del proceso midiendo que tanto está en control el proceso y cual es su habilidad. Hay dos tipos, la primera es llamada Inspección Horizontal en la Fuente e identifica las condiciones que afectan la calidad dentro del proceso (Causas especiales) y la segunda es llamada Inspección Vertical en la Fuente y rastrea los problemas a través

del proceso para identificar y controlar las causas externas que afectan la calidad (Causas Comunes).

Es importante señalar que para que esta herramienta funcione debe de existir un sistema que promueva la implantación de una acción correctiva, y que además los estándares de comparación deben estar bien definidos y entendidos por los operadores en cada estación de trabajo.

Poka Yoke (A prueba de errores)

Los poka yokes nacen como la necesidad de llevar a cabo de una manera más fácil los 3 diferentes tipos de inspecciones que acabamos de describir, ya que uno de los principales actores en cualquier proceso es la gente y la gente tiende a cometer errores que pueden derivar en defectos. Es muy importante estar convencido de que los errores pueden ser eliminados al conocer el origen de estos errores. “El poka yoke es un dispositivo de acción inmediata tan pronto como el problema ocurre. Se usa para prevenir errores o defectos antes de que estos ocurran o detectan errores o defectos después de que estos ocurrieron. Debe ser de simple implantación y uso; de bajo costo; con aplicación específica y desarrollado con la cooperación de los operadores directamente involucrados en esa operación”^[23].

Como lo dice la definición, el poka yoke puede detectar y eliminar errores y defectos dependiendo del nivel de desarrollo de este. Una táctica común de Toyota es la de adelantarse a los eventos; cuando se desarrolla un proyecto ellos se anticipan a los problemas mediante un análisis y colocan poka yokes aún antes de que el problema ocurra. Obviamente Toyota ya está a otro nivel y la mayoría de las compañías tienen que empezar desde lo básico. Antes de comentar acerca de los niveles de los poka yokes es importante entender la diferencia entre dos palabras que pueden ocasionar mal entendimientos al tratar de implantar los. Estas palabras son error y defecto. Error es cuando no se sigue un estándar por omisión o cuando no hay estándar; el error es una causa. Defecto es una característica que no cumple el estándar y puede ser resultado de un error. Sin embargo, independientemente del nivel del poka yoke, debe constar de tres elementos:

- *Detención.* Para la operación una vez que se ha detectado una anomalía en el proceso o una condición fuera del estándar en algún producto.
- *Control.* Evita que el error o anomalía del proceso genere un defectuoso o segrega la parte defectuosa para evitar que se siga procesando.
- *Alerta.* Avisa mediante una luz, timbre, sonido, etc., que ha ocurrido algo “anormal” en el proceso.

Existen tres niveles de poka yoke:

- Nivel 1. Elimina el error en la fuente, antes de que ocurra.
- Nivel 2. Detecta un error en el momento en que ocurre, antes de que resulte en un defecto.
- Nivel 3. Detecta un defecto después de que este originó, antes de pasar a la siguiente operación.

Los poka yokes pueden ser de muchos tipos, configuraciones, materiales y tecnología. Hay desde los muy sencillos como plantillas, topes mecánicos, compuertas, guías mecánicas, pasa-no-pasa, no tan sencillos como interruptores, sensores, contadores, básculas, Indicadores de variables (máximo-mínimo), y los más complicados como son de restricciones de secuencia en un programa de robótica. Aunque se menciona que deben ser de bajo costo, debe considerarse el tipo de problema que va a resolver. Un poka yoke caro, puede en realidad no ser tan caro si va a solucionar un problema 10 veces más costoso.

La FIGURA 8. nos muestra un ejemplo de un poka yoke sencillo^[23] en el cual se ha colocado una línea de aire comprimido que golpea la caja del producto terminado. Como se detectaron cajas vacías en las instalaciones del cliente, el dispositivo empuja las cajas vacías a un contenedor a un lado de la banda transportadora. El contenedor donde caen las cajas vacías tiene un rehilete que asegura que el chorro de aire esté trabajando continuamente.

Mantenimiento de los poka yokes. El poka yoke más costoso, de alta tecnología o el más ingenioso y barato pueden convertirse en una pesadilla sino se les da mantenimiento. Si creemos que una vez puesto va a funcionar para siempre, debemos pensarlo dos veces ya que al asumir que funciona apropiadamente nos

arriesgamos a que sorpresivamente tengamos un lote completo de producto defectuoso. Es por eso que debemos de colocarlos en un programa de mantenimiento Preventivo para monitorear su correcto funcionamiento y asegurar que tiene las especificaciones bajo las cuales se diseñó. Otra manera de verificarlos es hacerlos redundantes. En el ejemplo anterior se puso una línea de aire comprimido para empujar las cajas vacías, pero también se puso un rehilete para asegurarnos que la presión de la línea de aire se mantiene presente.

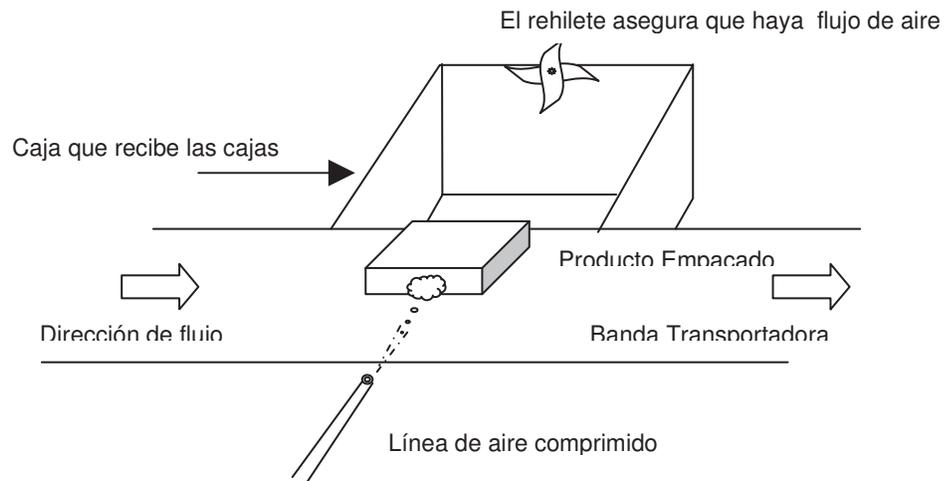


FIGURA 8. Poka yoke para detectar cajas vacías

Fuente: Manual Poka Yoke, Productivity de México, 1993, Productivity Inc.

Andon (Señal)

Andon es una herramienta de información que provee una señal de alerta visible y audible al equipo de producción en el momento en que existe alguna anomalía dentro de esa área de producción. El andon permite que se tomen acciones correctivas en tiempo al alertar al personal cuando existe la condición anormal, al igual que permite a los supervisores, facilitadores o líderes de equipo monitorear la operación, el equipo y al personal más eficientemente, dado que dedican más tiempo y esfuerzo a la solución de problemas. El andon es una herramienta de administración visual que tiene una función de comunicación bi-direccional ya que avisa cuando hay problemas para demandar una respuesta, pero también avisa cuando todo es normal o cuando regresa a la normalidad, Ver FIGURA 9. El andon

no resuelve por sí solo las anomalías, ni previene que los errores o defectos pasen a la próxima estación de trabajo, así como tampoco reemplaza la comunicación verbal entre los miembros del equipo

Los beneficios de implantar este tipo de ayuda visual es el control sobre la producción. Los operadores tienen el poder y la responsabilidad de parar la línea cuando “se necesita” y toda la gente alrededor de dicha operación sabrá que se paró la línea. Este tipo de señal es comúnmente un panel de luces el cual está colocado en un área específica de producción y diseñado para mostrar diferentes aspectos en tiempo real, del área a que pertenece tales como el avance de producción, el estado del equipo, el porcentaje de defectuoso, la disponibilidad de materiales o por el contrario el tipo de problema asociado con estos tales como una baja eficiencia, una máquina parada, un problema de calidad o la falta de materiales, entre otros, ver FIGURA 9. Por supuesto el código tradicional de colores nos dice que cuando hay luz verde: no hay problemas; luz amarilla: la situación requiere atención y luz roja: el proceso está parado y requiere inmediata atención.

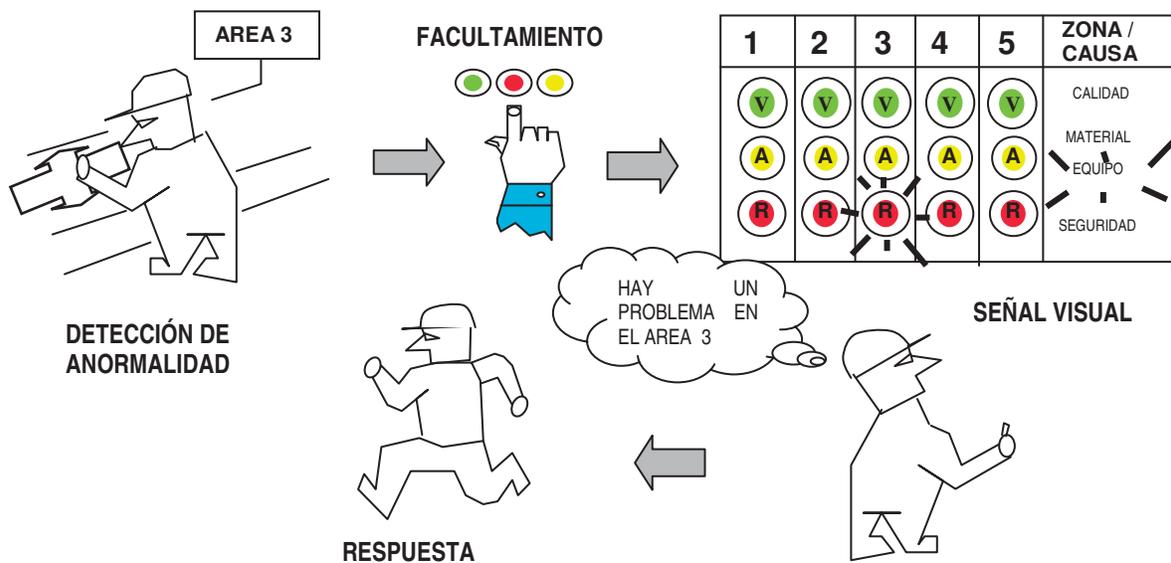


FIGURA 9. Andon electrónico con luces de alerta

Método de Solución de problemas

La presente herramienta es la más importante dentro de la Calidad integrada, de acuerdo con Shingo(1981)^[17] ya que para la ME lo más importante no es el que tan

rápido se informe de que se tiene un problema en la línea, sino la solución que se implantó para corregirlo, y personalmente agregaría, de la cultura de la gente para reaccionar ante un problema. Toyota, como padre de la ME no desarrolló métodos complicados para resolver problemas, las ha mantenido al nivel más simple posible para que sean prácticas y de fácil integración.

El uso de cualquier método de solución de problemas nos hace pensar necesariamente que se debe trabajar siempre en equipo y que los responsables son los directamente involucrados, sin embargo existen diferentes niveles en la solución de un problema a los cuales debe uno acceder dependiendo del grado de complejidad que se presente. Los niveles propuestos para la ME son:

Nivel 1. Ajustes. En este nivel se depende inicialmente del operador encargado de la operación donde se detecto el problema. El será el responsable de regresar el proceso al estándar basado en su experiencia. Como el problema se pudo haber detectado en otra operación o el operador puede no ser tan hábil para corregir el problema entonces puede darse el caso de que se tenga involucrada a la demás gente del equipo tal como el responsable de la otra operación o el líder del equipo con más experiencia y esto puede llevar a un paro de la línea. Esta manera sistemática de trabajar viene de los cuatro pasos esenciales del JIDOKA, y el método de solución de problemas usado es únicamente la experiencia. Cuando no se puede regresar a la condición estándar del proceso, entonces se tiene que pasar al siguiente nivel.

Nivel 2. Método de Solución de Problemas. Como ya se comentó, Toyota desarrolló un método cuya esencia podemos describir en los siguientes 7 pasos^[10]:

- Identificación del problema
- Observación directa en el lugar del problema. No se puede resolver un problema si no se está en el lugar de los hechos
- Definición del problema. Debe ser simple y clara
- Determinación de la causa raíz preguntando los 5 Porqués
- Desarrollo e implantación de la solución correctiva. Se debe mantener la integridad del sistema de producción.
- Verificación de los resultados

- Estandarización de la solución

Nivel 3. Herramientas Avanzadas. Este nivel corresponde a un método de solución avanzada de problemas en donde a nivel gerencial se designa un equipo o persona para que se utilicen herramientas avanzadas tales como Diseño de Experimentos, Seis Sigma, Diseño para Seis Sigma, Etc., con el mismo propósito determinación de la causa raíz para implantar una solución correctiva que regrese el proceso al estándar.

Es importante señalar que todos estos niveles de solución están apoyados por una estructura que les permite el manejo de las situaciones fuera del estándar en donde se lleva registro de cada una, con la descripción del problema la gente involucrada y las acciones correctivas tomadas.

Por otro lado, es importante remarcar que aunque las metodologías de solución de problemas permiten el uso de acciones de contención (Acción que permite regresar a la operación al estándar en lo que se detecta o se encuentra una solución para la causa raíz, tales como una inspección al 100% antes de pasar al siguiente paso de la operación o una sustitución de una refacción por otra en el equipo), manda que estas se implanten cuando en realidad se haya llegado al extremo de cada nivel. El propósito es el de evitar que se pongan soluciones momentáneas que se conviertan en permanentes. Aunque parezca contradictorio con la ME, la manera en que Toyota trabaja actualmente es con pequeños sub-inventarios de sub-ensambles localizados estratégicamente al final de algunas líneas de proceso, los cuales le permiten buscar la solución correctiva definitiva a algún problema antes de instalar una acción de contención, sin alterar el flujo del proceso.

1.5.3 Corazón de la Casa de la ME

1.5.3.1. Mejora Continua.

El concepto de Mejora Continua se deriva de la palabra japonesa KAIZEN en donde *kai* se traduce como *cambio*, y *zen* para *la mejora*. De acuerdo con el RDW Technologies^[24] la definición de Mejora Continua es “Un enfoque práctico y de equipo hacia el cambio progresivo para mejorar, usando trabajo estandarizado”. Y aunque de inicio la estoy ligando con la cultura japonesa, la mejora continua es tan vieja

como el hombre sobre la tierra. La capacidad de aprendizaje del ser humano le dio su capacidad de sobre vivencia ya que al mejorar sus hábitos de vida ha logrado adaptarse a los cambios continuos del entorno; esto mismo sucede con las organizaciones. Por otro lado, ya hemos explicado anteriormente lo importante que es el factor humano en la jornada hacia la implantación de la ME, por lo tanto es importante comentar acerca de la otra herramienta usada por Toyota para crear la cultura de la búsqueda de la perfección. Esta es el *HANSEI*, lo cual significa Reflexión. Esta herramienta nace del compromiso creado con la gente, del control que tienen sobre su trabajo y del entendimiento personal de lo que se espera de ellos, ya que cuando se comete un error se les invita a reflexionar, a entender que es lo que han hecho mal y a comprometerse de que no volverá a pasar; es un cambio de actitud. Por lo tanto desde aquí podemos ligar a la mejora continua con dos palabras claves: *Cambio y Aprendizaje*. Senge(1990) ha descrito a la organización que aprende como “Un lugar donde la gente continuamente expande su capacidad de crear los resultados que realmente desean, donde se nutren nuevos y expansivos patrones de pensamiento, donde las aspiraciones se liberan y donde la gente está continuamente aprendiendo como mejorar juntos”.

Filosofía. La mejora continua tiene como filosofía la aceptación de los errores como oportunidades, el que los procesos estandarizados como resultado de una mejora pueden ser mejorados nuevamente, y el respeto a la inteligencia y capacidad de la gente como medio para retarlos a hacer su trabajo cada día mejor.

Estrategia. De acuerdo con el Manual de Entrenamiento Kaizen^[24] La estrategia para implantar el programa de Mejora Continua inicia con el cumplimiento de estos cuatro prerequisites:

- Trabajo Estandarizado
- Crear la cultura del Compromiso hacia la Mejora Continua
- Despliegue de la filosofía y comprobación continuo del entendimiento
- Planes para los recursos ganados (Dinero, Mano de Obra, Tiempo, Espacio,etc.)

Trabajo Estandarizado. Para poder iniciar un programa de mejora continua es necesario tener operaciones estandarizadas. El trabajo estandarizado sirve como

línea de partida y de comparación para juzgar el avance. Esta línea base permite también que se puede regresar a una operación estándar en caso de que no se logre la mejora propuesta. La estandarización ayuda a resaltar los problemas existentes los cuales se convierten en una oportunidad para realizar un proyecto de mejora continua. Si no existe trabajo estandarizado, este debe ser llevado a cabo y documentarse tal y como se está llevando a cabo en ese momento, y no debe intentarse cambiar detalles susceptibles de cambio durante el proceso, ya que no sería documentar el estándar actual.

Crear la cultura del compromiso. Ya hablamos anteriormente del compromiso de la Gerencia, es el grado de compromiso que se demuestre hacia la Mejora Continua lo que ayudará a formar la cultura en el resto de la compañía.

Despliegue de la filosofía y comprobación de entendimiento. Como ya lo comenté, la Mejora Continua es algo inherente al hombre, lo que tenemos que hacer en este apartado es solamente darle forma a nuestro programa de Mejora Continua, con un programa de entrenamiento para dar a conocer, filosofía, áreas de enfoque, metas y beneficios del programa (que debiera de incluir algún tipo de reconocimiento) y sobretodo buscar que toda la organización participe y promover a que el programa se mantenga aprendiendo de los propios errores.

Planes para los recursos. Es importante definir que se va hacer con los recursos ganados en un proyecto de mejora. Si el resultado es un ahorro, se debiera planear reducir el costo estándar del producto proporcionalmente para ser más competitivo.

Otra parte de la estrategia es el como deben de llevarse a cabo este programa de Mejora Continua. De acuerdo a varios autores, estas son dos de las características más importantes que deben cumplirse dentro de la Mejora Continua:

- **Pequeñas Mejoras.** La idea de la mejora continua es la de fomentar los cambios pequeños de manera incremental con la participación de toda la organización como una manera de invertir a largo plazo en la gente, los procesos y la tecnología para lograr los resultados financieros de manera integral.

- **Estabilidad.** Para lograr la mejora continua de manera incremental, es importante que después de un cambio pequeño se establezca el proceso mediante el entrenamiento, la práctica debida y la estandarización, de esta manera el proceso quedará listo para que se identifique una nueva oportunidad de mejora y se lleve a cabo nuevamente. Las mejoras que no son estabilizadas y estandarizadas generalmente fallan.

Enfoque de la Mejora Continua.

Los temas principales en los cuales se debe enfocar la mejora continua son los siguientes:

- Seguridad
- Calidad
- Costo
- Entrega
- Moral

Fuente de desarrollo de las Mejoras.

Existen básicamente dos fuentes de identificación para las oportunidades de mejora: La operación diaria y el mapa de la cadena de valor:

- En la operación diaria, cada uno en su respectiva función debe ser capaz de identificar oportunidades de mejora relacionadas con su función o las funciones del proceso en donde participa. Esta fuente es la que contribuye mayormente a las mejoras pequeñas incrementales.
- La fuente del Mapa de la Cadena de Valor se basa en el uso de esta herramienta en la que aparece toda la información actual del proceso y apoyado en los conocimientos de ME adquiridos, se identifican oportunidades que muchas veces escapan a la vista en el piso porque no se tiene una visión panorámica de la cadena de valor.

Seleccionando los indicadores de desempeño.

Los medidores de desempeño dependen de cada compañía, los más comunes de acuerdo con Tapping, Luyster y Shuker(2002) son:

- Tiempo de ciclo total
- Vueltas de inventario
- Días de inventario
- PPM's (Partes por millón de defectuoso, rechazos internos y devoluciones)
- Tiempo de operación real
- OTP: Entrega a tiempo a los clientes (On time performance)
- FTT: Índice de partes hechas "Bien a la primera" (First time through)
- Índice de salud y accidentes

Los indicadores deben de ser fáciles de entender, de visualizar como son afectados con nuestras acciones en el piso, fácil de coleccionar la información para calcularlos y fáciles de registrar. Los indicadores son como lo dice su nombre, los responsables de indicar cual es el avance en la jornada hacia la ME, por lo que deben ser absolutamente confiables. Por lo tanto, los indicadores deben ser seleccionados por un comité de la administración y además se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Definición de cómo van a ser calculados
- Darlos a conocer a toda la organización
- Involucrar a la gente a todos los niveles, en su cumplimiento
- Hacer la colección de datos fácil y confiable

CAPITULO VI

PARTE EXPERIMENTAL

Inicio de la implantación de la Manufactura Esbelta

Dentro de la parte experimental se analizarán los siguientes puntos en su orden de prioridad: La adquisición del conocimiento sobre el tema, La redefinición de la situación actual dentro de las cuales tendremos que ir al piso a aprender que es lo que pasa realmente, después tenemos que calificarlo en la Evaluación de la ME y posteriormente tendremos que plasmarlo en el Mapa de la Cadena de Valor definiendo claramente cuales son los indicadores de mejora. El último paso de la parte experimental es la implantación de dos herramientas en la misma área piloto que son la conversión a Manufactura Celular y la implantación del Trabajo Estandarizado.

1. Adquiriendo el conocimiento de la ME

Antes de iniciar la jornada hacia la ME, se tuvo que capacitar a la Gerencia y mandos medios en la cultura de de la ME. Se ha contratado una compañía externa la cual uso dos semanas completas para prepararnos en la cultura y las herramientas. La alta gerencia recibió un curso especial adicional con la idea de que el soporte se de arriba hacia abajo.

2. Redefinición de la situación actual.

Uno de los puntos más importantes dentro de la jornada hacia la ME, es una apropiada definición de la situación actual. Por lo tanto, con lo aprendido acerca de la ME, enseguida presentaré la redefinición de la situación actual de la siguiente manera:

- 2.a. Revisión en Piso. Redefinir los comentarios hechos en el capítulo IV.2, agregando notas sobre situaciones que fueron realizadas al adquirir el conocimiento y visitar directamente el piso para ver que sucede.
- 2.b. Evaluación de ME (Lean Assessment) del área escogida para el cambio.
- 2.c. Administración de la Cadena de Valor.
- 2.d. Indicadores de Mejora

2.a. Revisión en Piso (GO AND SEE o GENCHI GENBUTSU)

Una de las características principales de la ME es su enfoque práctico, nada se compara a estar en el lugar de los hechos, es por eso que la revisión en piso es muy importante. No solo para definir la línea base sino resolver cualquier tipo de problema. Por lo tanto lo primero que se hizo al adquirir los conocimientos necesarios, fue redefinir los comentarios hechos en el capítulo IV, agregando notas sobre situaciones que fueron “descubiertas” al visitar directamente el piso para ver que sucede. Lo encontrado se colocó como un complemento de los enunciados descritos en la primera evaluación, en letra itálica, y se dejaron al final comentarios no hechos en la primera evaluación. Por lo que quedan de la siguiente manera:

- Disposición del equipo de proceso. La Disposición del Equipo actual está arreglado por operaciones similares.
- Se producen lotes grandes para evitar cambios de herramental
- La capacidad fue definida en base a tiempos promedio según el tamaño del producto, lo cual es válido, sin embargo fueron incluidas operaciones que no están agregando valor al producto y que están afectando el costo estándar del producto.
- La capacidad del área se estima históricamente de acuerdo a un promedio, sin tomar en cuenta que la mezcla del producto puede aumentar o disminuir la capacidad mes con mes.
- La materia prima se requieren de acuerdo a la programación de la producción, algunas veces faltan materiales y se para la operación, pero la mayoría de las veces se tiene exceso de inventario en materiales lo cual es visto como normal.
- Las cantidades de subproductos entre las operaciones del proceso llenan el espacio disponible y muy frecuentemente están apiladas, se necesitan varios carros de ganchos para colocar estos subproductos; y esto se ve normal ya que se ha hecho así por 40 años, se puede considerar como exceso de inventario pero es considerado normal ya que se necesita para mantener las operaciones trabajando en caso de que algún equipo se descomponga y por tanto las demás operaciones puedan seguir trabajando.

- Se usan herramientas de diferentes tipos de acuerdo a la operación del proceso, *pero los herramientas no están ordenados, cuando se ocupan se tiene que buscar. El equipo se para cuando se inicia el cambio de herramienta que inicia por la búsqueda de este.*
- Se cuenta con procedimientos y estándares, *pero no se lleva un registro por operación del tiempo en que se debe cumplir cada operación . Algunos productos se procesan más rápido que otros por su naturaleza, pero aún así la capacidad del área está definida por el promedio histórico.*
- Los procedimientos no explican las operaciones al detalle, el detalle depende de cada operador y su habilidad, *lo que ocasiona diferentes tiempos de ciclo para productos iguales.*
- Hay recorridos, para llevar accesorios, materia prima y hasta producto que son largos y repetitivos, *que se volvieron normales por la costumbre.*
- Se produce una gran variedad de productos, que aunque son del mismo tipo, se producen con diferentes materiales y en diferentes medidas.
- No existe una manera fácil de informar al personal de mantenimiento cuando un equipo se descompone.
- El porcentaje de defectuoso es alto.
- La gente produce a destajo por operación ya que es la manera en que se basa su bono de productividad. *Esto ocasiona grandes cantidades de inventario ya que hay operaciones que son más rápidas que las otras.*
- Al final de mes no se cubren todos los requerimientos del cliente, dejando ordenes retrasadas para el mes siguiente.
- *No existe comunicación entre las diferentes operaciones del proceso. Cuando un equipo se para las operaciones precedentes a este punto del proceso siguen produciendo, generando acumulación de inventario.*
- *Las herramientas para los cambios de herramienta no siempre están disponibles. Además, los operadores de producción no tienen las mismas herramientas porque el equipo ha sido modificado al paso del tiempo y ya no aplican las mismas herramientas para equipos iguales.*

- *Las herramientas de trabajo no siempre son las mismas de estación a estación y no conocemos si los operadores tienen todas las herramientas que necesitan.*
- *Se produce para almacenar. Cuando falta algún material o herramental, se sigue produciendo una misma línea de producto, aunque ya se haya cumplido el requerimiento, solo por cumplir con la cuota de producción.*
- *Los materiales de empaque (Cajas, bolsas y etiquetas de diferente tamaño) e identificación (calcomanías), que llegan a los 2,000 diferentes de un mismo tipo no están ordenados con un estándar, quiero decir se pierde el orden fácilmente y esto ocasiona problemas para encontrarlos, se revuelven y ocasionan problemas de calidad por productos empacados o identificados equivocadamente.*
- *Los equipo tienen programados sus frecuencias de mantenimiento preventivo, sin embargo no se verifican hasta llegado ese momento se ha identificado que a veces pudo prevenirse un problema mayor si “alguien” hubiera puesto atención en el equipo.*
- *Se tiene muchos equipos similares que, sin embargo, no producen con la misma eficiencia.*
- *Parte de la materia prima o accesorios usados no están disponibles en el área en que se usan.*
- *Continuamente faltan materias primas de empaque e identificación, lo que ocasiona paros en proceso.*
- *La programación de la producción se fija en la operación inicial que es la construcción. Con lo cual el operador de construcción decide que construir, en que momento y a que velocidad, del programa. Esta operación tiene una cuota de construcción, por lo que prácticamente “empuja” el semiproducto hacia las operaciones subsecuentes.*
- *No se conoce con certeza la mezcla de productos más rápidos de manufacturar y menos rápidos, la cual puede variar de un mes a otro.*

2.b. Evaluación de Manufactura Esbelta

Para iniciar la jornada hacia la ME, muchos autores y compañías consultoras recomiendan que al decidir implantar un sistema de producción de ME debe realizar

una evaluación inicial (Lean Assessment). Esta evaluación es una comparación de que tan lejos se está de ser una organización esbelta en los diferentes aspectos. Aunque existen algunas diferencias entre los autores, dicha evaluación se enfoca en el análisis de áreas específicas dentro de la cadena de valor, a las cuales se les pueden asignar indicadores y ser monitoreadas a través del tiempo. Estas áreas son:

- Calidad
- Controles visuales
- Involucración del equipo (gente)
- Transporte de material
- Flujo del proceso
- Inventarios
- Planeación y programación de la producción
- Cambios rápidos de puesta a punto
- Mantenimiento

Por lo que dependiendo del giro de la compañía se tiene que escoger la versión de “Evaluación de ME” que más aplique.

La mayoría de las evaluaciones consultadas traen “niveles” los cuales pueden irse eligiendo como metas a cumplirse paso a paso, se debe tener cuidado de no querer alcanzar la meta del estado ideal de la ME en un corto plazo y sin un plan bien soportado ya que puede crearse frustración y propiciar el abandonar la jornada a la ME.

La evaluación de la ME debe hacerse con una frecuencia definida para verificar el avance contra las metas o niveles. Particularmente la compañía decidió hacer una evaluación semestral. De acuerdo con el libro Value Stream Management^[19], estas son algunas reglas para el uso de la “Evaluación de Manufactura Esbelta”:

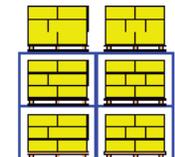
- Hágalo en equipo. Debe involucrarse a la gente relacionada a cada área
- Anote las razones detrás de cada calificación
- Realice el ejercicio en presencia de un experto de ME para asegurar la aplicación estandarizada de la herramienta.

- Trate de dar calificaciones por consenso, en cada área. No se detenga mucho en diferencias pequeñas.

La evaluación de ME escogida es la ofrecida por Strategos^[28], una compañía de consultores en ME ubicada en Kansas, Montana, U.S.A; por su sencillez y porque aporta una calificación inmediata, permite fijar la meta y además ofrece una ayuda visual de la evaluación completa lo que permite una visión panorámica del estado actual contra la meta.

A continuación se presenta dicha evaluación la cual se mantuvo en su idioma y formato original para mantener la esencia de la evaluación y su autoría. En la TABLA 6^a se muestra la evaluación por categorías específicas dentro de la cadena de valor, la TABLA 6b nos muestra el resultado total de la evaluación el cual también se muestra en la FIGURA 10, de una manera más visual.

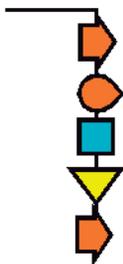
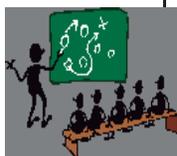
TABLA 6a. EVALUACION DE MANUFACTURA ESBELTA DEL CASO DE ESTUDIO



1.0	Inventory	Response	Actual Grade	QUEST SCORE
1.1	For the categories of Finished Goods, Work-In-Process (WIP) and Purchased/Raw Materials, what portion of middle and upper managers can state from memory the current turnover and the purpose of each type?	0%-6%	X	0
		7%-55%		0
		56%-80%		0
		81%-93%		0
		94%-100%		0
1.2	What is the overall inventory turnover, including Finished Goods, WIP and Purchased/Raw material?	0-3		0
		4-6	X	1
		7-12		0
		13-24		0
		25+		0
1.3	What is the ratio of Inventory Turnover to the industry average?	<=1.0		0
		1.1-2.0		0
		2.1-4.0		0
		4.1-8.0		0
		8.1+	X	4
Section Total Score				5
2.0	The Team Approach	Response	X	
2.1	What is the organization type?	Exploitive		0
		Bureaucratic		0
		Consultive	X	2

CAPITULO VI. PARTE EXPERIMENTAL

		Participative		0
		Highly Participative		0
2.2	How are workers on the factory floor compensated?	Individual Incentive	X	0
		Hourly Wage		0
		Group Incentive		0
		Salary		0
		Salary+ Annual Bonus		0
		Layoffs Every Year		0
2.3	To what extent do people have job security?	Transfers & Retraining Reduce Layoffs	X	2
		Layoffs Are Rare		0
		Layoffs Every Year		0
2.4	What is the annual personnel turnover	31%+		0
		14%-30%		0
		7%-11%	X	2
		3%-6%		0
		0%-2%		0
2.5	What percentage of personnel (ALL Personnel) have received at least eight hours of teambuilding training?	<5%		0
		6%-10%	X	1
		11%-30%		0
		31%-90%		0
		91%-100%		0
2.6	What percentage of personnel are active members of formal work teams, quality teams, or problem-solving teams?	<5%		0
		6%-10%	X	1
		11%-30%		0
		31%-90%		0
		91%-100%		0
Section Total Score				8
3.0	Processes	Response	X	
3.1	How many large-scale machines or single-process areas are in the plant through which 50% or more of different products must pass?	4+	X	0
		3		0
		2		0
		1		0
		0		0
3.2	How would you rate the overall bias of the plant's process selection with respect to scale?	Large Scale		0
		Medium/Mixed	X	2
		Small Scale		0
3.3	How easy is it to shift output when the product mix changes?	Very Difficult	X	0
		Moderately Difficult		0
		Easy		0
3.4	How easy is it to alter the total production rate by +/-15%?	Very Difficult		0
		Moderately Difficult	X	2
		Easy		0



CAPITULO VI. PARTE EXPERIMENTAL

3.5	What is management's target operating capacity for individual departments or machines?	96%-100%		0
		91%-95%	X	1
		86%-90%		0
		76%-85%		0
		50%-75%		0
3.6	How would you rate the overall bias of the plant's process selection with respect to technology level?	Complex Technologies		0
		Moderate/Mixed	X	2
		Simple Technologies		0
Section Total Score				7
4.0	Maintenance	Response	X	
4.1	Describe equipment records and data. Include records of uptime, repair history, and spare parts. Include repair and parts manuals.	Non-Existent	X	0
		Substantially Complete		0
		Complete & Accurate		0
4.2	Excluding new installations and construction projects, what percentage of maintenance hours is unplanned, unexpected, or emergency?	71%-90%	X	0
		51%-70%		0
		26%-50%		0
		11%-25%		0
		0%-10%		0
4.3	Does maintenance have and follow a defined preventive schedule?	No PM		0
		1%-10% Coverage		0
		11%-30% Coverage	X	2
		31%-90% Coverage		0
		91%+ Coverage		0
4.4	Do equipment breakdowns limit or interrupt production?	Often	X	0
		Occasionally		0
		Frequently		0
4.5	What is the overall average availability of plant equipment?	Unknown	X	0
		0%-75%		0
		76%-90%		0
		91%-95%		0
		96%-100%		0
Section Total Score				2
5.0	Layout & Handling	Response	X	
5.1	What portion of total space is used for storage and material handling?	71%-100%		0
		46%-70%		0
		30%-45%	X	2
		16%-30%		0
		0%-15%		0
5.2	What portion of the plant space is organized by function or process type?	71%-100%	X	0
		46%-70%		0
		30%-45%		0
		16%-30%		0



CAPITULO VI. PARTE EXPERIMENTAL



			0%-15%	0
5.3	How would you characterize material movement?	Pallet-size (or larger) loads, long distances (>100'), complex flow patterns, confusion, & lost material	X	0
		Mostly tote-size loads, bus-route transport, & intermediate distances		0
		Tote-size or smaller loads, short distances (<25'), simple & direct flow pattern		0
5.4	How would you rate overall housekeeping and appearance of the plant?	Messy, Filthy, Confused	X	0
				0
		Some dirt, Occasional Mess		0
				0
5.5	How well could a stranger walking through your plant identify the processes and their sequence?	Impossible to see any logic or flow sequence.	X	0
		Most processes are apparent with some study. Most sequences are visible.		0
		Processes and their sequences are immediately visible.		0
Section Total Score				2



6.0	Suppliers	Response	X	
6.1	What is the average number of suppliers for each raw material or purchased item?	2.5+		0
		1.6-2.4	X	1
		1.3-1.7		0
		1.2-1.4		0
		1.0-1.1		0
6.2	On average, how often, in months, are items put up for re-sourcing?	1-11	X	0
		12-17		0
		18-23		0
		24-36		0
		36+		0
6.3	What portion of raw material & purchased parts comes from	0%		0

CAPITULO VI. PARTE EXPERIMENTAL

	qualified suppliers with no need for incoming inspection?	1%-10%	X	1
		11%-30%		0
		31%-70%		0
		70%-100%		0
6.4	What portion of raw material and purchased items is delivered directly to the point of use without incoming inspection or storage?	0%	X	0
		1%-10%		0
		11%-30%		0
		31%-70%		0
6.5	What portion of raw materials and purchased parts is delivered more than once per week?	0%	X	0
		1%-10%		0
		11%-30%		0
		31%-70%		0
		70%-100%		0

Section Total Score

2



7.0	Setups	Response	X	
7.1	What is the average overall setup time (in minutes) for major equipment?	61+	X	0
		29-60		0
		16-30		0
		10-15		0
7.2	What portion of machine operators have had formal training in Rapid Setup techniques?	0-9		0
		0%	X	0
		1%-6%		0
		7%-18%		0
7.3	To what extent are managers and workers measured and judged on setup performance?	19%-42%		0
		43%-100%		0
		Not at All	X	0
		Informal Tracking & Review		0
		Setups Tracked, Performance In Job Description		0

Section Total Score

0

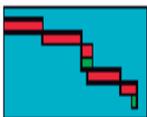


8.0	Quality	Response	X	
8.1	What portion of total employees have had basic SPC training?	0%-6%		0
		7%-55%		0
		56%-80%		0
		81%-93%	X	3
8.2	What portion of operations are controlled with Statistical Process Control (SPC)	94%-100%		0
		0%		0
		1%-10%		0
		11%-30%		0

CAPITULO VI. PARTE EXPERIMENTAL

		31%-70%		0
		71%-100%	X	4
8.3	What portion of the SPC that is done is accomplished by operators as opposed to Quality or Engineering specialists?	0%		0
		1%-10%		0
		11%-30%		0
		31%-70%	X	3
		71%-100%		0
		0%		0
8.4	What is the overall defect rate?	1%-10%	X	3
		11%-30%		0
		31%-70%		0
		71%-100%		0
		0%		0

Section Total Score 13



9.0	Scheduling/Control	Response	X	
9.1	What portion of work-in-process flows directly from one operation to the next without intermediate storage?	0%		0
		1%-10%	X	1
		11%-35%		0
		36%-85%		0
		86%-100%		0
9.2	What portion of work-in-process is under Kanban or Broadcast control	0%	X	0
		1%-10%		0
		11%-35%		0
		36%-85%		0
		86%-100%		0
9.3	What is the on-time delivery performance?	0%-50%		0
		51%-70%	X	1
		71%-80%		0
		81%-95%		0
		95%-100%		0
Section Total Score				2



Fuente: <http://www.strategosinc.com> (2005)

EXPERIMENTAL**TABLA 6b.** RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN (Tabla numérica)

SECTION	SECTION POINTS	# OF QUEST	SECTION AVG	SECTION %	STRATEGIC IMPACT FACTOR	SECTION TARGET
1.0 Inventory	5	3	1.67	42%	5.0%	20.0%
2.0 Teams	8	6	1.33	33%	13.0%	52.0%
3.0 Process	7	6	1.17	29%	3.0%	12.0%
4.0 Maintenance	2	5	0.40	10%	14.0%	56.0%
5.0 Layout	2	5	0.40	10%	11.0%	44.0%
6.0 Supplier	2	5	0.40	10%	5.0%	20.0%
7.0 Setup	0	3	0.00	0%	11.1%	44.4%
8.0 Quality	13	4	3.25	81%	25.0%	100.0%
9.0 Scheduling	2	3	0.67	17%	13.0%	52.0%
SUM:					100%	
MAX:					25.0%	

Fuente: <http://www.strategosinc.com> (2005)

TABLA 6 c. SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS

SECTION POINTS	Puntos totales por sección
SECTION %	Calificación de la sección en porcentaje de la calificación máxima.
STRATEGIC IMPACT FACTOR	Inserte aquí el número que refleja la importancia relativa que le da su compañía de cada sección en relación con las otras secciones. El total de todas las secciones debe ser igual a 100%.
SECTION TARGET	Calcula el porcentaje objetivo para cada sección basado en la importancia relativa.
SUM:	Suma de la importancia relativa. Debe ser igual a 100%. Se puede ir cambiando como sea necesario dependiendo de lo que se vaya aprendiendo. Sum of impact factors. This must equal 100%. Change impact factor input as required.

Fuente: <http://www.strategosinc.com> (2005)

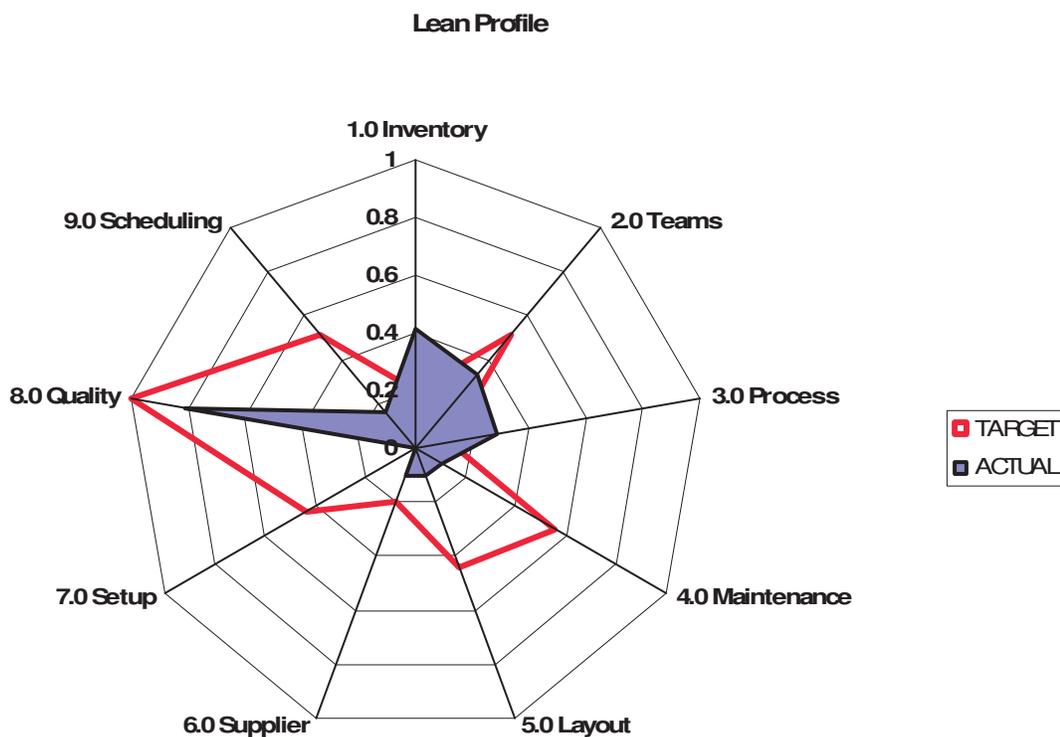


FIGURA 10. Resultado gráfico de la Evaluación de Manufactura Esbelta

Fuente: <http://www.strategosinc.com> (2005)

La FIGURA 10 nos muestra los resultados en porcentaje en donde los picos sin color representan el objetivo actual de acuerdo a la importancia específica que se tiene actualmente del proceso. Los picos de la figura sombreada son los resultados en escala del 0 a 100% de cada una de las secciones. Como se puede ver, aunque los objetivos son bajos (abajo del 60%) para la mayoría de las secciones, aún así muchos de ellos están lejos de cumplirse. Lo que esta gráfica nos dice también es que es necesario aprender sobre ME para poder fijar unos objetivos alineados a la eliminación del desperdicio, los representados en la actual gráfica todavía muestran un enfoque tradicional con un enfoque muy cargado hacia el lado de la calidad y muy alejado de los conceptos de una organización esbelta.

2.c. Administración de la Cadena de Valor

La tercera herramienta usada para definición de la situación actual es la Administración de la Cadena de Valor. Esta administración se soporta en un dibujo tamaño poster que representa la cadena de valor en estudio, y que muestra como sucede el flujo de materiales y el flujo de información de dicha cadena. Este dibujo es llamado Mapa de la cadena de valor y puede representar desde una cadena de valor de un proceso específico hasta la cadena de valor de todos los procesos de la compañía.

La administración de la cadena de valor es un proceso de administración visual, en el cual, después de haber aprendido los principios de la ME, se debe representar la situación actual de la cadena de valor y enseguida se debe proponer cual sería el estado ideal de dicha cadena representando con otro dibujo el estado futuro; Este mapa del estado futuro permitirá a todos los miembros de la organización conocer cuales son las metas y acceder a la información para trabajar efectivamente hacia las mismas, ya que debe contener todas las herramientas de la ME que aplique a la cadena.

La otra parte del proceso administrativo es el uso del mapa de la situación actual para identificar en donde se encuentran las oportunidades de mejora y eliminación de desperdicio para que puedan ser representadas en el estado futuro.

De acuerdo con el libro Value Stream Management^[19], el proceso de administración de la cadena de valor debe:

- Ligar a la gente, las herramientas de ME y los indicadores de mejora
- Asegurar que el avance hacia la ME es sostenible
- Permitir a toda la organización entender las metas y continuamente incrementar su conocimiento acerca de los conceptos
- Hacer posible tener un flujo controlado en el piso
- Ayudar a la generación del plan de desarrollo de la ME
- Proveer una buena manera de comunicación visual
- Permitir la revisión continua de los avances a través de reuniones programadas cada determinada frecuencia
- Permitir la actualización del mapa tan pronto los cambios vayan ocurriendo.

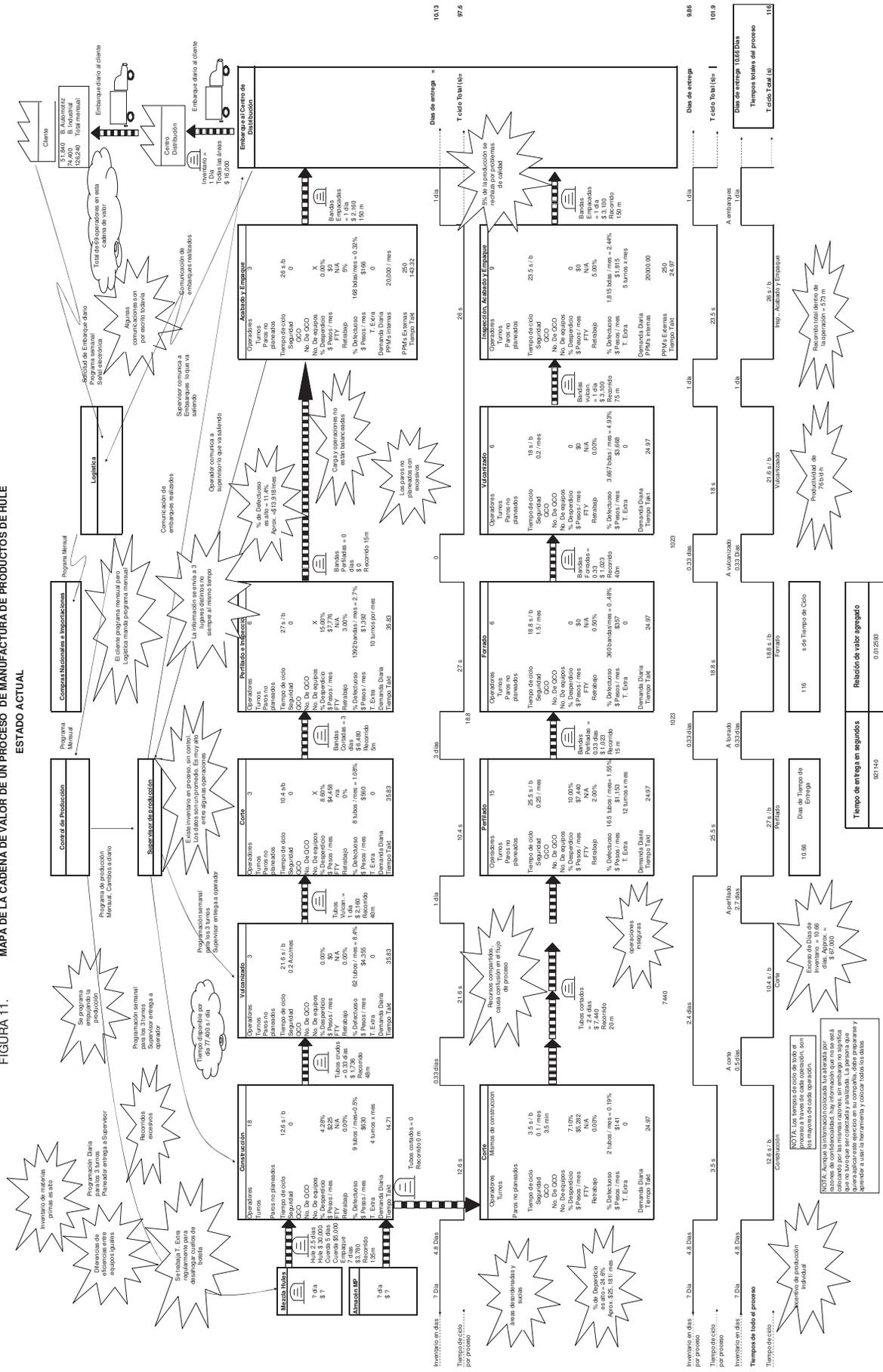
La realización del mapa de la cadena de valor de estado actual y futuro es un trabajo en equipo que requiere del compromiso de todos los involucrados. La colección de datos para hacer el estado actual es muy importante, se debe ser preciso en la información que se despliega en esta primera parte de la administración ya que es la línea base. Por otro lado la alta gerencia debe entender este proceso, creer en él y soportarlo, mientras que los mandos medios, supervisores y líderes deben saber como aplicarlo.

Mapas de la Cadena de Valor del caso de estudio.

A continuación en la FIGURA 11, se muestra el mapa de la cadena de valor del estado actual. En el podemos observar el flujo de materiales y de comunicaciones del proceso actual, los inventarios, la mano de obra entre operaciones, % de Paro por falla de equipo, No. De QCO y tiempo de ejecución, el tiempo en que se entrega el producto al cliente y sobre todo la relación de valor agregado. Los indicadores de mejora los presentaremos después del Mapa de la Cadena de valor actual ya que también se propondrá la meta que debe alcanzarse en el estado futuro de este proceso. Estos indicadores fueron revisados con el enfoque de medir el avance de una organización esbelta, ya que tenían un enfoque diferente hacia la calidad y la eficiencia. Después se presenta el Mapa de la Cadena de Valor del Estado Futuro, el cual se dividió en dos porque se plantea la necesidad de agrupar el proceso en familias y desarrollar dos células de manufactura en el futuro. Ver FIGURAs 12 y 13. Finalmente, después de presentar la aplicación de 3 de las herramientas de la ME, presentaremos como cambió el Mapa de la Cadena de Valor después de aplicadas las herramientas.

CAPITULO VI. PARTE EXPERIMENTAL

FIGURA 11. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE UN PROCESO DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE HULE ESTADO ACTUAL



2.d. Indicadores de Mejora.

También se redefinieron los indicadores, ya que como dijimos, la definición de la situación actual es la línea base para comprobar la mejora, y a partir del cálculo de estos indicadores en la línea base se deben fijar las metas en cada una de las áreas (indicadores). Las metas deben ser retadoras, pero también realistas, y una vez que se tienen las metas, se deben iniciar las acciones para mejorar cada uno de estos indicadores y se debe ir comprobando su avance contra la línea base definida. Estos indicadores ayudarán también a la definición del estado actual del Mapa de la Cadena de Valor y quedaron como se muestra en la TABLA 7.

TABLA 7. Redefinición de los Indicadores de Desempeño.

Indicador	Actual	Propuesta de Mejora	U. de Medida
Área Ocupada	10,000	30% Menor	m
Tiempo de Entrega (DTD, Dock to Dock)	10.66	80% Menor	Días
Productividad	76	30 % Mayor	Piezas/día-hombre
Inventario en Proceso	10.66	70% menor	Días
% Defectuoso	11.39	70 % Menor	%
% Desperdicio	24.63	70 % Menor	%
% Retrabajos	15.5	100% Menor	%
% Paros por falla de equipo	15	50 % Menor	%
Tiempo de Ciclo	116	60 % Menor	s
PPM´s Internas	20,000	70% Menor	Partes por millón
Eficiencia Total del Equipo (OEE)	72.9	10% Mayor	%
Devoluciones de Clientes	1,250	80% menor	Partes por millón

Fuente: Información recopilada del área piloto

Una etapa muy importante dentro de la ME, es la relación entre el Mapa de la Cadena de Valor Actual y los indicadores, ya que una vez establecidos es posible identificar las oportunidades y es aquí donde debemos establecer las metas a donde queremos llevar tales indicadores. Este ejercicio nos permite determinar los ahorros potenciales que en parte financiarán los cambios rumbo a la ME. Si observamos las propuestas, son bastante demandantes, sin embargo seremos sorprendidos por los resultados.

FIGURA 12. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE UN PROCESO DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE HULE ESTADO FUTURO CELULA I

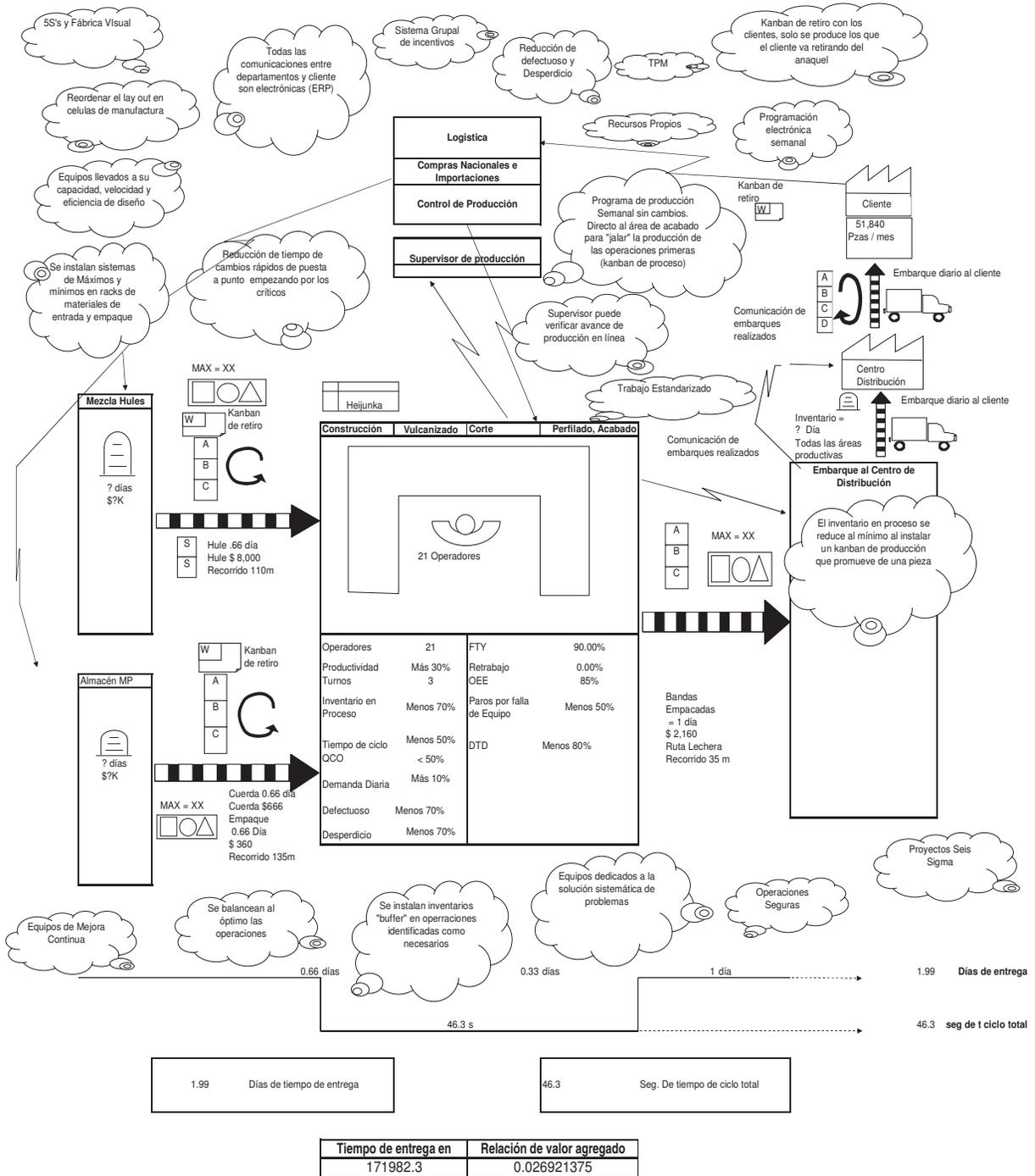
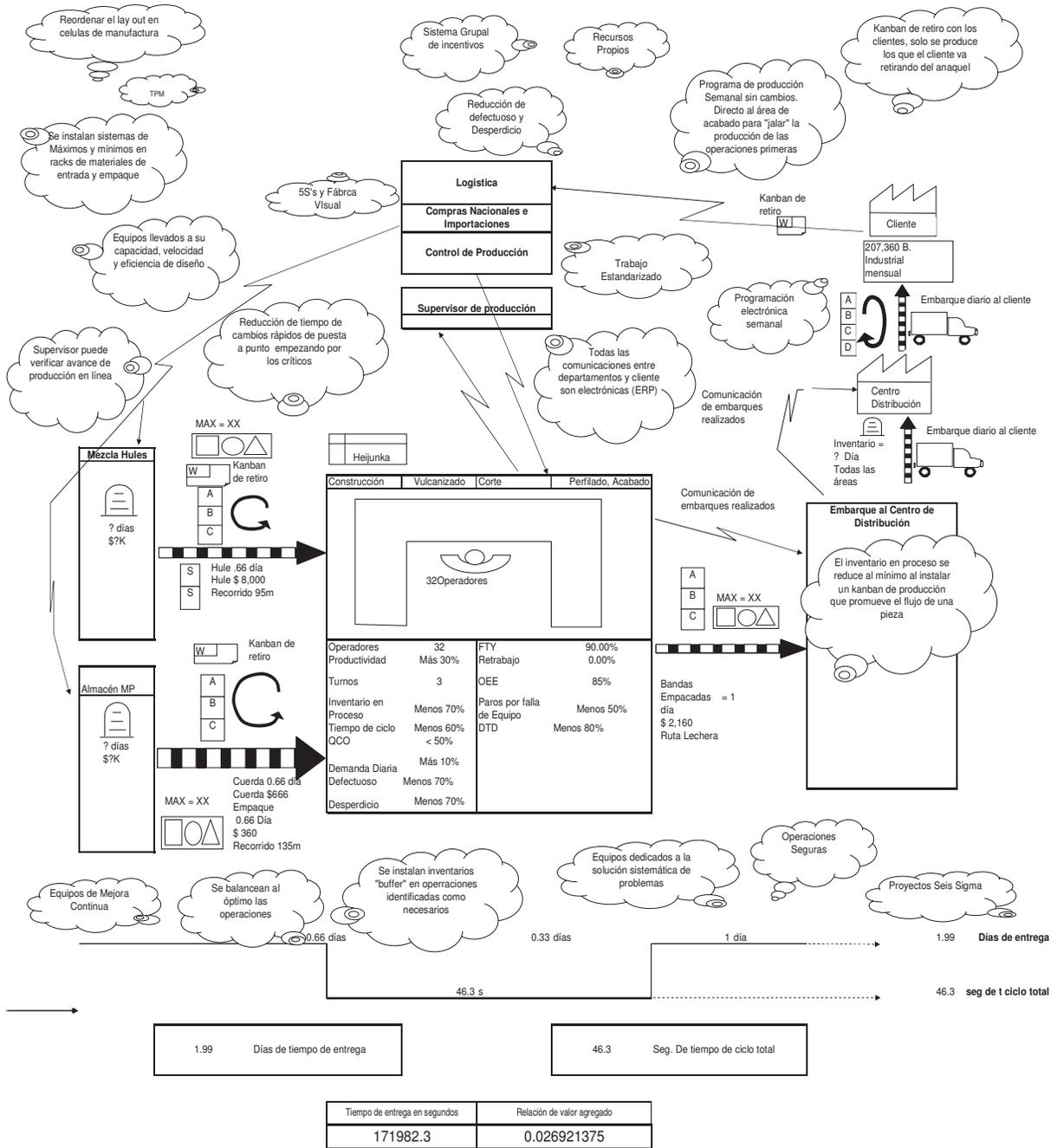


FIGURA 13. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE UN PROCESO DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE HULE ESTADO FUTURO CELULA II



3. Implantación de las herramientas de la ME

3.1. Manufactura Celular.

La primera herramienta y probablemente la más complicada y de mayor inversión requerida es la de Manufactura Celular. Al observar en el piso vimos que se está fabricando con un arreglo de procesos agrupados por operaciones similares en donde los materiales tienen que hacer grandes recorridos pues pasan en lotes de una operación a otra, además como siguen procesos diferentes tienen que ir y regresar entre operaciones generando un flujo discontinuo, no muy claro, un alto inventario en proceso y en ocasiones un verdadero caos porque se llegan a perder los materiales de un lugar a otro. A continuación en la FIGURA 14, se presentará la disposición del equipo representativo del estado anterior y uno de cómo quedó después del cambio, FIGURA 15. Los detalles han sido obviados por razones de confidencialidad pero la mejora es bastante notoria aún así.

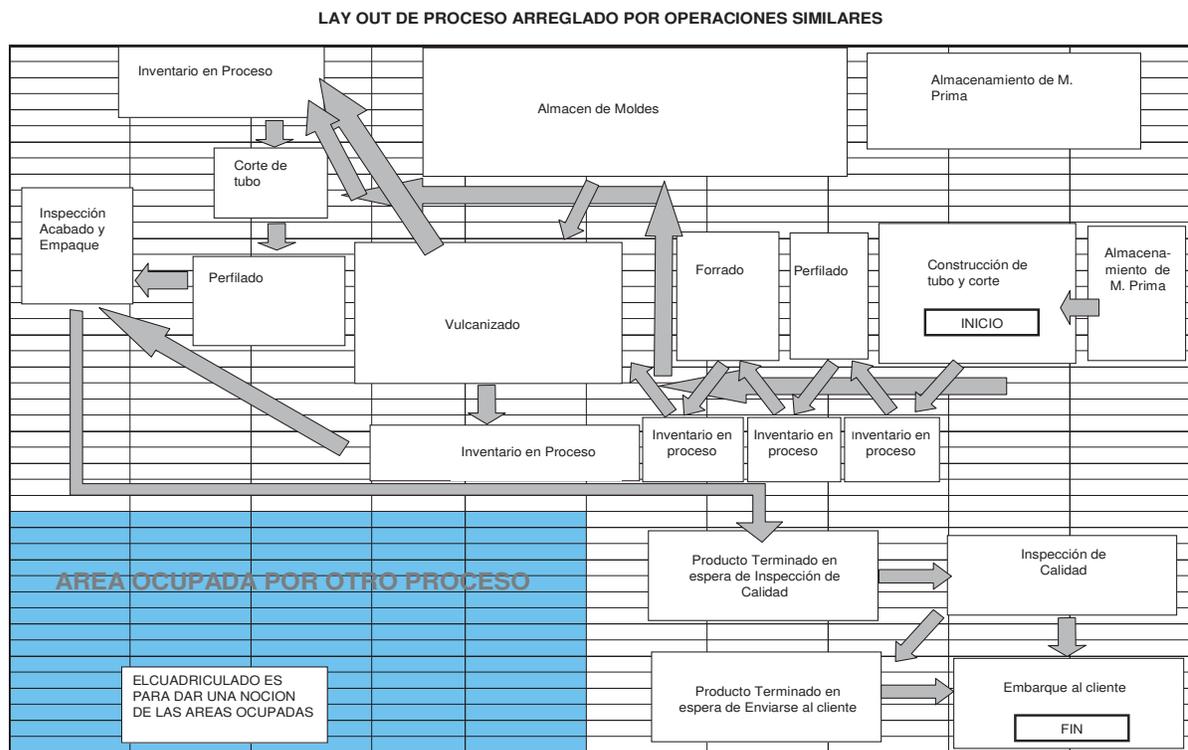


FIGURA 14. Disposición del Equipo de proceso arreglado por operaciones similares

Fuente: Información recopilada del área piloto

LAY OUT DE PROCESO CONVERTIDO A MANUFACTURA CELULAR



FIGURA 15. Disposición del Equipo de Proceso convertido a Manufactura Celular

Fuente: Información recopilada del área piloto

La Celularización por sí sola trae muchos beneficios, ya que ataca directamente sobre varios de los principales desperdicios tales como el sobre-inventario, el exceso de transporte (recorridos). También incide sobre la calidad y el desperdicio ya que se desarrolla por método una cultura de mayor comunicación entre las operaciones al estar más cerca y el esquema de incentivos (si los hubiere como en este caso de estudio) cambia de ser individual (por destajo), a grupal, lo que obliga a la comunicación y el compromiso.

3.2. Trabajo Estandarizado

La implantación del trabajo estandarizado se hizo usando las herramientas de éste. De las 8 gráficas y tablas que se muestran, todas ellas se repiten en el antes y después excepto el Diagrama de Análisis de Trabajo y la Hoja de Trabajo Estándar, también conocida como Hoja de Operación Estándar. Esta parte de la tesis es la que

más requiere de la Ingeniería Industrial, sin embargo con un buen entrenamiento, se puede realizar sin ayuda de ésta.

Los que siguen son los resultados de la toma de datos en la situación actual y los resultados después de aplicar el trabajo estandarizado, ambos representados en el orden de ejecución por las gráficas y tablas mencionadas como sigue, todas las gráficas y tablas tienen como fuente el trabajo presentado:

GRAFICA 1, Diagrama de análisis de trabajo (Diagrama de espagueti). Indica la secuencia de trabajo del operador.

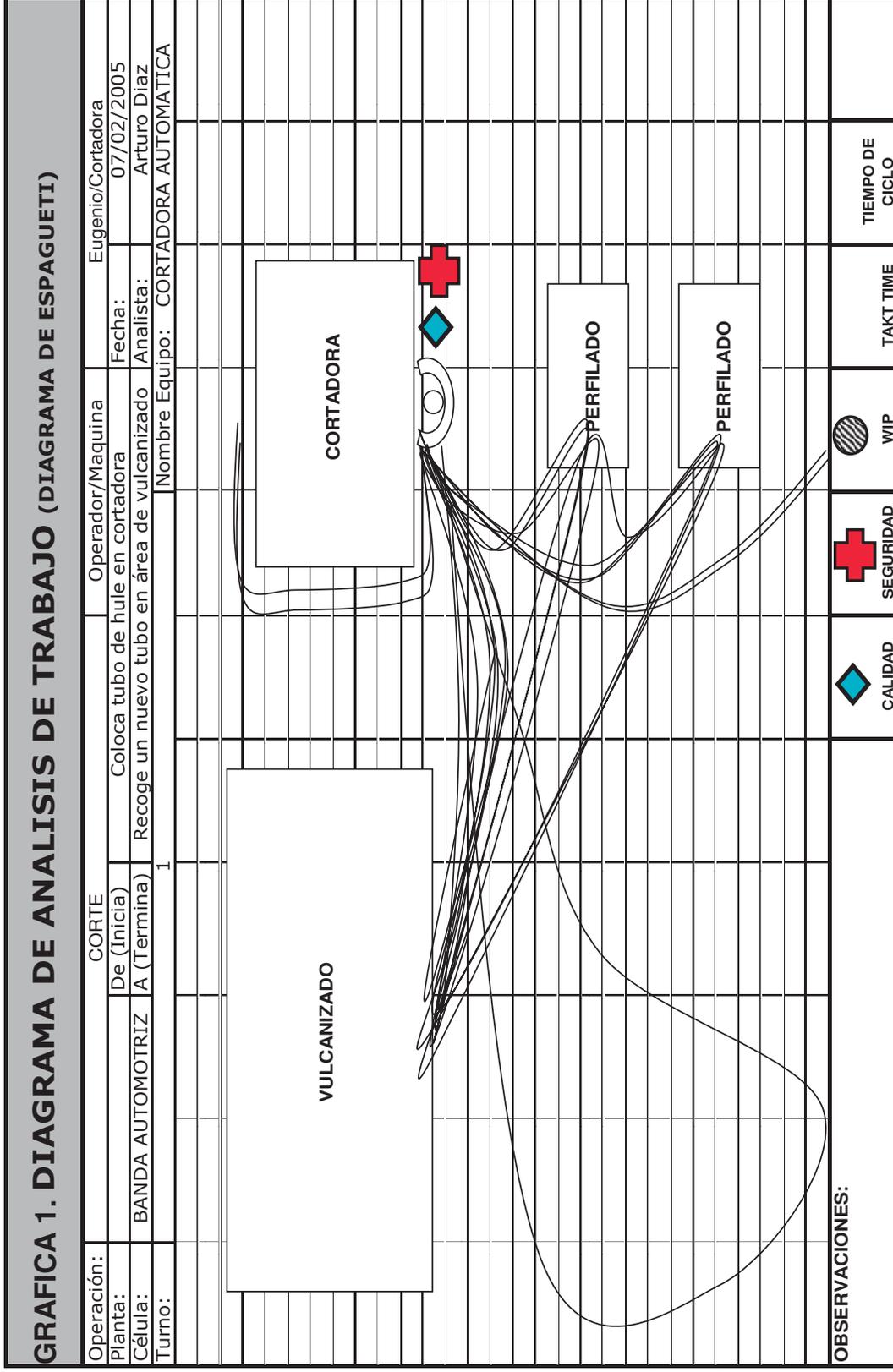
TABLA 8 y 11. Análisis de Elementos de trabajo. Se usa para documentar el tiempo de ciclo de una operación, específicamente el tiempo de los elementos manuales y de máquina de esa operación.

TABLA 9, 10 12 y 13. Hoja de Capacidad. Especifica la máxima capacidad que tiene un equipo, y nos sirve también para identificar la operación/equipo que es el cuello de botella.

GRAFICA 4 y 11. Gráfica de Trabajo Combinado. Muestra en una representación visual muy rápida la combinación de los movimientos humanos y de máquina, indicando el tiempo exacto de cada paso.

GRAFICA 5 y 9. Gráfica de Balanceo de cargas de trabajo. Compara en cada operación la carga de trabajo de cada operador con el ritmo de la demanda y con las otras operaciones, y ayuda a determinar si se requieren más operadores para determinada operación.

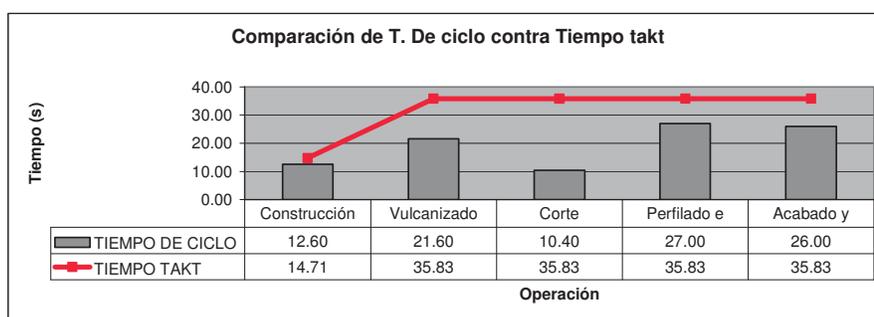
GRAFICA 10. Hoja de Operación Estándar. Es la gráfica en donde se despliega toda la información obtenida en las herramientas anteriormente mencionadas. Se despliega en el lugar de la operación y le sirve al operador para conocer la secuencia, los movimientos, la disposición del equipo y los tiempos que requiere para realizar dicha operación. Esta hoja también sirve como documento para entrenar a nuevos operadores.



GRAFICA 1. DIAGRAMA DE ANALISIS DE TRABAJO DE LA OPERACIÓN DE CORTE, antes del Trabajo Estandarizado

Hoja de Capacidad Producto sin Forro						
Lider	B. Luna	Planta: Toluca			Fecha:	16/07/2005
		Area: Bandas V			Elaborado por:	
		Turno:			Miguel García	
Proceso No.	Proceso	DIAS	CARGA	PROD/ DIA	TIEMPO DISPONIBLE	Observaciones
		TIEMPO DE CICLO	TIEMPO TAKT	CAPACIDAD.	EQUIPO	
1	Construcción	12.60	14.71		Torno	Se incluye lo que se construye para la otra línea de producto
2	Vulcanizado	21.60	35.83		Vulcas	
3	Corte	10.40	35.83		Cortadora recta	
4	Perfilado e Inspección	27.00	35.83		Grinders	
5	Acabado y Empaque	26.00	35.83		Mesa P. Terminado	

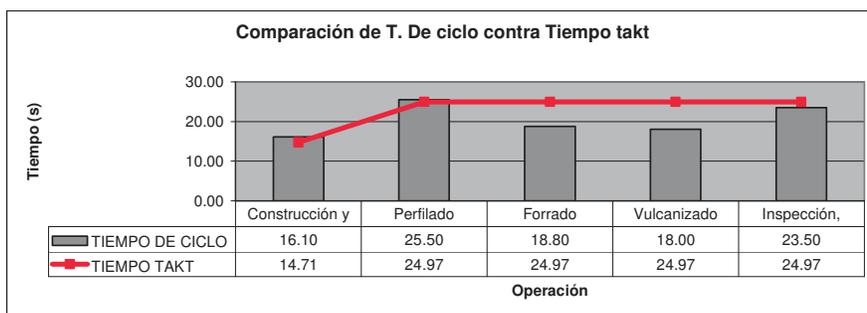
Tabla 9. Hoja de Capacidad para Banda sin forro, antes del cambio.



Gráfica 2. Tiempo de ciclo contra tiempo takt banda sin forro, antes del cambio

Hoja de Capacidad Producto con Forro						
Lider	B. Luna	Planta: Toluca			Fecha:	16/07/2005
		Area: Bandas V			Elaborado por:	
		Turno:			Miguel García	
Proceso No.	Proceso	DIAS	CARGA	PROD/ DIA	TIEMPO DISPONIBLE	Observaciones
		TIEMPO DE CICLO	TIEMPO TAKT	CAPACIDAD.	EQUIPO	
1	Construcción y Corte	16.10	14.71		Torno	Se incluye lo que se construye para la otra línea de producto
2	Perfilado	25.50	24.97		Perfiladoras	
3	Forado	18.80	24.97		Forradoras	
4	Vulcanizado	18.00	24.97		Vulcas	
5	Inspección, Acabado y Empaque	23.50	24.97		Mesa P. Terminado	

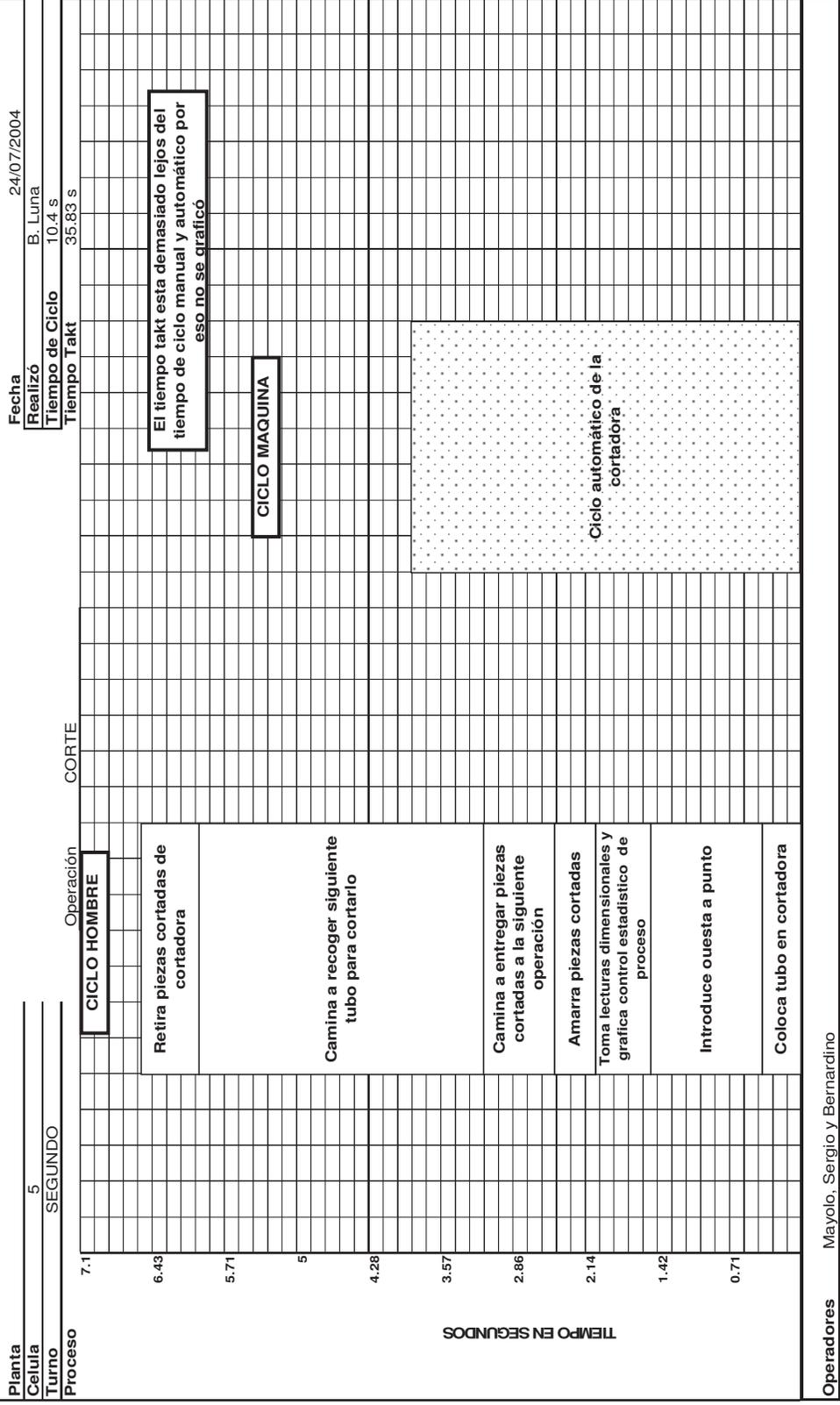
Tabla 10. Hoja de Capacidad para Banda con forro, antes del cambio.



Gráfica 3. Tiempo de ciclo contra tiempo takt banda con forro, antes del cambio

CAPITULO VI. PARTE EXPERIMENTAL

GRAFICA DE BALANCEO DE CARGA DE TRABAJO



El tiempo takt esta demasiado lejos del tiempo de ciclo manual y automático por eso no se graficó

CICLO MAQUINA

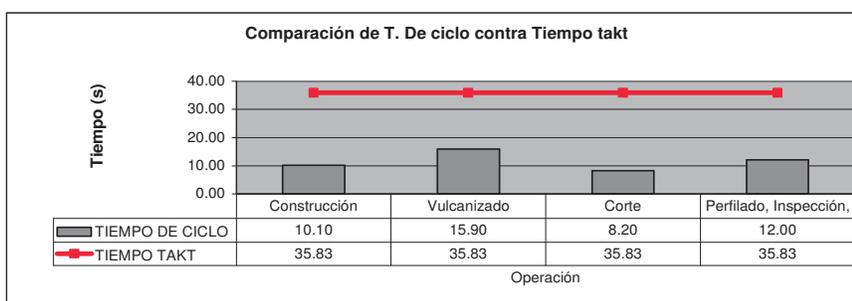
Ciclo automático de la cortadora

GRÁFICA 5. BALANCEO DE CARGAS DE TRABAJO DE LA OPERACIÓN DE CORTE ANTES DEL CAMBIO.

HASTA AQUÍ SON LAS GRAFICAS Y TABLAS ANTES DE IMPLANTAR TRABAJO ESTANDARIZADO

Hoja de Capacidad Producto Sin Forro						
Lider	B. Luna	Planta: Toluca			Fecha: 15/08/2005	
		Area: Bandas V			Elaborado por:	
		Turno:			Miguel García	
Proceso No.	Proceso	DIAS	CARGA	PROD/ DIA	TIEMPO DISPONIBLE	Observaciones
		TIEMPO DE CICLO	TIEMPO TAKT	CAPACIDAD.	EQUIPO	
1	Construcción	10.10	51840		77400.0	Ya no se incluye lo que se construye p'la otra linea de prod. Porque ya se tienen recursos propios
2	Vulcanizado	15.90				
3	Corte	8.20				
4	Perfilado, Inspección, Acabado y Empaque	12.00				
5	Desaparece					

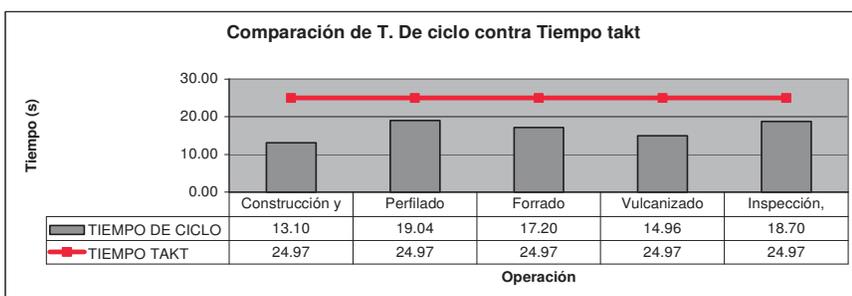
Tabla 12. Hoja de Capacidad para Banda sin forro, después del cambio.



Gráfica 6. Tiempo de ciclo contra tiempo takt banda sin forro, después del cambio

Hoja de Capacidad Producto Con Forro						
Lider	B. Luna	Planta: Toluca			Fecha: 15/08/2005	
		Area: Bandas V			Elaborado por:	
		Turno:			Miguel García	
Proceso No.	Proceso	DIAS	CARGA	PROD/ DIA	TIEMPO DISPONIBLE	Observaciones
		TIEMPO DE CICLO	TIEMPO TAKT	CAPACIDAD.	EQUIPO	
1	Construcción y Corte	13.10	74400		77400.0	Se incluye lo que se construye para la otra linea de producto
2	Perfilado	19.04				
3	Forrado	17.20				
4	Vulcanizado	14.96				
5	Inspección, Acabado y Empaque	18.70				

Tabla 13. Hoja de Capacidad para Banda con forro, después del cambio.



Gráfica 7. Tiempo de ciclo contra tiempo takt banda sin forro, después del cambio

CAPITULO VII RESULTADOS

1 Tablas y Gráficas

De la TABLA 11 y la GRAFICA 6 en adelante también son parte de los resultados ya que son las representaciones gráficas de cómo quedaron las operaciones después del cambio. Se dejaron en la parte experimental porque son las herramientas que reflejan el cambio.

2 Indicadores de Mejora

A continuación se muestran los resultados que hubo en los **indicadores de mejora** en la TABLA 14, la cual los compara con la propuesta hecha y muestra en que medida se ha cumplido con el objetivo.

TABLA 14. Cambio de los indicadores de mejora.

Indicador	Actual	Propuesta de Mejora	Resultado	% Mejora	% Cumplimiento
Área Ocupada	10,000	30% Menor	6,000 m	40 % menor	133%
Tiempo de Entrega (DTD, Dock to Dock)	10.66 Días	80% Menor	1.83 Días	83 % Menos	104 %
Productividad	76 Pzas/día-h	30 % Mayor	112 Pzas/día-h	47 % Más	157 %
Inventario en Proceso M. Prima y Subproductos	10.66 Días	70% menor	1.8 Días	83 % Menos	118%
% Defectuoso	11.39 %	70 % Menor	4.45 %	61 % Menos	87 %
% Desperdicio	24.63 %	70 % Menor	11.63 %	53 % Menos	76 %
% Retrabajos	15.5 %	100% Menor	NO EVALUADO		
Paros por falla de equipo	15 %	50 % Menor	NO EVALUADO		
Tiempo de Ciclo	116 s	60 % Menor	67.9 s	41 % Menos	68 %
PPM´s Internas	20,000 ppm	70% Menor	12,000 ppm´s	40 % Menos	57 %
Eficiencia Total del Equipo (OEE)	72.9 %	10% Mayor	NO EVALUADO		
Devoluciones de Clientes	1,250 PPM's	80% menor	700 ppm´s	44 % Menos	55 %

Fuente: Información recopilada del área piloto

3 Ahorros

Los resultados en los ahorros son los obtenidos hasta ahora, ver TABLA 15. Si bien hubo una inversión inicial importante para mover el equipo de su condición actual hacia la Manufactura Celular, esta se recuperará antes de lo previsto.

Como ya se mencionó, los cálculos fueron modificados para conservar la confidencialidad de la compañía, sin embargo se ha mantenido la proporción para mantenerlo dentro de la realidad. Es importante señalar que durante todo el ejercicio se mantuvo una base de costo de **1\$ M.N. x Unidad de producto**, la cual inclusive no se modificó en las etapas del proceso, en otras palabras no se tomó el costo real del producto en cada paso del proceso, con objeto de simplificar y hacer más claro el ejercicio. Por tanto en el cálculo de los ahorros se mantiene la misma base de cálculo. En todo caso si este peso (\$) de costo se multiplica por el costo real del producto, el ahorro calculado sería muy por arriba del ahorro mostrado.

Por otro lado, el sueldo se está tomando una base de cálculo de \$200 x día incluyendo los beneficios para calcular los ahorros por incremento de productividad, y otra base de \$300 por 8h trabajadas de tiempo extra porque los beneficios ya van incluidos en el pago de las primeras 8h.

En el caso del inventario en proceso, es un ahorro de “solo una vez”, no podrá considerarse como un ahorro que se repite cada día, como los demás ahorros ya que solo representa la recuperación de una inversión

TABLA 15. Ahorros en el primer año hacia la ME.

Rubro	Base	Valor	Actual	Valor	Disminución	Ahorro
Mano de Obra (Operadores)	69	\$5,037,000	47	\$3,431,000	22	\$1,606,000
Inventario en Proceso	10.66 Días	\$67,000	1.8 Días	\$18,244	8.86 Días	\$48,756
% Defectuoso	11.39 %	\$172,544	4.45 %	\$67,412	6.94 %	\$105,132
% Desperdicio	24.63 %	\$373,115	11.63 %	\$176,180	13 %	\$196,934
Tiempo Extra	372 Turnos	\$111,600	0	0	100%	\$111,600
TOTAL DE AHORROS					\$2,068,422	

Fuente: Información recopilada del área piloto

4 Discusión

Durante la realización de este proyecto, se cometieron varios errores, lo cual hasta cierto punto es normal cuando no se tiene el dominio de la materia, por lo que se tuvo que ir aprendiendo al momento de realizarlo y corregirlo en el camino. Los problemas que se detectaron se fueron analizando hasta llegar a identificar las causas raíz, de las cuales se muestran las más significativas:

- No se desplegó el conocimiento necesario para hacer una buena definición de la línea base.
- No se entrenó apropiadamente a la gente encargada de elaborar el mapa de la cadena de valor
- No se explicó adecuadamente a los operadores y staff los principios de la ME y lo que se podía esperar de ella
- En el despliegue inicial comunicó que no se iban a perder empleos, sin embargo en una compañía llena de desperdicios es inevitable que se quede gente fuera, esto ocasiona confusión
- No se crearon cuentas especiales que permitieran identificar los gastos a detalle, ni los ahorros

4. Mapa de la Cadena de Valor Actualizado (Alcanzado)

Otra parte importante de los resultados, es también el cambio en el Mapa de la Cadena de Valor. De hecho los resultados mostrados en la TABLA 14, de los indicadores de mejora, son resultado de sintetizar lo que se tiene actualmente en los Mapas de la Cadena de Valor alcanzados. Este Mapa de la Cadena de Valor Alcanzado viene a ser ahora la situación actual, y en éste se tiene que identificar lo que todavía son oportunidades de mejora. Hay que recordar que solamente se han aplicado completamente tres herramientas que son la Definición de la línea base, la Manufactura Celular y el Trabajo Estandarizado. El Mapa de la cadena de valor se dividió ahora en dos mapas como resultado de la implantación de manufactura celular en donde se identificaron dos familias diferentes y se dividieron los recursos.

CAPITULO VII. RESULTADOS

MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE UN PROCES O DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE HULE ESTADO ALCANZADO CEL ULA II (Línea de Producto B)

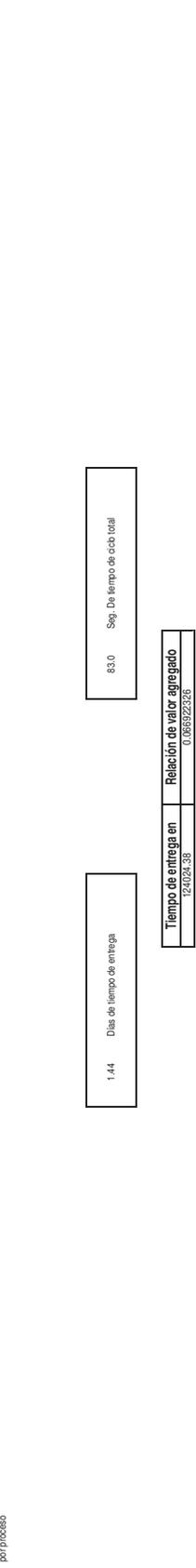
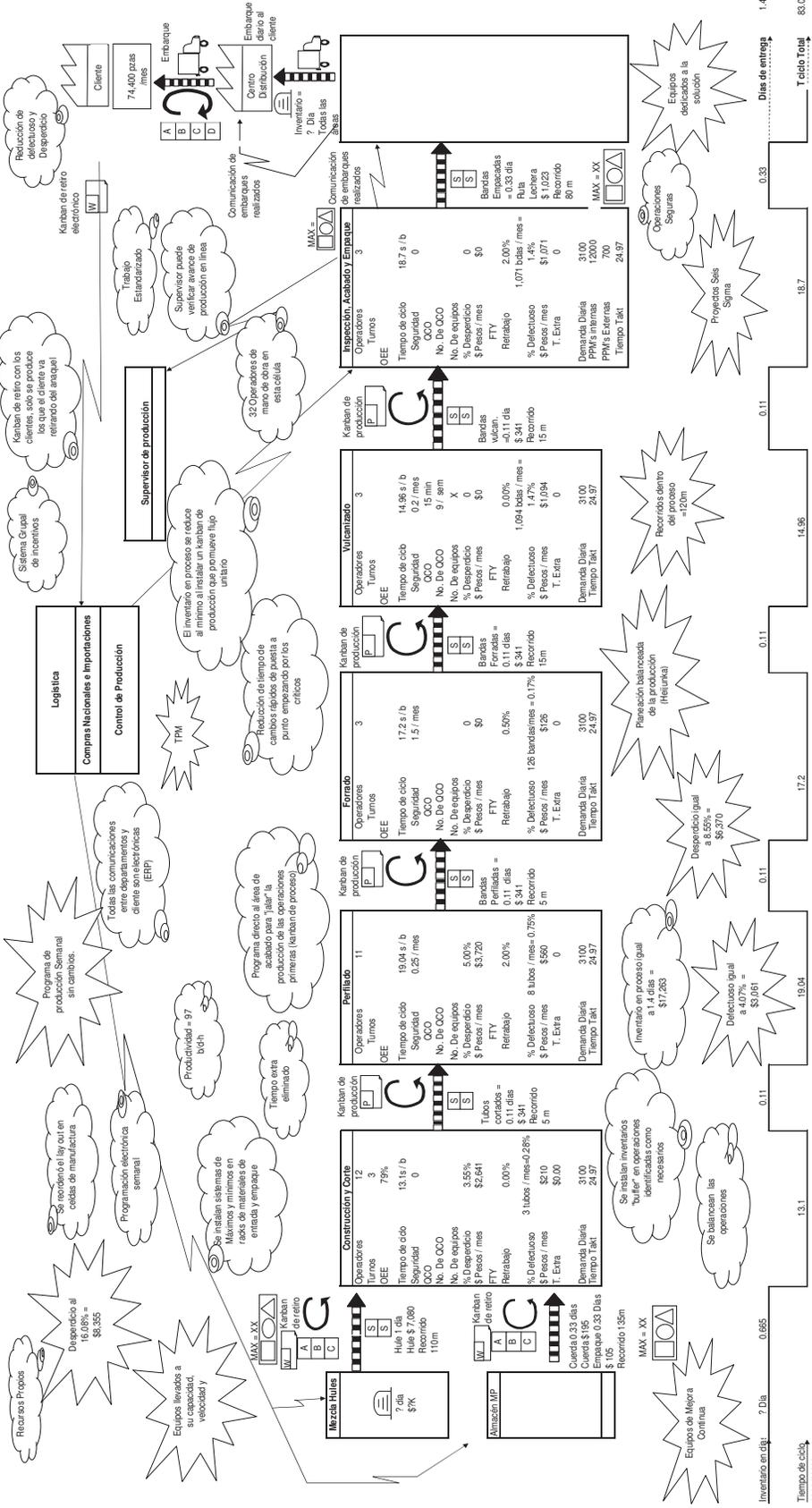


FIGURA 17. MAPA DE LA CADENA DE VALOR ALCANZADO (Línea B)

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

Las últimas décadas se han caracterizado por la aparición de nuevas filosofías orientadas hacia el mejoramiento de la competitividad en las empresas. Algunas de ellas han desaparecido por no haber dado los resultados esperados o no haberse aplicado apropiadamente; otras han permanecido aunque sin ser envolventes y ver el negocio de una manera holística. La Manufactura Esbelta ha llegado para quedarse, y lo ha demostrado con un caso real y consistente que es la compañía Automotriz Toyota. Esta filosofía de la “Eliminación del Desperdicio” lleva treinta años aplicándose y está mejorando cada día desde su nacimiento haciendo que Toyota Motors Inc. sea una compañía competitiva, confiable, rentable y en camino a convertirse en la compañía número 1 del ramo.

Como lo dijimos ya en el capítulo 1.3.1 del Marco Teórico, la ME es una cultura en donde la gente es lo más importante ya que es la que hace que el sistema viva corrigiéndolo, mejorándolo y adaptándolo al nuevo entorno. De acuerdo con T. Jonhson y A. Broms⁹ si se hace una analogía con la naturaleza en la que los sistemas naturales fluctúan, no crecen o declinan linealmente ni se mantienen estables la mayor parte del tiempo; así mismo es natural que en el mundo de los negocios los rendimientos fluctúen de acuerdo a la salud general de una compañía y la economía mundial. Por lo tanto más que enfocarse a cortar los costos de las maneras más fáciles y tradicionales (por ejemplo: recortando gente experimentada que hay que recontractar y capacitar nuevamente), los administradores deben enfocarse en encontrar maneras de mejorar la forma en que los sistemas trabajan, ya que en el largo plazo eso los dirigirá a obtener una mayor ganancia y efectividad en el mercado, ellos le llaman **Administración por Medios**. Esto es lo que nos ofrece la Manufactura Esbelta.

Actualmente, todavía existen compañías que tratan de administrar por los números, y están creando inestabilidad al tratar de que el sistema cumpla metas más allá de su capacidad.

El caso presentado es una muestra evidente de que nuestro enfoque tradicional estaba equivocado. La división de ingeniería de nuestras compañías ha querido por muchos años seguir mejorando los productos que hacemos o también los procesos, pero la mayoría de las veces solo las operaciones que agregan valor. Por tanto, la oportunidad mayor ha quedado arrumbada a un lado. Si tomamos como un ejemplo directo el indicador de “Desperdicio” nos daremos cuenta que el costo anual es mayor que el del “Defectuoso” y con un cambio de enfoque hacia la eliminación de “todo tipo de desperdicios”, se obtuvo más ahorro disminuyendo el desperdicio que el defectuoso.

En este trabajo se han presentado prácticamente solo 4 herramientas de la ME: El ejercicio de *Revisión en Piso* (Estar en el lugar de los hechos); El *Mapa de la Cadena de Valor* que nos servirá para administrar los avances en la jornada hacia la ME; *La Manufactura Celular* con la que arreglamos las operaciones por familias; y el *Trabajo Estandarizado* en donde vamos a eliminar las suposiciones y los estilos propios de trabajo para hacerlo “todos de la misma manera”. Y con la aplicación de estas herramientas se han sobrepasado las expectativas en cuanto a las metas fijadas; 3 de los 11 indicadores han sobrepasado el objetivo y 5 han llegado más allá del 50% de su cumplimiento, y debemos remarcar que es sólo la aplicación de las dos últimas, las que nos dieron el resultado mostrado y estamos solo iniciando con los cimientos de la casa de la ME.

Nuevamente aclaro que aunque estemos hablando de Manufactura Esbelta, se trata de ver el negocio completo, por lo que se deben también eliminar los desperdicios de todo tipo de transacciones administrativas que restrinjan el rápido retorno de capital. Asimismo, la Contraloría de la compañía debe cursar un entrenamiento especial que le permita olvidarse un poco de la Contaduría Tradicional y se enfoque dentro de la cultura de la ME, para respaldarla, para separar apropiadamente los ahorros de los que no lo son, para clasificar bien los gastos ocasionados por la ME y sobre todo para identificar claramente los costos y beneficios ocasionados por la jornada hacia la ME:

El arranque en la jornada hacia la ME es probablemente el obstáculo más difícil que se encuentre. Por un lado está el reto de aprender sobre ME y por otro

lado vencer la resistencia al cambio y el cambio de la cultura de toda la gente involucrada. Una vez que se arranca, se comienza a tomar inercia y los demás empiezan a ser atraídos por el movimiento, y como dicen varios autores, una vez que se tiene el conocimiento, “empieza por donde sea, pero empieza”. Es cierto que alguna gente se va quedando en el camino, cuando se tiene una compañía llena de desperdicios o ineficiencias, tiene que haber este tipo de pérdidas al comienzo. Sin embargo, desde el mismo momento del arranque la gente debe saber que esperar y sobre todos que se está haciendo para seguir siendo competitivo, para seguir siendo líder y sobre todo para permanecer en el negocio.

El desorden es un desperdicio, no está identificado directamente como tal dentro de la bibliografía, pero se pierde mucho tiempo, esfuerzo y enfoque dentro del área del trabajo.

De manera simplificada podemos enumerar las conclusiones como sigue:

1. La actualización sobre las tendencias de manufactura de la gerencia y el desarrollo de una estrategia es básica para la sobre-vivencia de una compañía
2. Se aprendió a identificar desperdicios que antes no lo eran a nuestros ojos
3. El obstáculo más grande fue la resistencia al cambio y la cultura
4. Si no se explica a la gente hacia donde queremos ir, se crea confusión e inseguridad
5. La gente que hace el trabajo directamente tiene muchas cosas que compartir (ideas). Resultó básica para el logro de los resultados
6. Las metas de los indicadores de mejora se quedaron cortas aunque fueron muy ambiciosas
7. Los ahorros monetarios fueron más de los esperados para el primer año, la inversión del proyecto de M. Celular se pagará más rápido
8. El enfoque de trabajar en piso, en el lugar de los hechos es muy importante
9. Se puede empezar casi por cualquier herramienta, las mejoras y tal vez ahorros se empezarán a manifestar

Recomendaciones

Por otro lado, durante la realización de este trabajo en el área piloto seleccionada se han tenido lecciones aprendidas que deben considerarse para no cometer los mismos errores al desplegar este sistema de producción a través de la organización. Por lo tanto se ofrecen las siguientes recomendaciones:

1. El despliegue de los conocimientos de la ME a elementos clave debe ser el inicio de la jornada hacia la ME.
2. Debe definirse correctamente la línea base antes de hacer cualquier cambio, especialmente se debe aprender a usar el mapa de la cadena de valor.
3. Debe conocerse la demanda/ventas para hacer una correcta identificación del desperdicio.
4. Se puede empezar por las metodologías que requieren menor inversión.
5. Se sugiere que se dé categoría de *desperdicio* al desorden, y las 5S's sea una de las primeras herramientas que se aplique sin perder el enfoque del flujo continuo. El orden y la limpieza que no contribuyen al flujo continuo son importantes pero no prioritarias.
6. Se debe definir una cuenta especial para reportar los gastos ocasionados por la jornada hacia la ME y así mismo un registro especial de los ahorros que se van generando.
7. La persona encargada de validar los ahorros, debe recibir un curso especial para identificar los verdaderos ahorros.
8. Se debe elaborar una política para transferir las ventajas de los ahorros al cliente, que indique cuanto y cuando, y que se maneje de acuerdo a la estrategia de la compañía y a la posición en el mercado.
9. La comunicación es clave para el desarrollo del proyecto. Comunica Logros, Fallas, Expectativas, etc., en sus diferentes niveles.

BIBLIOGRAFIA

Libros y Manuales

1. Alsup Erick, Standardized Work Manual, 2002
2. Cox James F. II, Blackstone John H., Spencer Michael S., APICS Dictionary Eight Edition, 1997.
3. Contreras José Antonio, Antología de Administración, Universidad Autónoma del Estado de México, 2003
4. Davis Mark M., Tumolo Paul L., Operation Management in Operations, American Management Association, 1994
5. Grupo Hulero Mexicano, Ciencia y tecnología del Hule, Memorias del Curso, 1988
6. Harmon & Petersen, Reinventing the Factory, The Free Press, 1990
7. Hartmann Edward H., Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant, TPM Press Inc, 1992
8. Imai Masaaki, Kaizen: The key to Japan's Competitive Success. Random House Inc, 1996.
9. Johnson H. T. and Broms A., Profit Beyond Measure: Extraordinary Results Through Attention to Work and People. New York: The Free Press, 2000.
10. Liker Jeffrey K., The Toyota Way, McGraw-Hill, 2004
11. Mora Enrique, TpmOnline.com, 26 de agosto de 2000.
12. Oliva López Eduardo, Sistemas Celulares de Producción, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, IPN, 1999
13. Porter Michael E., Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors, Free Press, 1980
14. Quaterman Lee, Implementing Lean Manufacturing, Dec 02, 2003, Strategos Inc.
15. Rother Mike y Shook John, Observar para crear valor, The Lean Enterprise Institute. Versión 1.2, Junio 1999
16. Senge Peter M., The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. New York: Doubleday, 1990.

17. Shingo Shigeo, A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint, Productivity Press, 1981
18. Skinner W., The Focused Factory, Harvard Business Review, 1972
19. Tapping Don, Luyster Tom and Shuker Tom, Value Stream Management, Productivity Inc, 2002
20. Venkatesh J., An Introduction to TPM, The Plant Maintenance Resource Center, 18-Apr-2005
21. Womak James P. and Jones Daniel T., Lean Thinking, Simon and Shuster Publishers, 2004 revision
22. Basics of Supply Chain Management, Participant Workbook, APICS The Educational Society for resource management, 1997
23. Manual Poka Yoke, Productivity de México, 1993, Productivity Inc.
24. Manual de Entrenamiento Kaizen, RDW Technologies, 2003
25. RDW Lean Leadership Boot Camp Workbook. RDW Technologies, 2003
26. Celdas de Manufactura, Manual del Participante, Productivity de México, 1997.
27. APICS Dictionary Eight Edition, 1997, James F. Cox II, John H. Blackstone, Michael S. Spencer

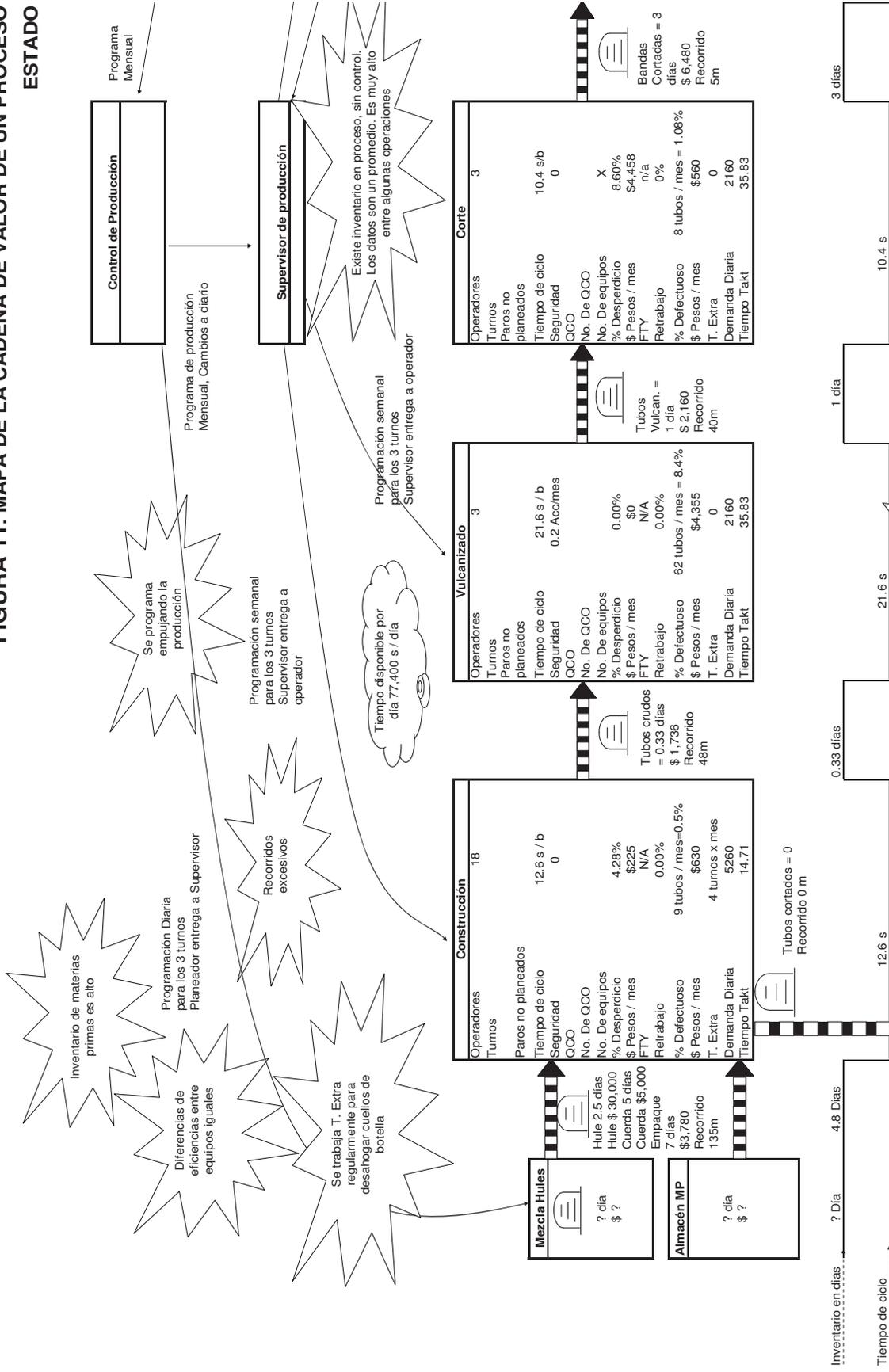
Paginas Electrónicas

28. <http://www.strategosinc.com> Just in Time, Toyota Production System and Lean Manufacturing, Origin and History of Lean Manufacturing
29. <http://www.strategosinc.com> (2005)
30. <http://www.graphicproducts.com/tutorials/five-s/visual-factory-management.html>
31. <http://www.degerencia.com/articulos.php?artid=547> (2005)

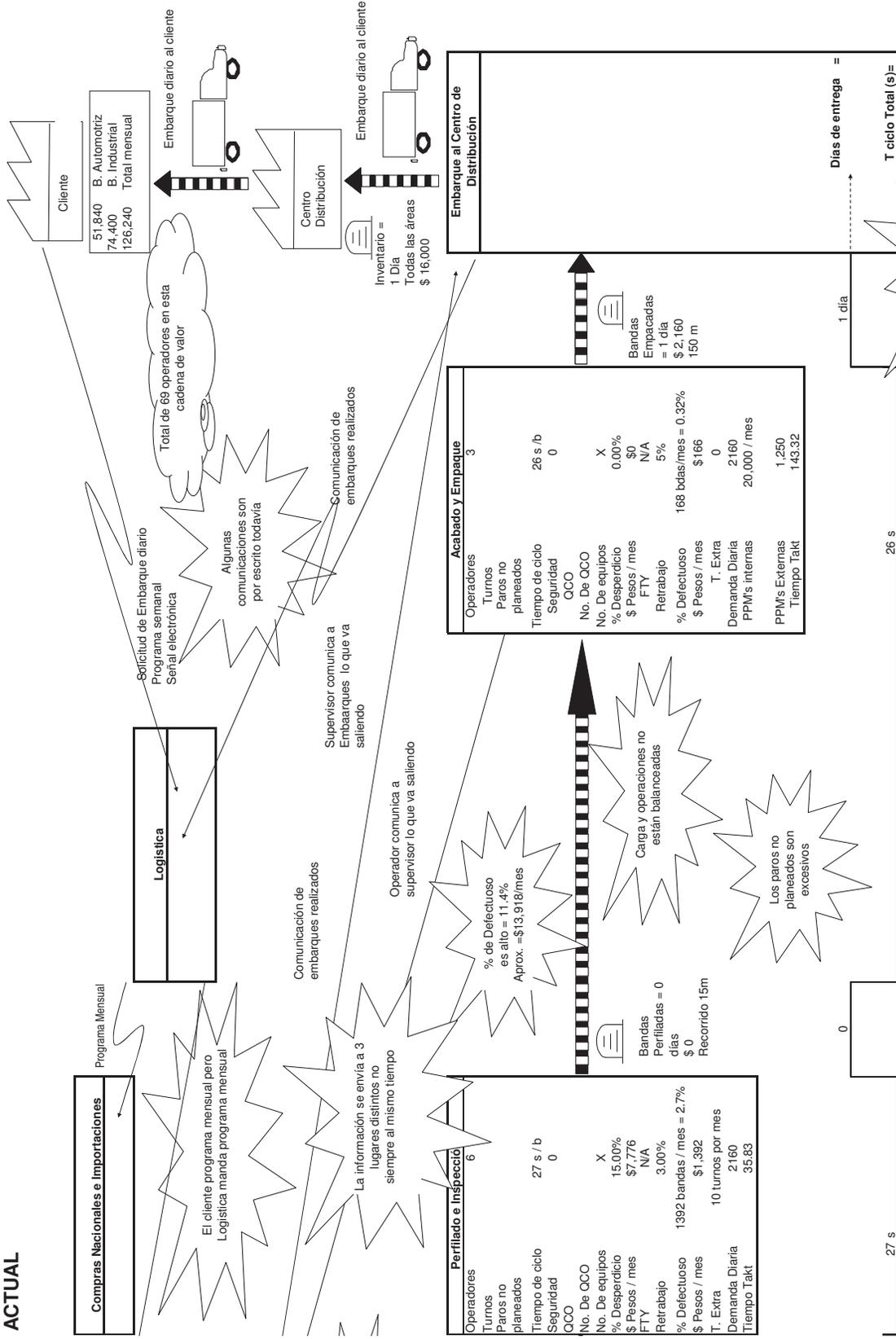
APENDICE A

El apéndice A contiene los Mapas de la Cadena de Valor en un tamaño mayor para poder apreciar apropiadamente los datos que en ellos se contienen. Solamente se incluyen la FIGURA 11: Mapa de la Cadena de Valor del Estado Actual FIGURA 16: Mapa de la Cadena de Valor Alcanzado (Línea A) y FIGURA 17: Mapa de la Cadena de Valor Alcanzado (Línea B)

FIGURA 11. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE UN PROCESO ESTADO



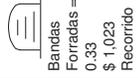
DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE HULE ACTUAL



10.13

97.6

Forrado		6
Operadores		
Turnos		
Paros no planeados		
Tiempo de ciclo	18.8 s / b	
Seguridad	1.5 / mes	
QCO		
No. De OCO		
No. De equipos	0	
% Desperdicio	\$0	
\$ Pesos / mes	N/A	
FTY		
Retrabajo	0.50%	
% Defectuoso	360 bandas/mes = 0.48%	
\$ Pesos / mes	\$357	
T. Extra	0	
Demanda Diaria	3100	
Tiempo Takt	24.97	



Vulcanizado		6
Operadores		
Turnos		
Paros no planeados		
Tiempo de ciclo	18 s / b	
Seguridad	0.2 / mes	
QCO		
No. De OCO		
No. De equipos	0	
% Desperdicio	\$0	
\$ Pesos / mes	N/A	
FTY		
Retrabajo	0.00%	
% Defectuoso	3.667 botas / mes = 4.93%	
\$ Pesos / mes	\$3,668	
T. Extra	0	
Demanda Diaria	3100	
Tiempo Takt	24.97	



Inspección, Acabado y Empaque		9
Operadores		
Turnos		
Paros no planeados		
Tiempo de ciclo	23.5 s / b	
Seguridad		
QCO		
No. De OCO		
No. De equipos	0	
% Desperdicio	\$0	
\$ Pesos / mes	N/A	
FTY		
Retrabajo	5.00%	
% Defectuoso	1,815 bds / mes = 2.44%	
\$ Pesos / mes	\$1,815	
T. Extra	5 turnos x mes	
Demanda Diaria	3100	
PPM's Internas	20000.00	
PPM's Externas	1.250	
Tiempo Takt	24.97	



5% de la producción se rechaza por problemas de calidad



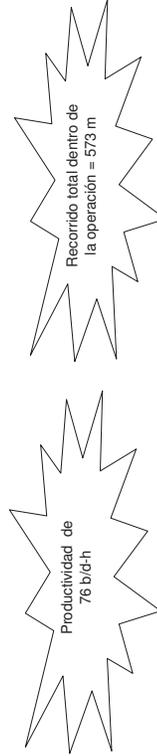
18.8 s / b	Forrado
------------	---------

18 s	Vulcanizado
------	-------------

23.5 s	Insp., Acabado y Empaque
--------	--------------------------

9.86	Dias de entrega
101.9	T ciclo Total (s)

116	s de Tiempo de Ciclo
-----	----------------------



Relación de valor agregado	
0.012593	

1 día	A embarques
-------	-------------

1 día	Dias de entrega 10.66 Dias
116	Tiempo totales del proceso
116	T ciclo Total (s)

MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE UN PROCES ESTADO ALCANZADO CEL

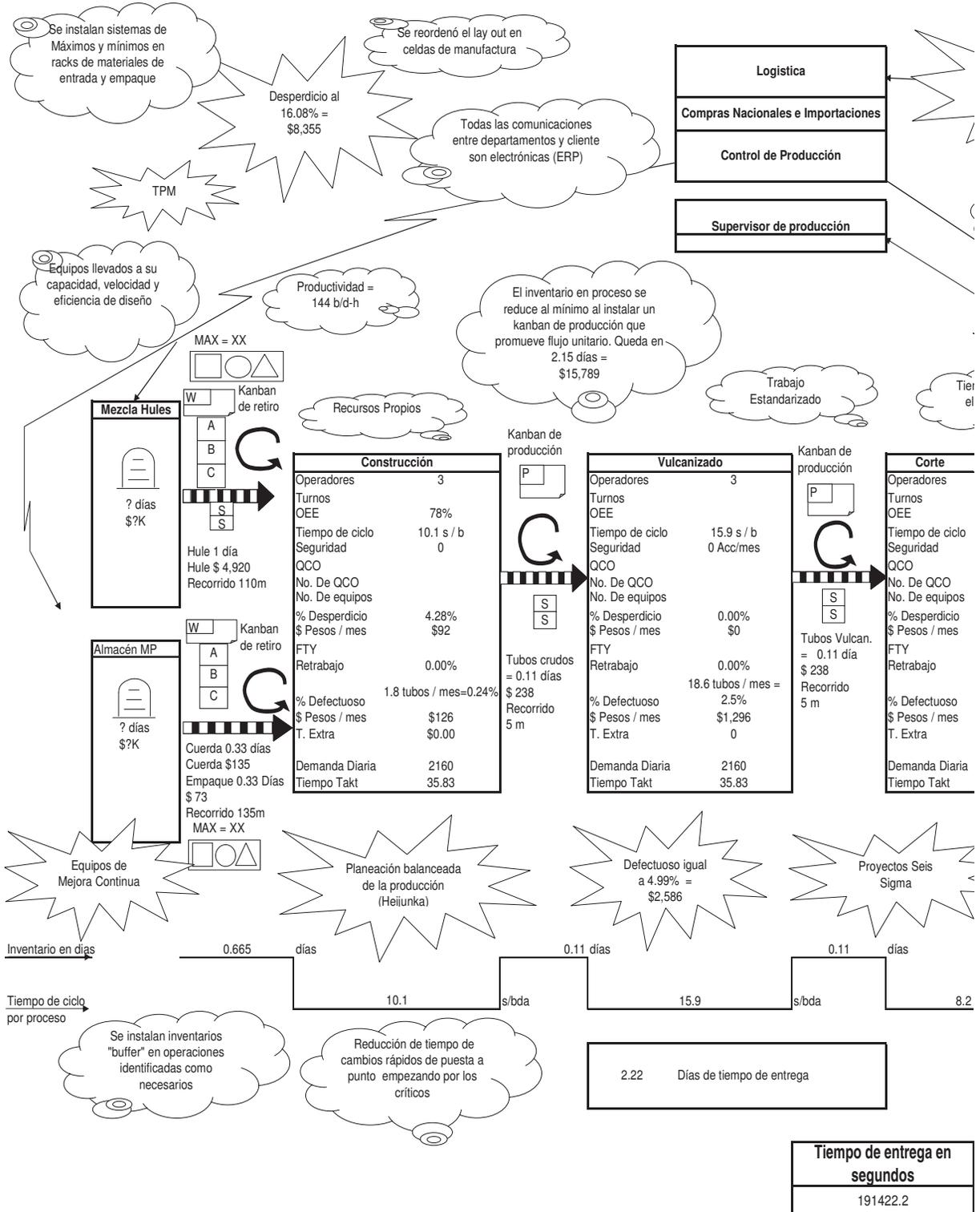
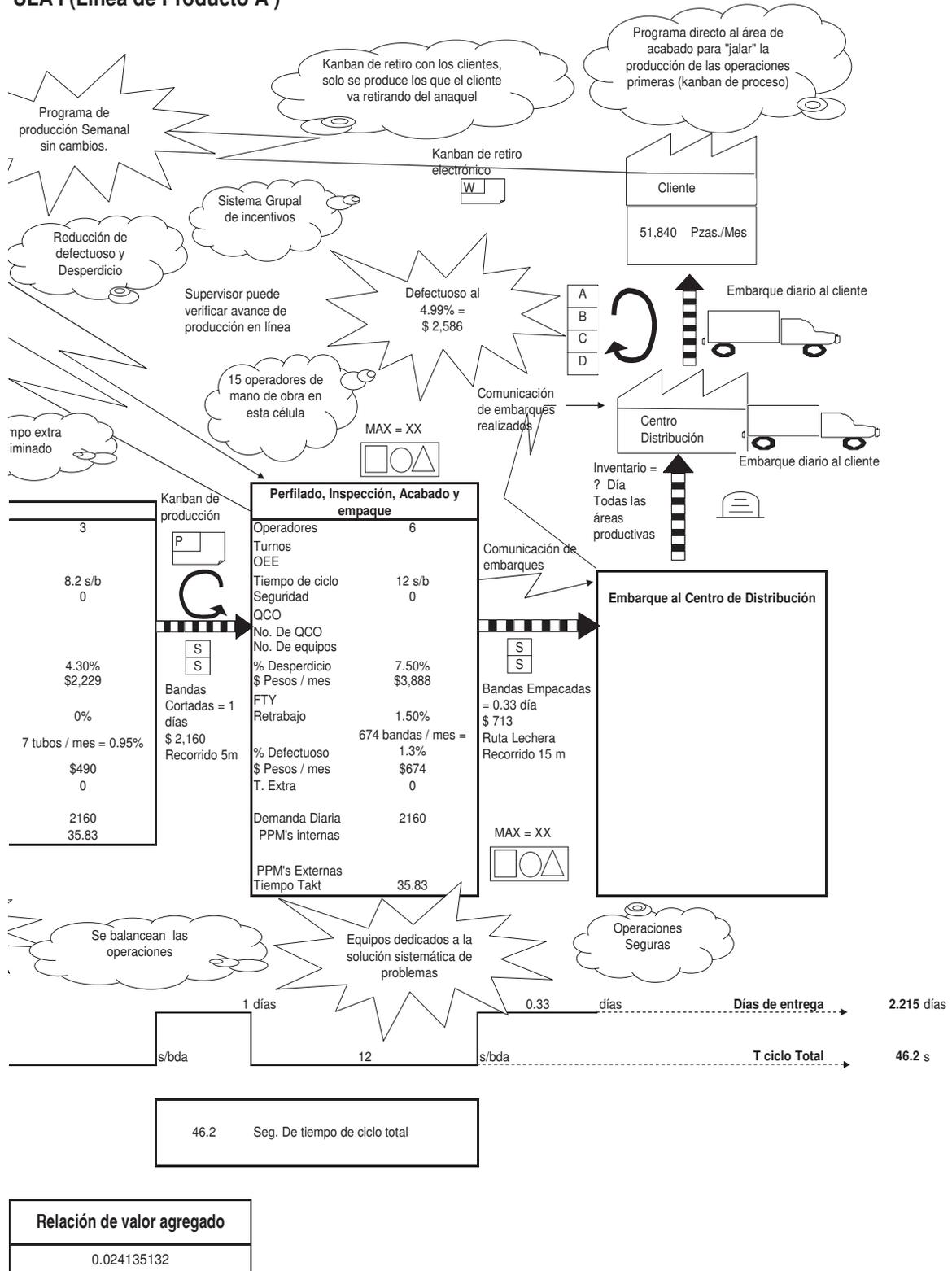


FIGURA 16. MAPA DE LA CADENA DE VALOR ALCANZADO (Línea A)

O DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE HULE ULA I (Línea de Producto A)



MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE UN PROCES ESTADO ALCANZADO CEL

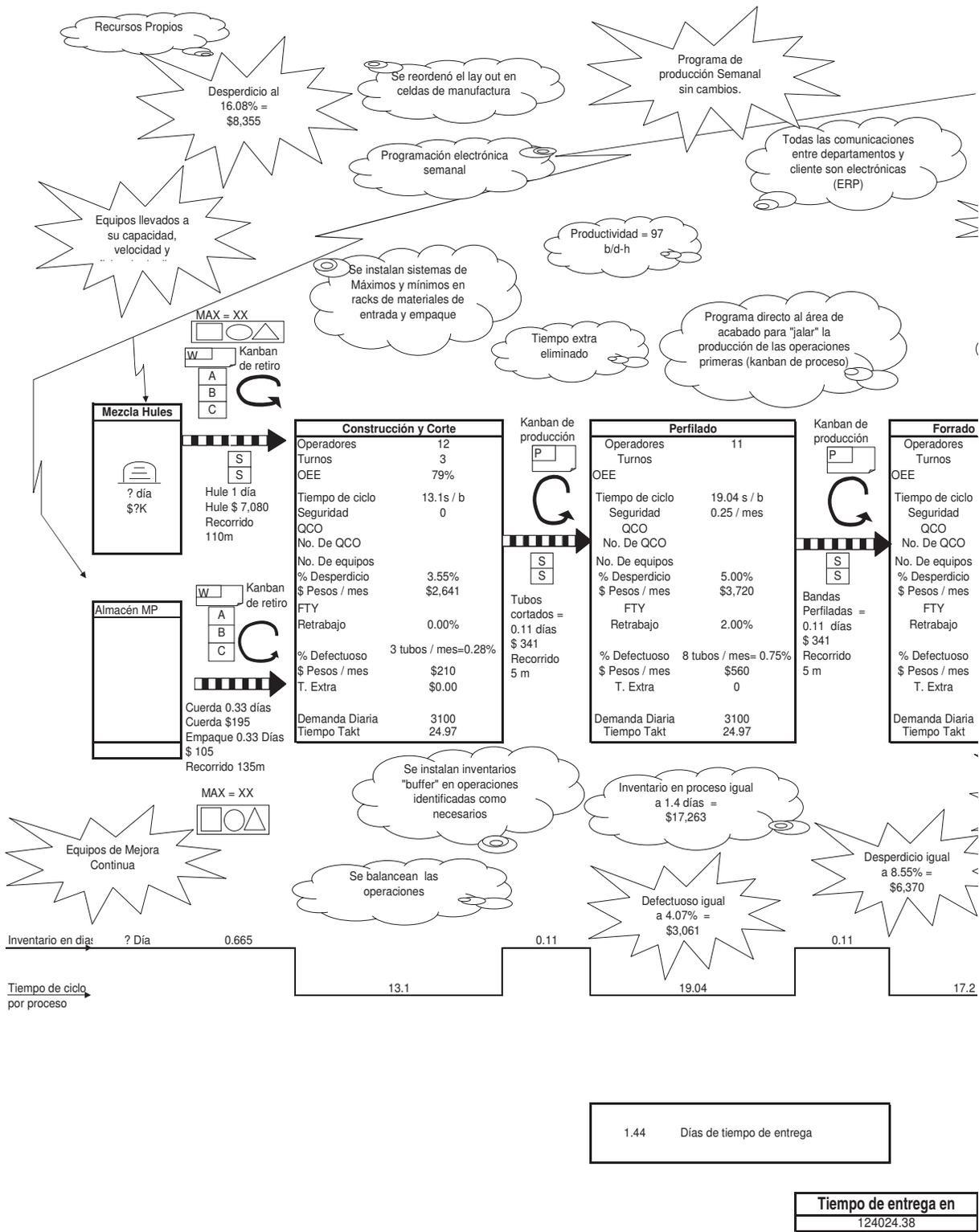
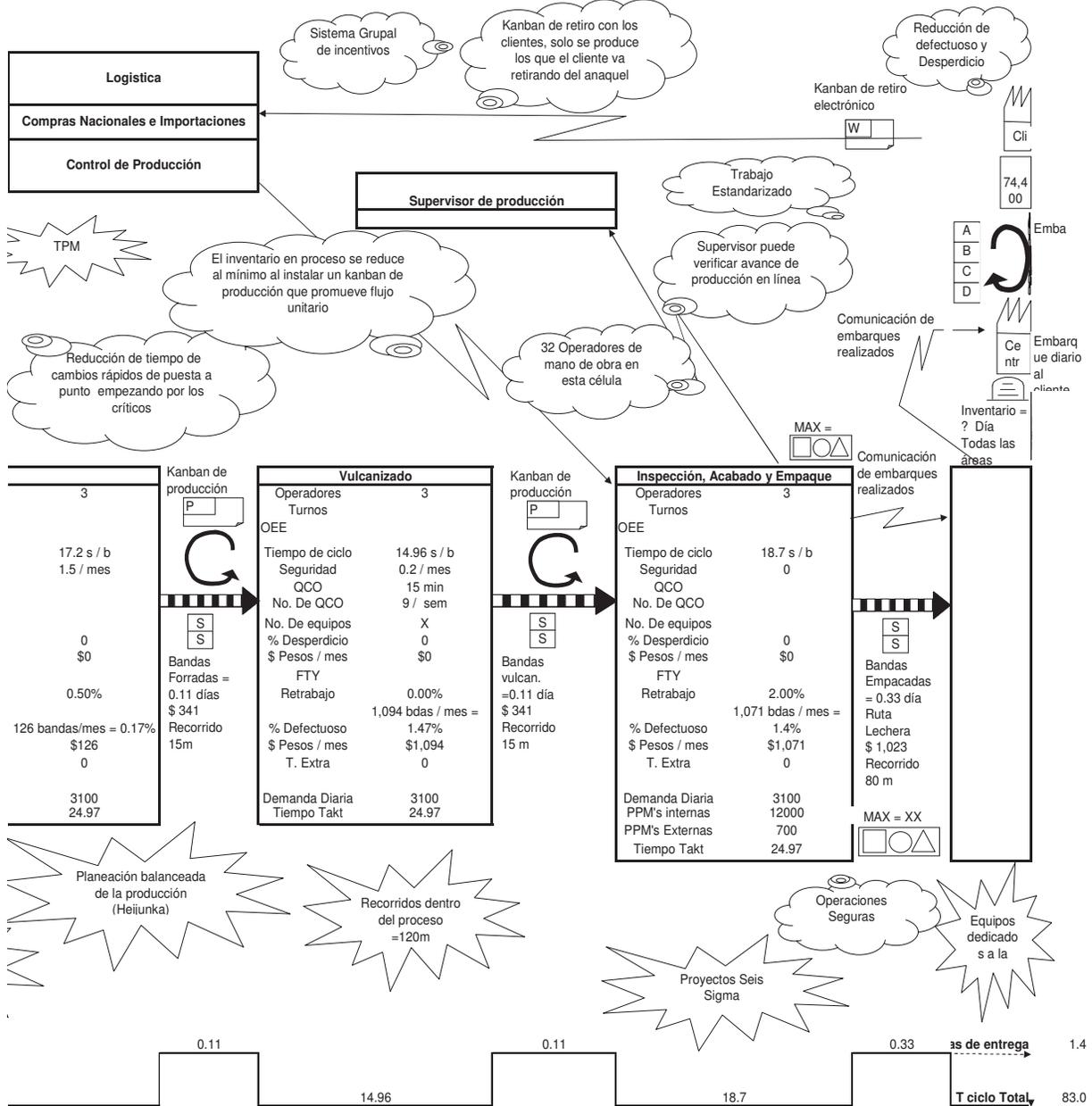


FIGURA 17. MAPA DE LA CADENA DE VALOR ALCANZADO (Línea B)

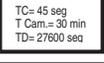
LO DE MANUFACTURA DE PRODUCTOS DE HULE
ULA II (Línea de Producto B)

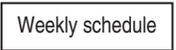


83.0 Seg. De tiempo de ciclo total

Relación de valor agregado
 0.066922326

APENDICE B
ICONOS DEL MAPA DE LA CADENA DE VALOR^[15]

Iconos de Material			
	Proceso de Manufactura		Kanban de Producción
	Proveedor o cliente externo o interno		Kanban de Retiro
	Caja de Datos		Movimiento de Material Jalando
	Inventario		Buffer de Material
	Envío		
	Movimiento de material empujando		Supermercado
MAX = XX 	Primeras entradas 7 Primeras salidas		

Iconos de Información		
	Flujo de Información Manual	
	Flujode Información Electrónica	
	Información	

Iconos Generales			
	Enfoque a Kaizen		Célula de Manufactura
	Operador		

Existen más íconos o diferentes, que ya no fueron incluidos por no haberse usado