

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

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA PARA UNA PYME.
MEDIANTE LA OPTIMIZACION DE INVENTARIOS

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

POR:

LUIS LOREDO MENDOZA

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 2003

Agradecimientos:

Agradezco a mi asesor, el ingeniero Luis Cabeza, por haber tenido la visión y la tenacidad de convencerme de aprovechar esta oportunidad de conocer un poco más sobre el tema de la manufactura esbelta y las consecuencias de su aplicación en una empresa interesada enormemente en el tema y buscando soluciones prácticas para su implementación.

Agradezco a los sinodales, el Ing. Alberto Novau y el Ing. David González por sus comentarios sobre mi trabajo. Fueron de gran ayuda para corregirlo y mejorarlo.

Le doy gracias a compañeros y maestros durante los estudios de posgrado.

Le doy gracias a Dios por permitirme tratar de agregar valor a los que me rodean de una manera muy interesante y apasionante.

A mi esposa Lupita, por su paciencia y apoyo durante mis estudios de posgrado
y en nuestra vida juntos.

A mi hijo Leonardo, porque me ha enseñado que la vida es un regalo.

A mis padres, por haberme ayudado a conocer el mundo.

A mi amigo Juan Grosso, por que me enseñó que siempre hay al menos una
manera en la que podemos ser útiles a los demás cada día.

INDICE:

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes de la empresa	7
1.2	Justificación	7
1.3	Objetivos	9
1.4	Hipótesis	9
1.5	Alcance	10

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1	Manufactura de clase mundial	12
2.2	Manufactura esbelta	12
2.3	Cuatro tipos de actividad	13
2.4	Justo a tiempo	14
2.5	Pensamiento esbelto	14
2.6	Tipos de desperdicio	15
2.7	Siete técnicas para reducir el desperdicio	16

CAPÍTULO 3

MODELO PROPUESTO DE MANUFACTURA ESBELTA

3.1 ETAPA 1: DEFINIR DE MANERA PRÁCTICA LOS CONCEPTOS DE MANUFACTURA ESBELTA

3.1.1	Breve descripción de la metodología	22
3.1.2	Qué es valor ?	25
3.1.3	Qué es desperdicio ?	26
3.1.4	Realizar el balance adecuado entre valor y costo	28
3.1.5	Cuatro tipos de actividades	30

3.2 ETAPA 2: ESTABLECER LAS ESTRATEGIAS BÁSICAS DEL NEGOCIO Y LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)

3.2.1	Desarrollo de factores críticos de éxito	31
3.2.2	Revisión y modificación de los indicadores claves de desempeño (KPI = Key Performance Indicators)	32
3.2.3	Establecimiento de metas para cada KPI	35
3.2.4	Definir las cadenas de valor de procesos clave	35
3.2.5	Decidir hacia donde enfocarse primero	35

3.3 ETAPA 3: COMPRENDER EL VALOR DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CLIENTE

3.3.1	Que es lo que el cliente realmente desea ? Encuestas a clientes	37
3.3.2	Nivel de satisfacción del cliente: revisión de encuestas históricas	37

3.4 ETAPA 4: REALIZAR EL MAPEO DE PROCESOS – SITUACIÓN ACTUAL

3.4.1	Generalidades	39
3.4.2	Diagrama de spaghetti actual	43
3.4.3	Realizar el mapa de procesos actual	45
3.4.4	Estrategia de manufactura actual	47
3.4.5	Estrategia de manejo de inventarios actual	59
3.4.6	Estrategia de análisis de fallas de calidad actual	60
3.4.7	Nivel de madurez del sistema actual	62
3.4.8	Definir el mapa de procesos futuro	65
3.5 ETAPA 5: ESTABLECER LA NUEVA ESTRATEGIA DE MANUFACTURA (PRODUCTIVIDAD)		
3.5.1	Generalidades	67
3.5.2	Capacitar y concientizar	67
3.5.3	Takt y análisis de tiempos de operación	67
3.5.4	Revisión de restricciones y estándares de producción	75
3.5.5	Diseñar layout nuevo	78
3.5.6	Nueva programación de la producción	92
3.5.7	Redefinir responsabilidades	98
3.5.8	5´S / SMED / TPM	100
3.5.9	Cambio físico – Kaikaku –	103
3.5.10	Seguimiento a indicadores y mejora continua	104
3.6 ETAPA 6: ESTABLECER LA NUEVA ESTRATEGIA DE MANEJO DE INVENTARIOS		
3.6.1	Generalidades	104
3.6.2	Plantear control visual de inventarios en su punto de uso	104
3.6.3	Reducción de inventario de material en proceso	105
3.6.4	Optimización de la logística global	105
3.6.5	Formación de proveedores	105
3.7 ETAPA 7: ESTABLECER LA NUEVA ESTRATEGIA DE ANÁLISIS DE FALLAS DE CALIDAD (MERMAS Y RETRABAJOS)		
3.7.1	Generalidades	105
3.7.2	Filosofía de trabajo de Calidad Total	106
3.7.3	Círculos de Calidad	107
3.7.4	Instrucciones de trabajo y especificaciones	107
CAPÍTULO 4		
ESTABLECER UN MODELO INTEGRADO		
4.1	Hacia la manufactura de clase mundial	109
4.2	Modelo integrado factible	110
4.3	Cronograma de aplicación tentativo	110
CAPÍTULO 5		
IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO		
5.1	Implementación del modelo integrado	113

5.2	Validación del modelo	113
5.3	Resultados esperados potencialmente	113
5.4	Mejoras futuras	117
5.5	Conclusiones	117
	Bibliografía	120
	Anexos	

Indice de Figuras y Tablas

Fig. 1.1	Gráfica de ventas globales	9
Fig. 2.1	Diagrama de departamentos especializados	17
Fig. 2.2	Diagrama de tecnología de grupos	18
Fig. 2.3	Tabla de carga uniforme	20
Fig. 3.1	Gráfica de balance entre costo y valor	29
Fig. 3.2	Factores críticos de éxito vs. indicadores clave de desempeño	34
Fig. 3.2	Resultados de encuesta a clientes	38
Fig. 3.3	Diagrama de uso de mapa de procesos	41
Fig. 3.4	Diagrama de spaghetti actual	44
Fig. 3.5	Tabla de explicación del mapa de procesos	46
Fig. 3.6	Mapa de procesos de flujo de materiales actual	48
Fig. 3.7	Mapa de procesos de flujo de información actual	52
Fig. 3.8	Layout actual dividido en áreas	55
Fig. 3.9	Organigrama de la planta	64
Fig. 3.10	Calificación actual en base a criterios de Kobayashi	65
Fig. 3.11	Tabla de tiempos actuales para la familia B0	70
Fig. 3.12	Gráfica de tiempos de zona ensamble	71
Fig. 3.13	Gráfica de tiempos de zona ajuste y empaque	72
Fig. 3.14	Gráfica de capacidades de zona ensamble	73
Fig. 3.15	Gráfica de capacidades de zona ajuste y empaque	74
Fig. 3.16	Tabla de restricciones	76
Fig. 3.17	Diagrama de spaghetti futuro	80
Fig. 3.18	Mapa de procesos de flujo de materiales futuro	81
Fig. 3.19	Comparación mapa actual vs. mapa futuro (flujo de materiales)	85
Fig. 3.20	Mapa de procesos de flujo de información futuro	86
Fig. 3.21	Comparación mapa actual vs. mapa futuro (flujo de información)	88
Fig. 3.22	Tabla de tiempos después de realizar sincronización de operaciones	91
Fig. 3.23	Layout de ensamble de familia B0 futuro	93
Fig. 3.24	Layout de ensamble de familia B6 futuro	94
Fig. 3.25	Layout de ensamble de familia B4 futuro	95
Fig. 3.26	Layout de ajuste de familia B0/B6 futuro	96
Fig. 4.1	Modelo de manufactura esbelta propuesto	110
Fig. 5.1	Calificación futura en base a criterios de Kobayashi	114
Fig. 5.2	Tabla de indicadores para evaluar implementación	115
Fig. 5.3	Tabla de estimación del impacto económico	116
Fig. 5.4	Gráfica de correlación finanzas vs. grado de implementación esbelta	118

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes de la empresa

La empresa, la cual, por motivos de confidencialidad mantiene su nombre en secreto, fue fundada en 1933, iniciando la producción exclusivamente de válvulas de expansión, por el hijo de una familia de granjeros en las regiones de mayor latitud en Europa. Durante el primer año de producción se fabricó una cantidad de aproximadamente 466 piezas.

El grupo el día de hoy está conformado por tres divisiones principales: Refrigeración y aire acondicionado, Calentadores y agua y por último Controles de Movimiento. Dentro de la gama de productos que ofrece se pueden listar los siguientes: válvulas de expansión, compresores, controles de temperatura, filtros, medidores de flujo, instrumentos de medición y operación para sistemas marinos, etc.

Hasta ahora, es una empresa cuyas acciones, en su mayoría, son poseídas por la familia fundadora. 18,000 empleados trabajan para ella, posee 55 sitios de operación (en ellos se manufacturan diariamente 100,000 piezas diarias en total) y 89 compañías de venta en todo el mundo. La mayor parte de sus operaciones y ventas se encuentran en Europa.

La planta de la que se hablará en el presente estudio posee un terreno de producción de 1,440 m² y 1,850 m² de área total, incluyendo oficinas. Durante su temporada de más altas ventas, da empleo a aproximadamente 105 empleados.

La visión de esta empresa es la siguiente:

“Ser un líder global dentro de sus áreas de especialidad, como una compañía altamente respetada que mejora la calidad de vida, mediante el dominio de la tecnología de punta en aplicaciones para sus clientes, al mismo tiempo que crea valor para todos sus depositarios.”

Es importante hacer notar que existen en total cuatro plantas (ubicadas en diferentes países) de esta misma empresa que realizan el mismo tipo de producto y además hay una planta más que fabrica los mismos productos, pero ésta es una fusión con otra empresa que posee una licencia para fabricarlos.

1.2 Justificación

La siguiente lista es un conjunto de criterios que guían al mercado para convertir a una empresa “ganadora de órdenes”:

- a) Precio
- b) Entregas
- c) Calidad
- d) Servicio técnico
- e) Desarrollo de tecnología
- f) Prestigio (marca)
- g) Acuerdos comerciales ventajosos

- h) Reducción de incertidumbre
- i) Etc.

Un ejemplo bastante elocuente sobre el porqué se justifica claramente la intención de la alta dirección de incursionar en metodologías de trabajo de manufactura esbelta se puede observar en la probabilidad de éxito y supervivencia de las empresas que adoptan estos sistemas de trabajo. Empresas que han abrazado la filosofía esbelta son las que han permanecido con éxito en el difícil ámbito automotriz. Lo citan claramente el libro Lean Thinking (1), Womack & Jones: Jaguar, Ferrari, Aston-Martin, Lamborghini, Saab y Lotus son claros ejemplos de empresas con productos de muy alto prestigio, calidad y tradición en el mercado. Sin embargo, estas empresas han rendido su independencia a alguna de las gigantes compañías que sí han adoptado con éxito la manufactura esbelta.

Observar el éxito de empresas que trabajan bajo los esquemas modernos de minimización de recursos, comparado con el fracaso de aquellas que no lograron adaptarse, nos invita a pensar que el factor de éxito ha sido precisamente esta estrategia y que resulta casi arriesgado no hacer un intento real por alcanzar los niveles de actuación de una empresa de clase mundial.

Al igual que en muchos ramos de la manufactura de la actualidad, la empresa a ser estudiada se encuentra ante la competencia que presenta ventajas competitivas importantes. La confiabilidad del producto ha sido un factor clave en la conquista de mercados. Sin embargo, ni el costo ni el nivel de entregas ha sido el mejor. Precisamente estas debilidades de hoy pueden ser las fortalezas de mañana, si se logra la adopción exitosa de los sistemas de trabajo de manufactura esbelta o lean manufacturing.

En la siguiente página se muestra una gráfica que indica el crecimiento de las ventas en los últimos 50 años. En ella se puede deducir que hacia la última década, la fuerza de ventas se ha visto enfocada hacia un incremento agresivo y esto ha sucedido gracias a que se comenzaron a buscar otros mercados hasta entonces inexplorados en otros continentes. Básicamente, la empresa ha dirigido su mirada hacia el continente americano, donde en 1998 se iniciaron las operaciones de la planta ubicada en Apodaca, Nuevo León.

Además de esto, la alta dirección y los accionistas de esta empresa global que ha asentado una PYME (Pequeña y Mediana Empresa) en México, han comprendido, al igual que muchas otras empresas en el mundo, que solamente mediante programas agresivos de implementación de métodos de trabajo esbeltos se puede operar con la adecuada competitividad en el mercado actual.

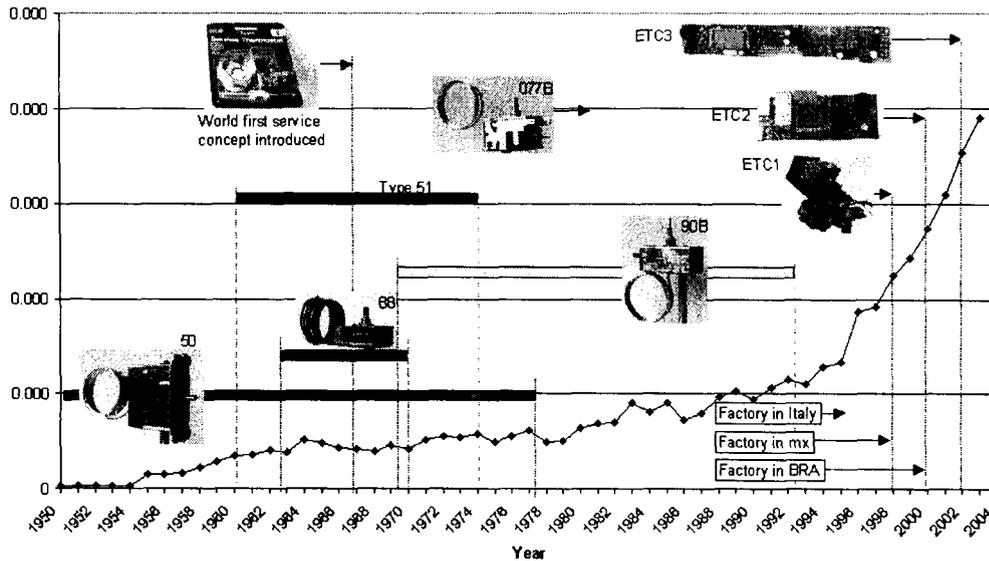


Fig. 1.1 Gráfica de ventas globales

1.3 Objetivos

El objetivo general de la presente tesis es proponer un modelo de manufactura esbelta que se ajuste al tamaño y las características generales de la planta productiva estudiada.

- 1.3.1 Un objetivo específico, y en el cual se hará mayor énfasis debido a su importancia y sus áreas de oportunidad, consiste en mejorar la productividad y el tiempo de entrega de la planta mediante la optimización de las operaciones y la reducción de los tiempos de cambios de modelo. Para ello será necesaria también la reducción de inventarios de producto en proceso.
- 1.3.2 Otro objetivo específico es lograr una reducción en el nivel de inventarios de producto en proceso, inventarios de materia prima y producto terminado.
- 1.3.3 El último objetivo es reducir la cantidad de errores y retrabajos en línea y con el cliente. Incluye la reducción de scrap debido a defectos recurrentes por fallas en proceso.

1.4 Hipótesis

Es posible encontrar un modelo de implementación de manufactura aplicable para una PYME (Pequeña y Mediana Empresa) en base a sus restricciones de recursos, así como en base a sus fortalezas. Lo que es más, este estudio propone un modelo específicamente diseñado para una planta de una empresa determinada en la cual el autor es empleado.

1.5 Alcance

El presente trabajo se limitará a proponer un modelo de manufactura esbelta que sea adecuada al tamaño de la organización. Se buscará una mejora en tres renglones básicos: administración de la manufactura, administración de inventarios y administración del sistema de calidad de la organización. Uno de los enfoques principales de este texto, es importante hacerlo notar, es realizar una propuesta a la alta dirección sobre la implementación de la filosofía de manufactura esbelta de una manera real y práctica en un plazo razonable.

Es necesario hacer el comentario de que las mejoras en el sistema de producción de la planta serán la primera prioridad y se buscará detallar lo más posible las actividades enfocadas en este renglón. En el caso de las estrategias de manejo de inventarios y estrategias de calidad, se plantearán a nivel macro las actividades a ser realizadas, pero no se detallarán en la misma medida que se hará con el diagnóstico y la propuesta de mejora de la estrategia de manufactura.

CAPÍTULO 2
FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Manufactura de clase mundial

De la tesis de José Edmundo González de la Torre, Metodología para Implementar Sistemas de Manufactura Esbelta en Operaciones de Ensamble (4), se ha tomado el siguiente párrafo, el cual define la meta a alcanzar por un sistema de manufactura de clase mundial:

“Establecer técnicas de producción que permitan proveer productos que cumplan o excedan las expectativas de los clientes en términos de calidad, entrega y costo, de tal manera que se asegure una rentabilidad atractiva para los accionistas y un ambiente de trabajo satisfactorio para los empleados.”

Las operaciones de empresas de clase mundial permiten que sus indicadores de desempeño sean los mejores. Hablando en términos muy generales, algunos indicadores que distinguen a las empresas de alto desempeño son:

- a) Nivel de entregas cercanos al 100%
- b) Vueltas de inventarios por año por encima de 25
- c) Altos niveles de calidad interna y externa
- d) Cumplimiento de cerca de 100% del programa
- e) Tiempos muertos por fallas de máquinas cercanos a 0%
- f) Tiempo de entregas de horas o días
- g) Alta flexibilidad a cambios de programas
- h) Desarrollo multi-habilidades del plantel operativo
- i) Transportes de material minimizados
- j) Tamaños de lote pequeños
- k) Proveedores entregando JIT
- l) Minimización de inventarios en proceso
- m) Altos niveles de productividad
- n) Alto nivel de seguridad en todas las operaciones
- o) Alto involucramiento del personal operativo

2.2 Manufactura esbelta

La competencia por ser el líder en la provisión de productos y servicios es una condición global ineludible. Cada empresa busca poseer todas las capacidades para poder competir y evitar el fracaso como organización. Las maneras en que se ha buscado el éxito han sido muy diversas a lo largo de los años.

Una tendencia que comenzó hace décadas en Japón, paradójicamente, es una de los principales estrategias más actuales en la industria de la manufactura. Se le ha denominado manufactura esbelta o lean manufacturing, en inglés. Esta filosofía es posible aplicarla en las áreas de producción física de bienes (piso de producción), en las actividades de almacenamiento y distribución, en las tareas de toma de órdenes y programación y el diseño y desarrollo.

La base de su filosofía consiste en reducir el desperdicio (o muda, en japonés), enfocándose en las actividades que conduzcan a agregar valor al producto desde el punto de vista del cliente. Por lógica, esto llevará a conseguir mejores resultados operacionales.

En general, es necesario identificar todas las características, tareas, recursos utilizados, etc. que contribuyan para agregar valor según la evaluación del cliente. A partir de allí, todo lo que no contribuya de una manera directa a este fin, pero que sea imposible eliminarlo, se considerará muda o desperdicio tipo 1. Si se trata de recursos invertidos que no agregan valor al producto y que además no son necesarios, son desperdicio tipo 2 y es indispensable eliminar cuanto antes cualquier actividad o recurso de este tipo.

Uno de los pioneros y considerado el más notable promotor de esta metodología fue Taiichi Ohno, quien hizo reformas para la empresa Toyota en los años 50's. Esto marcó el inicio para muchas empresas en Japón (junto con las ideas nuevas de calidad adoptadas de Deming) de una nueva clase de manufactura que los llevaría a liderar mercados internacionales.

Es uno de los paradigmas más interesantes de la filosofía de trabajo esbelto el estar en contra de la contabilidad de costos estándar (y completamente a favor de la contabilidad de costos basado en la actividad). El costeo estándar se basa en prorratear costos a los productos basado en el número de horas máquina y horas hombre disponibles en el departamento de producción durante un período determinado de tiempo. Esto provoca que la administración fabrique productos que no son necesarios o la mezcla inadecuada de productos para minimizar su costo unitario por medio de la utilización al máximo de máquinas y personal operador. Por el lado contrario, el enfoque de costeo basado en la actividad asigna los costos de los productos basado en la cantidad de recursos utilizados (incluyendo espacio, materia prima, horas máquina y esfuerzo humano) para realizar o fabricar un producto.

2.3 Cuatro tipos de actividad

Cuando se piensa en conceptos como desperdicio y valor, es muy útil definir cuatro tipos de actividad dentro de las organizaciones:

Agregar valor (AV):

Son actividades que, ante los ojos del cliente, hacen un producto o servicio más valioso. Si un cliente está contento de pagar por esta actividad se considera de valor agregado. Ejemplos: convertir láminas de acero en un carro, reparar un automóvil en una carretera, etc.

Agregar valor a futuro (AVF):

Son aquellas actividades que, ante los ojos del cliente, hacen un producto o servicio más valioso en un tiempo futuro. Ejemplos: proveer información sobre el comportamiento del mercado, desarrollar un producto nuevo o servicio, etc.

Actividad de soporte (AS) o actividad necesaria sin valor agregado:

Son aquellas actividades que, ante los ojos del cliente, no hacen un producto o servicio más valioso pero son necesarias a menos de que el proceso existente sea cambiado radicalmente. Normalmente son difíciles de remover en un corto plazo y debe ser un objetivo el tratar de removerlas a largo plazo. Ejemplo: inspeccionar cada producto al final de la línea debido a que la empresa utiliza máquinas antiguas y se conoce que son poco confiables.

Desperdicio (D) o actividad sin valor agregado:

Son aquellas actividades que, ante los ojos del cliente, no hacen que un producto o servicio sea más valioso y no son necesarios, aún en las circunstancias existentes. Estas actividades son o crean claramente un desperdicio y deben ser removidas en un corto plazo. Ejemplo: Transferir un producto de un contenedor a otro de diferente tamaño, para poder ser transportado dentro de la planta.

2.4 Justo a tiempo (Just in Time JIT) –Ver también 2.7-

Es un conjunto de actividades diseñadas para lograr producción de alto volumen utilizando el mínimo de inventarios de materia prima, producto en proceso y producto terminado. Las piezas necesarias llegan a la siguiente estación de trabajo “Justo a Tiempo” y son completadas y se mueven a través de las operaciones rápidamente. También se basa en la lógica que nada es producido hasta que es necesitado. Esta necesidad se crea gracias a la demanda del producto. Cuando se vende un artículo, teóricamente, el mercado jala un reemplazo para la última posición en el sistema (ensamble final o empaque en este caso). Esto dispara una orden de producción a la planta, donde un trabajador a su vez, jala otra unidad de una estación anterior en el flujo para reemplazar la unidad tomada. Esta estación mencionada enseguida jala de la estación anterior y así se repite hasta la entrada de materia prima. Para hacer posible este proceso, para trabajar de una manera estable, el JIT demanda altos niveles de calidad en cada proceso, relaciones con proveedores muy fuertes y que la demanda sea al menos medianamente predecible.

2.5 Pensamiento esbelto

Del libro Lean Thinking de James Womack y Daniel Jones (1), se extrajeron los siguientes conceptos, que juntos forman a su vez, lo que se denomina como pensamiento esbelto.

Valor: su definición es una tarea que muchas veces es muy difícil de llevar a cabo, a pesar de ser una cuestión básica para el desarrollo y actuación de un negocio. El valor es todo aquello que aporta algún elemento positivo desde el punto de vista del cliente. Uno de los errores más comunes para lograr conocerlo es que se diseñe un producto o servicio buscando satisfacer las necesidades del departamento de diseño o desde el punto de vista de manufactura, sin tomar en cuenta las necesidades o demandas del cliente.

Cadena de valor: es mediante un mapa de procesos (incluyendo los procesos no productivos o administrativos) que se logra visualizar el flujo del valor dentro (y fuera) de la organización. Es el primer paso para conocer cuales son las actividades y recursos en general que son necesarios para la fabricación de un producto o prestación de un servicio. El mapeo de procesos es una herramienta importante para detectar el desperdicio (o *muda*).

Flujo: después de haber definido el valor y haber identificado como fluye en el actual sistema de trabajo, se hace necesario “ignorar” los esquemas actuales de cualquier tipo para volver a crear un sistema en donde se elimine cualquier tipo de desperdicio (espera, retrabajos, sobreproducción, etc.).

Sistema “jalar”: implementar un sistema de este tipo consiste básicamente en no producir ningún bien o prestar un servicio hasta que el cliente lo requiera. Esto en apariencia es un concepto bastante sencillo, pero en la práctica requiere tomar en cuenta la cadena de valor del producto, en ocasiones a lo largo de varias organizaciones.

Perfección: es bastante útil poseer una clara visión de lo que sería un panorama “perfecto”, ya que el objetivo de la mejora se vuelve visible. Nos brinda una idea de cómo deben ser manejadas las operaciones y transacciones de un negocio. Además, obliga al administrador a no buscar respetar el sistema de producción como primera prioridad, sino a mejorarlo.

2.6 Tipos de desperdicio

Son aquellas actividades que no agregan valor al producto y no son necesarias. Entre estas actividades encontramos varias situaciones que son prevalecientes en la planta. Enseguida se muestra una lista de desperdicios que se manejan dentro de la literatura de manufactura:

1) Sobreproducción:

Producir demasiado o demasiado pronto, dando como resultado un flujo pobre de información o bienes o inventario excesivo.

Debido a varias causas, es común encontrar en el piso de producción material que se produjo de más. Una de estas es la falta de sincronización entre las operaciones, lo cual causa que se realicen conteos inexactos (aproximados obtenidos visualmente). Esto provoca que en algunas piezas se tenga en inventario varios días de producción sin ser utilizados durante semanas. En otros casos, debido a un diseño de kanban inadecuado, se retiene material por meses.

2) Defectos:

Errores frecuentes en papeles, problemas de calidad en productos o bajo nivel de desempeño de entregas. Debido a problemas en la interpretación de la información,

muchas veces debido a la falta de capacitación en el tema, se cometen errores que provoca un alto costo en retrabajos, desperdicio de materiales y desperdicio de tiempo. Otras causas de fallas en la calidad son las variaciones en proceso o materia prima. Estas deberán ser atacadas a través de proyectos de mejora continua.

3) Inventario innecesario:

Almacenaje excesivo y retraso de información o productos, dando como resultado en costos excesivos y bajo nivel de servicio al cliente.

4) Procesamiento innecesario o inadecuado:

Utilización de procesos de trabajo usando herramientas, procedimientos o sistemas equivocados, frecuentemente cuando se pueden utilizar medios más efectivos.

5) Transportación excesiva:

Movimiento excesivo de gente, información o bienes, dando como resultado en tiempo, esfuerzo y costo desperdiciados. Una de las más importantes fuentes de desperdicio es la distancia entre las diferentes estaciones de trabajo. En este caso el desperdicio es el transporte excesivo entre las estaciones. Por razones obvias, se obtiene otro tipo de desperdicio junto con el anterior mencionado, inventario en exceso, el cual, cuesta mantener y es potencial de errores por mezclas, daños, etc.

6) Espera:

Largos períodos de inactividad para la gente, la información o bienes, dando como resultado un flujo pobre y largos tiempos de entrega.

7) Movimientos innecesarios:

Organización inadecuada del lugar de trabajo, dando como resultado pésima ergonomía, por ejemplo, no se encuentran las herramientas o piezas o hay un esfuerzo físico demasiado alto.

2.7 Siete técnicas para reducir el desperdicio

Después de la segunda guerra mundial, Japón era un país que requería mejorar su economía. Para ello, trazó una estrategia en la cual su principal acierto fue el de dirigir su talento hacia el piso de producción, en lugar de dirigirlo hacia el diseño de producto, el cual requiere una alta inversión en la mayoría de los casos y su período de recuperación de capital invertido es incierto en muchas ocasiones. Además trabajaron para mejorar la calidad y confiabilidad del producto por encima de lo que los competidores podían hacerlo. Las ideas centrales fueron dos filosofías: *eliminación del desperdicio y respeto por la gente*.

Los japoneses son verdaderos creyentes de que la eliminación de desperdicio es una práctica prioritaria. Fujio Cho (de Toyota) define el desperdicio como “cualquier otra cosa diferente que la mínima cantidad de materiales, equipo, partes y trabajadores (y horas trabajadas) que son absolutamente esenciales para la producción” (6).

Las siete técnicas para reducir el desperdicio son:

1) Redes de plantas enfocadas:

Los japoneses prefieren construir plantas pequeñas especializadas en lugar de grandes plantas con una estructura vertical. Encuentran las operaciones y sus burocracias difíciles de manejar y no alineadas con su estilo de administración. Las plantas diseñadas con un propósito pueden ser construidas y operadas más económicamente.

2) Tecnología de grupo o agrupación por familias de producto:

A pesar de que fue inventada en los Estados Unidos, fue más exitosamente empleada en Japón. En lugar de transferir producto en proceso de un departamento hacia otro, se conforman las operaciones que se requieren para hacer un producto y se colocan juntas. Para ello se requiere que los operadores posean multi-habilidades. Los beneficios de este elemento son: reducir movimientos y filas de espera entre operaciones, reducir inventarios y reducir el número de trabajadores. Los siguientes diagramas muestran las ventajas de la tecnología de grupos contra la de departamentos especializados.

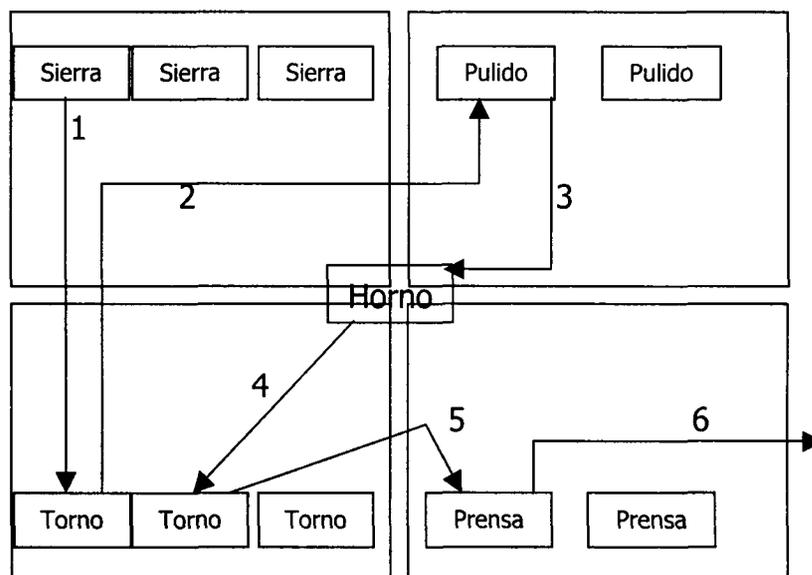


Fig. 2.1 Diagrama de departamentos especializados

En el diagrama de arriba se muestra un arreglo de equipo y maquinaria tradicional en la que se agrupan por proceso, dando como resultado “departamentos especializados”. Esto parece intuitivamente muy favorable, pero en realidad, provoca que el material tenga que ser transportado más distancia y además provoca que los operadores conozcan únicamente su proceso y no tengan una visión de todo el negocio para hacer su trabajo.

Por otro lado se tiene el esquema de grupos de tecnología o celdas de trabajo que se muestra a continuación:

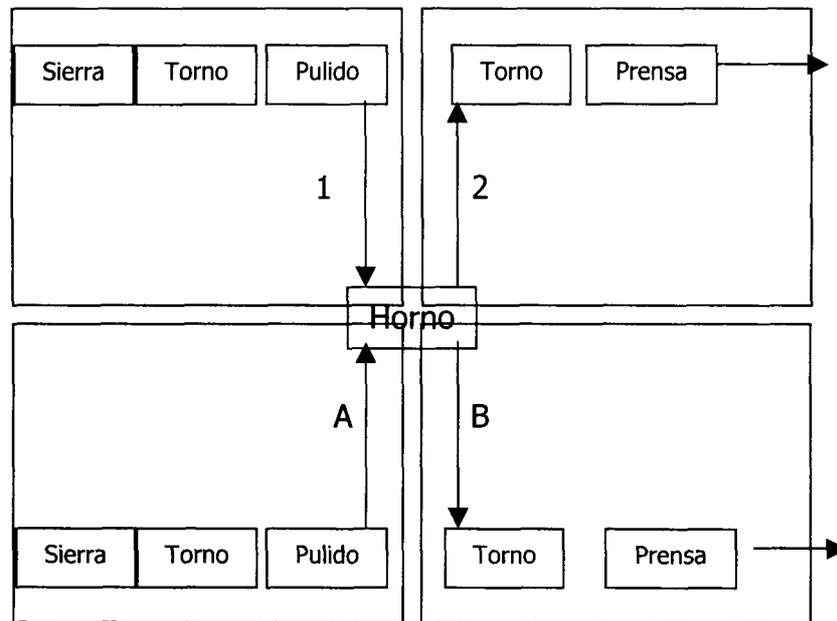


Fig. 2.2 Diagrama de tecnología de grupos

Este esquema muestra como se economizó el transporte y se ven mezcladas las diferentes especialidades en las celdas de trabajo, lo cual enriquece la visión de cada uno de los miembros del equipo.

3) Calidad en la fuente:

Significa hacerlo bien en el primer intento y cuando algo sale mal, parar el proceso o la línea de ensamble inmediatamente. Los operadores de la fábrica se convierten en inspectores responsables personalmente por la calidad de su trabajo. Los trabajadores se concentran en una parte del trabajo a la vez, de tal manera que los problemas de calidad son descubiertos. Si el ritmo de producción es muy rápido, si los trabajadores encuentran un problema de calidad o si hay un potencial riesgo de seguridad, el operador es obligado a parar el botón de paro de línea y se activa una señal visual. Gente de otras áreas responde a la alarma y al problema. Los trabajadores son facultados para realizar su propio mantenimiento y limpieza hasta que el problema se resuelve. Los japoneses también involucran la automatización de las inspecciones, ya que para una persona es difícil mantener la atención durante mucho tiempo.

La capacidad de una organización para reducir la cantidad de desperdicio de tiempo, material, mano de obra, utilización de maquinaria, etc. debido a fallas en la calidad del producto o servicio tiene mucho que ver con los factores siguientes: entrenamiento del personal, enfoque de calidad en todos los empleados, utilización de técnicas estadísticas en proceso y de análisis, uso adecuado de la tecnología, obtención de la tecnología necesaria para la manufactura, efectividad del mantenimiento preventivo, etc. Si alguno de los factores anteriores es débil, la

organización debe buscar reforzarlo para lograr los niveles de calidad en el primer intento.

4) Producción JIT (Justo a tiempo)

Justo a tiempo significa producir lo que se necesita cuando se necesita y nada más. Cualquier cosa sobre el mínimo necesario es visto como desperdicio, debido a que el esfuerzo, y material han sido invertidos para algo que no se requiere ahora. Esto va en contra de la costumbre de elaborar material extra que se utiliza (Just in Case) en caso de que algo salga mal. Esta herramienta para diseño de sistemas de manufactura contesta a las siguientes preguntas de la siguiente manera:

¿ Qué es ?

Es una filosofía de administración, que se sustenta en el sistema “jalar” a través de la planta.

¿ Qué hace ?

Ataca el desperdicio (tiempo, inventario, mermas, etc.) y expone los problemas y cuellos de botella. Además ayuda a lograr producción en un flujo.

¿ Qué requiere ?

Participación del personal, conocimientos de ingeniería industrial, mejora continua, control total de calidad y tamaños de lote pequeños.

¿ Qué asume ?

Un ambiente de trabajo estable.

Las estaciones de trabajo pueden estar ubicadas físicamente dispersas, pero los japoneses prefieren minimizar el tiempo de tránsito y transferir pequeñas cantidades en estaciones de trabajo próximas unas de las otras. Típicamente un tamaño de lote pequeño es la décima parte de un día de producción. Los proveedores usualmente embarcan varias veces al día para los clientes para mantener los lotes pequeños. Los tiempos de entrega son disminuidos, inventarios reducidos, se puede reaccionar más rápidamente a los cambios de demanda y los problemas de calidad son descubiertos a tiempo.

5) Carga uniforme de la planta

Suavizar el flujo de producción para amortiguar las olas de reacción que normalmente ocurre en respuesta a variaciones en la programación es conocido como “carga uniforme de la planta”. Cuando se realiza un cambio en el ensamble final, los cambios son magnificados a través de la línea y la cadena de suministro. La única manera de eliminar el problema es haciendo ajustes tan pequeños como sea posible, elaborando un plan mensual para el cual la proporción esté congelada. Los japoneses encontraron que podían hacer esto ensamblando la misma mezcla de producto cada día en pequeñas cantidades. Por lo tanto, siempre tienen una mezcla disponible para responder las variaciones en demanda. Un ejemplo tomado de Toyota se muestra a continuación:

Modelo	Cantidad Mensual	Cantidad Diaria	Tiempo ciclo (minutos)
Sedan	5,000	250	2
Hardtop	2,500	125	4
Wagon	2,500	125	4

Fig. 2.3 Tabla de carga uniforme

6) Kanban

Un sistema de kanban utiliza una manera de señalizar para regular el flujo justo a tiempo. Kanban significa “señal” o “tarjeta de instrucción” en japonés. En un sistema “paperless” o sin papel, los contenedores son el sistema pull del kanban (de estirar). La autoridad para producir o proveer partes adicionales, la proporcionan las operaciones siguientes.

Pueden ser usados espacios marcados en el suelo o en un rack para identificar donde debe ser almacenado el material. Cuando un espacio está vacío, se autoriza para que se fabrique esa cantidad y ese tipo de material. Si no hay espacios vacíos, no se requiere fabricar ningún componente.

Es necesario mencionar que el sistema Kanban de producción no ha eliminado los inventarios en proceso, pero sí ha minimizado los mismos. Si es posible sincronizar o balancear las operaciones de manera en que no se haga necesario tener material en espera, se debe optar por esta opción. En caso de preparaciones de modelo muy tardadas, de maquinaria cuyo nivel de utilización es muy bajo debido a sus requerimientos de mantenimiento preventivo, de procesos como el de moldeo de piezas, que varía según la geometría de la pieza, etc. se vuelve casi inevitable utilizar un stock de producto en proceso, y la mejor manera es mediante el sistema kanban.

7) Tiempos cortos de cambios de modelo o SMED

Debido a que los lotes de tamaño pequeño son preferidos a los grandes, las máquinas deben ser rápidamente acondicionadas para producir la mezcla de modelos necesaria.

Para lograr reducciones importantes de tiempos de set up, se dividen en tiempos internos y externos de actividades. Las actividades internas se deben de hacer cuando la máquina está detenida. Las actividades externas se deben de realizar cuando la máquina está funcionando. No es inusual que equipos de set ups realicen ejercicios de prácticas en los sábados para adquirir habilidad en los cambios.

CAPÍTULO 3
MODELO PROPUESTO DE MANUFACTURA

3.1 ETAPA 1: DEFINIR DE MANERA PRÁCTICA LOS CONCEPTOS DE MANUFACTURA ESBELTA

3.1.1 Breve descripción de la metodología

La metodología específica para el caso práctico en cuestión para llevar a cabo la transformación de un tipo de producción tradicional o por lotes hacia un tipo de producción esbelta, consiste básicamente en nueve etapas. Éstas son las siguientes:

- 1) Definir de manera práctica los conceptos de manufactura esbelta.
- 2) Establecer las estrategias básicas del negocio y los indicadores de desempeño
- 3) Comprender el valor desde el punto de vista del cliente
- 4) Realizar el mapeo de procesos
- 5) Establecer la nueva estrategia de manufactura
- 6) Establecer la nueva estrategia de manejo de inventarios
- 7) Establecer la nueva estrategia de calidad
- 8) Establecer un modelo integrado de manufactura
- 9) Implementación y validación del modelo

Para los pasos anteriores se tiene planeado arrancar tres proyectos principales (proyectos de manufactura sincronizada -sistema de producción-, reducción de inventarios y reducción de mermas y retrabajos) en los cuales se buscará reducir el desperdicio y aumentar el valor agregado en los procesos productivos y administrativos de la empresa.

Hay que hacer un comentario sobre la metodología en general. Se hace un mayor énfasis en el sistema de producción como un paso decisivo, debido a que a partir de una mejora sustancial en la administración de la producción es posible mejorar en aspectos de calidad y control de inventarios de una manera casi inintencionada. No significa esto que solamente importa el aspecto de la planta en cuanto a como está siendo guiado el departamento productivo central, pero será de gran prioridad en los primeros meses y años del programa.

A continuación se presentan los nueve pasos explicados arriba, mediante los cuales se buscará la implementación real (aunque fuera del alcance de este escrito) de un modelo de manufactura esbelta para una PYME.

1) Definir de manera práctica los conceptos de manufactura esbelta

El objetivo principal de esta etapa es definir de manera concreta los temas de la capacitación y concientización sobre los conceptos principales de manufactura esbelta y sus principales herramientas. Evidentemente, es fundamental también encontrar un factor de cambio que pueda promover lo anterior y en esta etapa debe hallarse a tal persona y conformar un equipo de trabajo para la implementación.

Debido a lo anterior, se presenta una lista de algunos factores que para muchos autores se cuentan dentro de las herramienta para lograr mejoras y convertirse en

una empresa que opera con la filosofía de manufactura esbelta como filosofía de trabajo diario:

- A) Sincronización de operaciones
- B) 5´S
- C) Calidad Total
- D) Facultación (empowerment)
- E) Círculos de calidad
- F) Control visual de inventarios
- G) SMED
- H) TPM
- I) Kanban
- J) Poka Yoke
- K) Celdas de trabajo
- L) Mapeo de procesos
- M) Reducción de inventarios
- N) Formación de proveedores
- O) Formación multihabilidades
- P) Pensamiento esbelto
- Q) Medición de la satisfacción del cliente

Estos conceptos se explican al inicio de la implementación de la metodología de manera que se cuente con nociones del nuevo enfoque y a medida que se decide implementar cada una de ellas, es posible contar en ese momento con la comprensión de parte de los empleados.

Esta sección incluye la definición aplicada mediante ejemplos prácticos de la planta a ser analizada. Conceptos mencionados anteriormente en el fundamento teórico (capítulo 2) y otros como valor, cadena de valor, flujo, jalar, perfección, tipos de desperdicio, actitud de servicio al cliente, etc. serán los temas de capacitación y concientización de todo el personal que labora en la planta. Cada empleado deberá conocer cuáles son los conceptos, los objetivos y las herramientas involucradas en este programa.

2) Establecer las estrategias básicas del negocio y los indicadores de desempeño

Durante esta etapa se determinan cuáles son las ventajas y desventajas del negocio ante la competencia y ante los clientes. A partir de aquí, se determinan cuáles son los indicadores clave de desempeño mediante los cuales se va a medir el nivel de actuación de la planta. En la medida en que se vayan implementando las mejoras, se observan los resultados de una manera tangible en los KPI (por sus siglas en inglés, Key Performance Indicators). La manera general en que esto se ha realizado es a través de reuniones de trabajo involucrando al personal administrativo en conjunto con algunos miembros del personal operario de la planta.

Enseguida se ha realizado un estudio de debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas y después se realizó una tabla de Factores Críticos de Éxito vs.

Indicadores Clave de Desempeño en la cual se hace una relación entre los factores que dan éxito a la empresa contra los indicadores de la planta. Se busca que ambos parámetros tengan la mayor interacción posible para que los medidores de actuación den un panorama lo más real posible conforme a la estrategia global.

El siguiente paso es muy importante dentro del establecimiento de estrategias. Consiste en definir en cuales áreas del negocio se va a enfocar primeramente en lograr mejoras. Resulta obvio que se buscarán tener resultados de más alto nivel en áreas y procesos que posean un alto impacto financiero en el negocio. Lo ideal es comenzar con áreas en las que los beneficios se visualizan cuantiosos y al mismo tiempo la complejidad de los problemas es bajo.

3) Comprender el valor desde el punto de vista del cliente

En esta etapa se busca concluir cuáles son, desde el punto de vista del cliente los puntos más importantes que hay que atacar. Es posible comenzar programas de mejora y de eficientización en áreas que no van a convertir al negocio en una empresa atractiva para los clientes. Para el cliente es, por ejemplo, muy evidente que el costo, las entregas y la calidad son puntos muy importantes, pero se vuelve necesario conocer un estimador de la importancia de cada uno de ellos así como otros puntos clave en el desempeño para convertirse en ganador de órdenes.

4) Realizar el mapeo de procesos

El mapa de procesos consiste principalmente en conocer de una manera muy profunda, todos los recursos que se deben invertir en la producción de bienes para lograr un cierto nivel de resultados. Además, se debe hacer un diagnóstico de la madurez del negocio en base a ciertos criterios.

5) Establecer la nueva estrategia de manufactura

Las siguientes etapas son unas de las más importantes, pues en ella se tomarán las decisiones sobre el futuro a corto, mediano y largo plazo del negocio. Solamente se van a plantear las posibles soluciones en un ciclo de mejora. Eventualmente, cuando se hayan implementado, en el caso que así suceda, los proyectos y tareas en este primer ciclo de mejora mencionado, se podrán plantear otras posibilidades de mejora.

6) Establecer la nueva estrategia de inventarios

En el actual esquema se tienen ciertas deficiencias que se pretenden solucionar mediante el desarrollo de proveedores, mediante la ubicación del material en el punto de uso en lugar de mantener un pequeño almacén centralizado, a través del control visual de kanbans de materia prima, mediante la optimización de la logística de los materiales que se adquieren fuera del país y por último mediante la minimización de inventarios en proceso, que de una manera directa repercute en el manejo eficiente de los inventarios de materia prima.

7) Establecer la nueva estrategia de calidad

La educación y entrenamiento del personal en temas como Calidad Total, la cultura de atacar las fallas de calidad en la fuente, el uso adecuado de softwares de cómputo y a su vez de las especificaciones, el arranque de un programa de círculos de calidad, van a ser aspectos fundamentales mediante los cuales se buscará la mejora general del sistema de administración de calidad.

8) Establecer un modelo integrado de manufactura

Después de haber planteado de manera aparentemente aislada las nuevas estrategias de manufactura, de inventarios y de calidad, se construye un modelo integrador que brinde las opciones de solución. Es bien sabido que un sistema de manufactura que posee las características suficientes de minimización de recursos como para ser denominado esbelto, posee además las características propias que facilitan la administración de la calidad y de los inventarios en el negocio.

Sin embargo hay que tener siempre en cuenta que un sistema de producción de manufactura esbelta tiene la característica primordial de no permitir fallas de ningún tipo. Esto quiere decir que cada sistema y subsistema deberá funcionar en base a una incertidumbre controlada mediante métodos preventivos, y que las correcciones se presentan de una manera esporádica.

En resumen, el modelo de manufactura esbelto propuesto en el presente texto consiste en reducir el desperdicio, maximizando el valor desde el punto de vista del cliente y esto solamente se puede lograr a través de la minimización de la incertidumbre y variabilidad en todos los procesos del negocio, enfocándose al mismo tiempo en una visión de la perfección.

9) Implementación y validación del mismo

Por limitaciones de tiempo, el presente texto se limita a hacer un diagnóstico del sistema actual y a proponer únicamente un modelo mediante el cual, en el momento en que se llegue a implementar, se obtendrán ciertos resultados pronosticados en este mismo estudio. El beneficio para la empresa estudiada es que el diagnóstico ha sido realizado y además se cuenta con una propuesta de solución presumiblemente 100% aplicable al caso específico aquí señalado. La validación no será de una manera práctica sino únicamente en papel.

3.1.2 Qué es valor ?

El valor siempre se debe definir desde el punto de vista del cliente y en un caso general, es todo aquello por lo que el cliente está dispuesto a pagar. Específicamente, significa todas aquellas características que posee un producto fabricado en la PYME estudiada que lo hace atractivo para el cliente. En este caso, se agrega valor cuando se logra una transformación hacia las características deseadas por el cliente. Es toda aquella actividad que es necesario realizar con el fin de llevar a cabo el proceso productivo desde la puerta de recibo de materia prima, hasta que el cliente recibe en sus manos la orden en el momento adecuado.

Cualquier otra actividad diferente al procesamiento que colabore a que el producto se convierta en un objeto utilizable por el cliente dentro del área productiva no agrega directamente valor al producto físicamente. Es necesario hacer notar que las actividades como acomodar la pieza en el fixture, tomar material de un contenedor, pasar la pieza procesada a la siguiente operación, etc. son actividades que no agregan valor al producto, pero se hacen necesarias para su elaboración, en mayor o menor medida.

Es importante hacer una valoración sobre las actividades que realmente agregan valor al producto de una manera real y no solamente buscar cumplir con las especificaciones. En algunas empresas se han conocido casos en los que se ha realizado durante años un proceso que requiere un procesamiento especial y que en realidad puede ser excluido de la ruta de producción. Sin embargo, esto se logró gracias a la colaboración cliente-proveedor en la cual se hicieron pruebas con piezas bajo las especificaciones actuales del cliente y que no tenían el procesamiento especial. Gracias a una explicación técnica a detalle y a cambios sugeridos en el proceso del cliente, se han eliminado actividades que en realidad no agregaban valor.

3.1.3 Qué es desperdicio ?

Existen múltiples actividades en las cuales no se agrega valor al producto. Hablando específicamente, se trata de actividades tales como colocar piezas en carros, transportar los carros de una estación de trabajo a otra, hacer conteos de piezas, hacer cambios en los fixtures, recoger información para procesar el producto, esperar a que se llene un carro para comenzar a procesar el material, retrabajar material por algún error de proceso o de información, etc.

A partir de la definición de los siete tipos de desperdicios, de una manera pragmática podemos aplicarlos directamente para algunas actividades específicas.

1) Sobreproducción:

En la planta siendo analizada se trabaja en base a órdenes de trabajo. Es decir, se fabrican ciertos tipos de piezas en base a los requerimientos específicos del cliente (en inglés se conoce como "Make To Order": MTO). Sin embargo, debido a que normalmente se están fabricando algunos componentes estándar y a que no se tiene estimada una cantidad real del desperdicio de material debido a defectos, fallas o errores, se realiza la orden con producción extra a la requerida y en muchos de los casos, se cuenta con inventario de producto terminado que toma varios meses en consumirse.

2) Defectos:

Debido a diversas causas no se consigue que todo el material obtenga las especificaciones adecuadas en el primer intento. Un caso de ello es cuando se presenta el defecto de baja calidad en la soldadura, y que provoca que la pieza posea un defecto crítico. Esto provoca que las piezas que ya fueron procesadas en algún punto de la planta se detengan, se revisen y se retrabajen, por lo cual, mientras más pronto se detenga, será menor el costo por retrabajo y de material. De

la misma manera, el desperdicio es mucho más alto si llega a escapar hacia el cliente, el cual no puede hacer uso del producto, por lo que además de generar costos de paros de línea y reproceso, genera una serie de actividades administrativas que se consideran desperdicio también, ya que se debieron haber evitado.

3) Inventario innecesario:

En la actual estrategia de manufactura, se busca correr dos modelos diferentes en dos líneas de ensamble de producto al mismo tiempo. Debido a esta causa, se hace indispensable tratar de mantener el nivel de stock de producto en proceso (subensambles) en un nivel alto para lograr mantener la producción de los dos productos diferentes sin problemas. Esto ocasiona en que en muchos casos, se fabriquen componentes en exceso y se tenga material que únicamente puede ser utilizado en unos cuantos modelos de muy bajo volumen de ventas, por lo que el stock se mantiene durante semanas o meses hasta que se vuelve a usar. Suena lógico pensar que la estrategia actual de buscar correr dos modelos diferentes al mismo tiempo debe ser analizada detalladamente para ver pros y contras.

4) Procesamiento innecesario:

En muchos casos se debe retrabajar material debido a diferentes causas y generalmente, es común tener que realizar procesos que cotidianamente no se llevan a cabo. Un claro ejemplo de esto es cuando se realiza un remachado fuera de tolerancias, provocando que el diámetro sea ligeramente más cerrado y se vuelve necesario realizar un proceso extra que consiste en hacer pasar una broca para que el subensamble esté dentro de especificaciones y sea funcional.

5) Transportación excesiva:

Gracias al acomodo actual de la maquinaria y equipos, el flujo del material es algo que requiere atención y análisis. En la mayoría de las operaciones la forma de transferir el material procesado hacia la siguiente operación es a través de la acumulación de piezas, seguida de un acomodo en un rack o en un lugar determinado y cuando es requerido el material, se toma en contenedores o charolas desde 100 hasta 1,000 piezas. Una posible mejora en este aspecto es hacer un rebalanceo de las operaciones y colocarlas sincronizadas de manera en que se minimice o reduzca la necesidad de transportación por medios diferentes a la transferencia manual (o automática, en dado caso) de una operación a otra, pieza por pieza.

6) Espera:

Debido a los requerimientos del mercado, ciertos productos de tipo estándar en el mercado requieren un tipo de empaque que requiere una mayor cantidad de horas hombre por pieza. Esto causa que la cantidad de piezas ensambladas por hora se vea reducida en hasta una tercera parte. Debido a que no se cuenta con una metodología óptima para el empaque de estas piezas, se hace necesaria una evaluación en base al volumen mensual y a los tiempos de ciclo que se estima son

posibles mediante una mejora. Esto reduciría normalmente la espera de los pedidos en un par de días en promedio, aproximadamente.

7) Movimientos innecesarios:

En la planta a ser analizada se cuenta con un ejemplo muy claro en el cual se realizan diariamente movimientos innecesarios, y éste es el modo de transportación para las piezas que cuentan con tubo capilar (además del tubo capilar mismo). El medio de transportación consiste en una estructura que asemeja un pino ya que consiste de un tubo grueso vertical que va colocado sobre una estructura con ruedas y que cuenta también con 5 niveles de 8 varillas redondas de metal (ver imágenes en los anexos). En esta estructura se pueden acomodar desde 700 hasta 1,500 piezas según el largo de tubo capilar. Desgraciadamente, la altura en la que se colocan las piezas es muy variable, por lo que es bastante común que el operador tenga que tomar varias piezas de la capa más baja del pino (como es llamada la estructura) y lo coloque en una de las capas de altura más adecuada y después de eso, los vuelva a tomar uno a uno para ser procesados.

8) Talento humano:

No incluido en la mayoría de la literatura sobre temas de desperdicio y valor, se ha descubierto que este tema es uno de los puntos de más alta importancia para el correcto desempeño de una empresa. Un ejemplo muy palpable sobre este tipo de desperdicio presente en este estudio es el personal de todos los niveles que no posee el conocimiento técnico sobre las labores que realiza diariamente. La carencia de objetivos y metas es también un factor que impacta negativamente en el desempeño del personal.

9) Uso inadecuado de sistemas computacionales

Debido a que no se ha propagado correctamente el uso de la tecnología de información y especificaciones, el personal no aprovecha los beneficios para realizar su trabajo de una manera más fácil y con menor probabilidad de fallas.

10) Uso de indicadores equivocados

En algunas ocasiones se seleccionan indicadores que no reflejan valor alguno para el cliente o para la empresa misma.

3.1.4 Realizar el balance adecuado entre valor y costo

En algunas ocasiones es posible realizar inversiones o recortes de recursos con el fin de reducir costos o incrementar el valor de los productos ofrecidos al cliente. En el libro *Lean Profit Potential*, de Hines, Silvi y Bartolini (2), se muestra un caso en el que dos compañías automotrices siguieron dos estrategias y una de ellas fue más certera que la otra.

Ambas compañías redujeron drásticamente costos y en el caso de Audi, se logró aumentar al mismo tiempo el valor agregado propuesto para los clientes. En el caso de Rover, se lograron reducciones de costos más agresivas, pero el resultado final fue

también una disminución en el valor agregado ofrecido al cliente y por lo tanto, se perdió parte del mercado para esta empresa. En la siguiente gráfica se puede observar de una manera más fácil lo explicado anteriormente:

Valor desde
el punto de
vista del
cliente

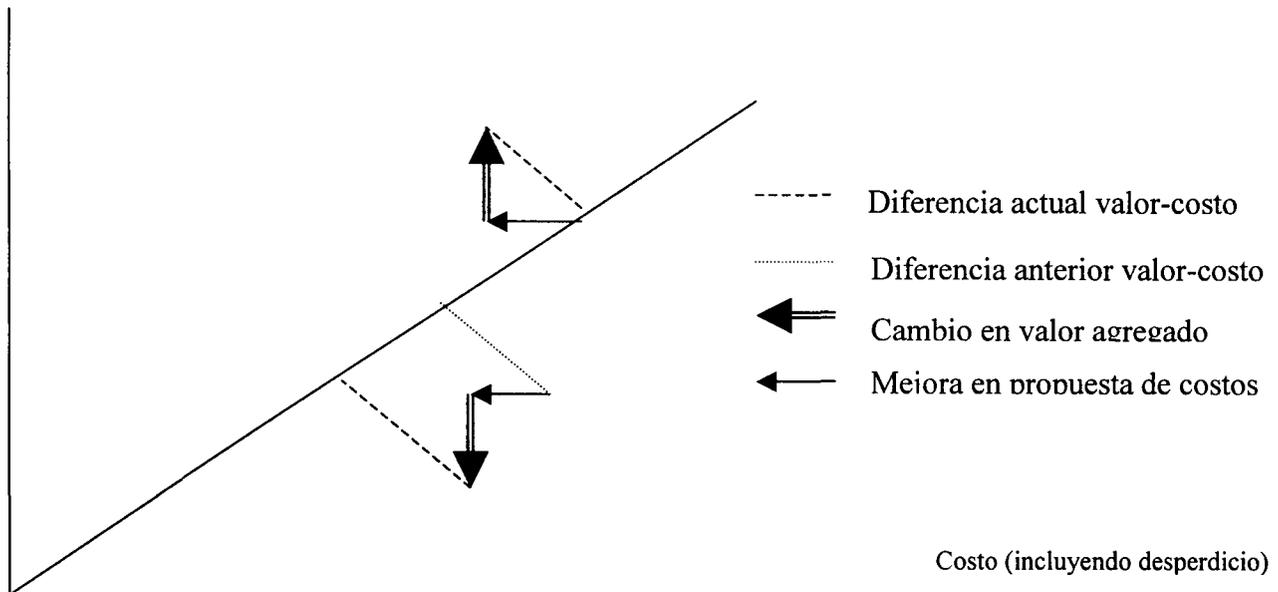


Fig. 3.1 Gráfica de balance entre valor y costo

Para el caso específico de la planta estudiada, se busca el balance adecuado para lograr una reducción de costos, pero buscando también aumentar el valor ofrecido al cliente. Algunas estrategias para lograr este balance, es buscar contratos con las grandes manufactureras de electrodomésticos (fuera del alcance de esta tesis) y que aseguren un volumen alto con una mezcla más favorable para realizar lotes de producción más grandes. Sin embargo, la naturaleza del mercado local y nacional muestra una tendencia contraria. El buscar la flexibilidad (reducción de tamaños de lotes y por lo tanto de tiempos de cambios de modelo) es una estrategia que deberá ser tomada en cuenta dentro de los aspectos claves para la reducción de costos. Esto agregará valor definitivamente para muchos clientes pequeños y medianos que son abastecidos por la comercializadora de productos de la empresa.

Otro aspecto relevante acerca de los cambios que deberán ser reforzados son los aspectos de reducción de scrap y retrabajos en conjunto con la disminución de inventario en proceso. Esto agregará valor en cuanto se reducirán los escapes de defectos hacia los clientes, además de reducir los desperdicios de tiempo, material, mano de obra y utilización de máquina. Gracias a esto, se hará posible una reducción en el costo unitario del producto, con lo cual se podría ofrecerlo a un costo más

atractivo que la competencia y asegurar de esta manera el posicionamiento en el mercado.

En resumen, se buscará reducir costos de las siguientes formas:

- Aumentando la productividad.
- Reduciendo la incertidumbre en los procesos del negocio.
- Reducción de inventarios de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
- Reducción de tiempos muertos por problemas en la programación.
- Reducción de tiempos muertos por fallas en los equipos y maquinaria.

Además se buscará aumentar el valor agregado para el cliente de la siguientes maneras:

- Aumentando la flexibilidad de los procesos para obtener reducción de lotes.
- Disminuyendo el tiempo de ciclo para mejorar los tiempos de entrega a los clientes.
- Mejora en la calidad en la línea del cliente y en el mercado.

Si bien normalmente un enfoque de aumento de rentabilidad es típicamente dirigido hacia la reducción de costos, las propuestas de cambio basadas en la filosofía esbelta, toman un rumbo dirigido también hacia el aumento de entradas de recursos en base a la creación de valor. Esto es debido a que tiene sus bases en la visión del cliente y de la cadena de valor entre las compañías.

3.1.5 Cuatro tipos de actividades

Dentro de la planta se clasificaron algunas de las actividades dentro de las categorías explicadas anteriormente:

Valor agregado:

Son aquellas actividades mediante las cuales, desde el punto de vista del cliente, el producto se vuelve más valioso. Son todas las actividades productivas que transforman la materia prima en un control de temperaturas. Algunos ejemplos claros son: aplicar soldadura a la unión del tubo capilar, ensamblar los subensambles para obtener el producto armado, calibrar a las temperaturas correctas los controles, etc.

Valor agregado a futuro:

Son aquellas actividades que involucran la realización y desarrollo de prototipos, la planeación, seguimiento e implementación de proyectos de mejora, reunir información para dar a conocer a clientes o proveedores, etc.

Actividades de soporte:

Son aquellas tareas que no hacen más valioso un producto, pero que son necesarias a menos de que se modifique radicalmente el proceso. Se encontraron algunos ejemplos de actividades como los siguientes: la recepción de órdenes de compra de clientes, la planeación de la producción, realizar órdenes de compra para materia prima, etc.

Desperdicio:

Desafortunadamente en el caso práctico aquí presentado es muy frecuente toparse con numerosos casos de actividades que no agregan valor en absoluto. En la planta estudiada se cuentan algunos casos como: transporte excesivo de piezas debido a que las operaciones no están balanceadas correctamente, defectos que aparecen continuamente durante la producción de las piezas, tiempos de cambio de modelo excesivos por la falta de sistematización del trabajo, etc.

3.2 ETAPA 2: ESTABLECER LAS ESTRATEGIAS BÁSICAS DEL NEGOCIO Y LOS INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO (KPI)

3.2.1 Desarrollo de factores críticos de éxito

Los factores clave de éxito son aquellos en los cuales la empresa tiene la “obligación” de cumplir para tener mayores posibilidades de obtener el éxito. Deben de estar fuertemente relacionados con los factores específicos que impactan la compañía o la cadena de valor. Una forma de hacerlo es mediante la clasificación en Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas, como se muestra el caso específico de la empresa estudiada a continuación. De aquí es necesario realizar conclusiones sobre cuales son los factores clave de éxito.

Fortalezas

- Tecnología propia
- Diseño robusto y confiable
- Nombre reconocido en el mercado
- Liderazgo en ventas globales
- Sistemas de información confiables
- Organización de baja complejidad debido a su tamaño
- Servicio técnico personalizado a clientes
- Producto en su etapa terminal de madurez

Debilidades

- Servicio de entregas de bajo desempeño
- Tiempos de entrega muy altos
- Costos ligeramente más altos comparados contra la competencia
- Flexibilidad media o baja
- Planta con costos altos con relación a la región
- Compra de materia prima casi exclusivo en Europa
- Altos niveles de inventarios de materia prima
- Altos niveles de inventarios de producto en proceso

Poca orientación hacia tendencias esbeltas

Oportunidades

Regiones de venta sin explorar en varias regiones del planeta

Desarrollar proveedores locales

Reducción del desperdicio vía la implementación de metodologías de trabajo esbeltas

Mercados potenciales sin explotar muy cercanos

Amenazas

Competencia con otras plantas de la misma compañía

Competencia con otras compañías con costos más bajos

Asociaciones entre competidores

Reducción en ventas a nivel global

Según el análisis anterior se llegó a la conclusión de que los factores de éxito (renglones en los cuales no se puede fallar) para la empresa son los siguientes:

- 1) Ofrecer precios bajos al cliente
- 2) Reducir tiempos de entregas
- 3) Ofrecer una planta productiva de alta flexibilidad
- 4) Mantener y mejorar la alta calidad y confiabilidad
- 5) Mantener y mejorar el servicio técnico en su mejor nivel
- 6) Continuar ofreciendo desarrollo de nuevos productos
- 7) Capacitación de personal en todos los niveles
- 8) Mantener y mejorar la rentabilidad de la planta

De acuerdo a la opinión de los conocedores (ventas y servicio al cliente) del mercado, se han ordenado los factores de arriba en la prioridad en las que el cliente las requiere. Suena muy lógico que en un negocio donde el producto está en la etapa final de su madurez, una de sus principales características sea la del precio. Durante décadas se han instalado los fabricantes de este producto de tal forma en que la calidad es relativamente uniforme y la única diferencia entre un fabricante y su competencia es frecuentemente el precio de venta.

3.2.2 Revisión y modificación de los indicadores clave de desempeños (KPI = Key Performance Indicators)

Muchas organizaciones de antemano poseen un conjunto de indicadores o medidas. Sin embargo, a veces no están alineadas con los factores claves de éxito. Esta alineación es muy importante debido a que las mediciones van a guiar las aspiraciones y la actuación de la organización. En general, los indicadores deben ser medibles y alcanzables. Los indicadores claves de actuación (KPI) dentro de la organización se detallan a continuación:

- 1) Costos de fletes (entregas)
- 2) Costos fijos

- 3) Valor de inventarios (materia prima, en proceso y terminados)
- 4) Cuentas por cobrar
- 5) Servicio de entregas de parte de producción
- 6) Vueltas de inventario
- 7) Ventas en América
- 8) Ganancia con clientes
- 9) Satisfacción del cliente
- 10) Margen por cliente
- 11) Costo unitario
- 12) Costo de materiales
- 13) Productividad
- 14) Utilización de los 3 cuellos de botella principales
- 15) Servicio de entregas por parte de ventas
- 16) Rechazos internos
- 17) Rechazos externos
- 18) Ausentismo
- 19) Rotación de personal
- 20) Número de sugerencias por operador
- 21) Horas de educación y entrenamiento
- 22) Flexibilidad para hacer diferentes operaciones

Para verificar que los KPI estén alineados para lo que la empresa considera crítico, se realizó una matriz cruzada que se muestra en la siguiente página.

Claves	
P	El indicador está correctamente alineado con los factores de éxito
O	Alguna correlación, pero no tiende a cambiar el comportamiento
N	Medirlo tiene una influencia negativa
	(Espacio) No tiene correlación

A partir de un análisis practicado en la matriz de Factores de Éxito vs. Indicadores de Desempeño, se infiere que hay varios indicadores que presentan una alineación muy alta con los factores de éxito, los cuáles son: satisfacción del cliente, educación y entrenamiento, servicio de entregas, la utilización de 3 cuellos de botella y productividad. Los indicadores que resultaron ser menos relevantes en el estudio anterior son: el ausentismo, la rotación de personal, el número de sugerencias y las cuentas por cobrar.

MATRIZ CRUZADA DE FACTORES DE ÉXITO VS. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO

FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO	Ofrecer costos bajos al cliente	Reducir tiempos de entregas	Ofrecer una planta productiva de alta flexibilidad	Mantener y mejorar alta calidad y confiabilidad	Mantener el servicio técnico en su mejor nivel	Continuar ofreciendo desarrollo de nuevos productos	Capacitación de personal en todos los niveles	Mantener y mejorar la rentabilidad de la planta	P	O	N
Costos de fletes (entregas)	P	P	O	P			O	P	4	2	0
Costos fijos	P							P	2	0	0
Valor de inventarios	P	P	P			N		P	4	0	1
Cuentas por cobrar	O							P	1	1	0
Servicio de entregas (producción)	P	P	P	P		O	P		5	1	0
Vueltas de inventario	P	P	P			N	P	P	5	0	1
Ventas en América	P		O		P	P		P	4	1	0
Ganancia con clientes	P		O	O	O	P		P	3	3	0
Margen por cliente	P			O	O	O		P	2	3	0
Satisfacción del cliente	P	P	P	P	P	P	P		7	0	0
Costo unitario	P		P	P			P	P	5	0	0
Costo de materiales	P			P				P	3	0	0
Productividad	P	P	P	P		N	P	P	6	0	1
Administración de los 3 cuellos de botella	P	P	P	P		N	P	P	6	0	1
Servicio de entregas por parte de ventas	P	P	P	P			P		5	0	0
Rechazos internos	P	P		P			P	P	5	0	0
Rechazos externos	P			P	O		P	P	4	1	0
Ausentismo		O						O	0	2	0
Rotación		O					O	O	0	3	0
Número de sugerencias							P		1	0	0
Educación y entrenamiento	P	P	P	P	P		P	P	7	2	0
Flexibilidad para hacer diferentes operaciones	P	P	P	O		P	P		5	2	0
	P	18	11	10	11	3	4	12	15		
	O	1	3	4	4	3	2	2	2		
	N	0	0	0	0	0	4	0	0		

Fig. 3.2 Factores críticos de éxito vs. indicadores clave de desempeño

3.2.3 Establecimiento de metas para cada KPI

La manera en que se establece la meta para cada indicador es tomando como base el desempeño actual de la planta en cada uno de ellos. A partir de este número se hacen consideraciones en base a criterios tales como desempeño de otras plantas de la división, desempeño de clase mundial (el cual es la meta en todos los indicadores, aunque a algunos de ellos se les proyecte a varios años del presente), recursos necesarios vs. disponibles estimados para lograr la mejora, etc. Debido a razones de confidencialidad no se revelan estos números en el texto.

3.2.4 Definir las cadenas de valor de procesos clave

Un proceso clave es definido según los autores de Lean Profit Potential (2), como: “Patrones de relaciones interconectadas de valor agregado diseñados para cumplir con los objetivos y metas de la organización”. Todos los procesos tienen una serie de entradas y un número de pasos, tareas o actividades que convierten estas entradas en un determinado número de salidas. Normalmente atraviesan varios departamentos dentro de un negocio (o negocios) y dan soporte a la comunicación inter-departamental y cooperación a lo largo de la cadena de valor.

En el uso del término “proceso”, nos referimos a un limitado número de actividades clave que se requiere entreguen valor al negocio. Mientras menos cantidad sea determinada, más fácil se vuelve administrarlos. Hay que recordar que estos procesos no son todo lo que la compañía hace, pero sí son sus actividades principales. Es importante no caer en el error de intentar definir los “101 procesos del negocio” (como normalmente es requerido al realizar reingeniería). Es necesario realizar una lluvia de ideas sobre los mismos, pero hay que fijar sólo unos cuantos.

Una vez que se ha acordado en cuatro a diez procesos, hay que asegurarse que se tiene una definición. Esto previene posibles confusiones posteriores. Los procesos que aplican a la planta que se está estudiando son los siguientes:

- a) Producción de piezas
- b) Administración de la mejora integral
- c) Administración de la producción
- d) Administración del recurso humano
- e) Administración de inventarios
- f) Administración del sistema de calidad

3.2.5 Decidir hacia donde enfocarse primero

Para decidir cuáles áreas de los procesos clave tiene mayor probabilidad de acoger las mejoras y lograr los objetivos, es necesario preguntar si los procesos del negocio pueden rendir beneficios en cada área si se mejora. Se puede decidir entonces cual o cuales procesos necesitan un mapa detallado. Para lograr identificar cuáles procesos son los primeros en los cuales resulta prioritario enfocarse, se dividen en:

Procesos estratégicos: tienen el enfoque de una visión global del negocio, pero no impactan directamente en los objetivos.

Procesos de núcleo o principales: impactan directamente en los objetivos.

Procesos de soporte: impactan indirectamente en los objetivos.

En nuestro estudio se clasifican de la siguiente manera:

Procesos Estratégicos:

Administración de la mejora integral

Procesos Principales:

Producción de piezas

Procesos de Soporte:

Administración de la producción

Administración del recurso humano

Administración de inventarios

Administración del sistema de calidad

La dirección o estrategia se encuentra en la administración de la mejora integral y el proceso principal, la producción de piezas, es requerido para lograr los objetivos acordados. Los cuatro procesos de soporte ayudan a lo anterior.

Debido a que es imposible enfocarse en todos los procesos de una organización, se acordó realizar tres proyectos con diferentes puntos de vista para lograr los objetivos del negocio. Estos tres proyectos son el tema de estudio de las etapas 5, 6 y 7 del capítulo 3. A saber, los temas tratados en estos proyectos son la mejora en las estrategias de manufactura, inventarios y calidad. Se detalla cada uno de los proyectos y algunos de las características de los mismos enseguida:

- 1) Mejora en la estrategia de manufactura: este proyecto tiene como principales objetivos el aprovechar de una manera óptima la capacidad instalada de la planta, aumentar la productividad, disminuir tiempos de ciclos requeridos para la elaboración de los productos y reducir en general la cantidad de recursos necesarios para mantener trabajando el sistema productivo. Se decidió incluir dentro de este apartado de una manera especial a la administración del recurso humano como proceso para detonar el talento y la sinergia del personal.
- 2) Mejora en la estrategia de inventarios: este proyecto tiene como principales objetivos la reducción de inventarios en materia prima y material en proceso. Los métodos para lograr la mejora son la formación de proveedores locales y globales, la reducción de tiempos de traslado e importación, el control visual del material, etc.

- 3) Mejora en la estrategia de calidad: este proyecto tiene como principal objetivo la reducción de los costos de calidad en general. Las herramientas o métodos utilizados son la implementación de círculos de calidad, entrenamiento al personal en filosofía de calidad total, entrenamiento multihabilidades, etc.

3.3 ETAPA 3: COMPRENDER EL VALOR DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL CLIENTE

3.3.1 Que es lo que el cliente realmente desea ? Encuestas a clientes

Según encuestas realizadas por el personal de ventas, se llegaron a definir varios factores que son vitales para el cliente y algunos que no son de tan alta importancia. Por orden de importancia se realizó la siguiente lista:

- 1) Precio
- 2) Servicio de entregas
- 3) Calidad
- 4) Cercanía a clientes
- 5) Soporte técnico
- 6) Flexibilidad
- 7) Contratos provechosos comerciales

3.3.2 Nivel de satisfacción del cliente: revisión de encuestas.

Según encuestas realizadas a clientes, se ha observado que en general la planta analizada posee una buena imagen entre ellos. Sin embargo es sujeto de mejora. La tabla presentada en la siguiente página nos muestra los resultados de una encuesta en la cual el cliente percibe que las entregas no son lo esperado. Además, el precio se percibe también como un área de oportunidad también. Algo positivo en el muestreo resultó ser la percepción de la calidad que posee el cliente del producto en general.

Nota importante:

Por razones de confidencialidad, no es posible transcribir los resultados numéricos ni los nombres de los clientes. Las conclusiones arriba fueron realizadas a la hoja actualmente mostrada, pero no refleja la realidad de la empresa.

En base a los resultados de los estudios mostrados arriba se tomarán decisiones más adelante en cuanto al enfoque que deberá poseer el diseño de las estrategias para la planta. El muestreo se tomó del 100% de las encuestas recibidas por la empresa. Los clientes no siempre resultaron los más representativos debido a que no contestaron a tiempo muchos de ellos. Sin embargo, la información tomada resultó de gran ayuda para el presente estudio.

ANÁLISIS DE ENCUESTA DE PERCEPCIÓN DEL CLIENTE

		Servicio de entrega		Precio		Calidad / Reclamaciones		Soporte Técnico		Como contactarnos		Flexibilidad		Comparación vs. Competencia	CALIFICACIÓN
		5	IMPORTANCIA	5	IMPORTANCIA	5	IMPORTANCIA	5	IMPORTANCIA	5	IMPORTANCIA	5	IMPORTANCIA		
1	Cliente 1	5	5		5	5	5		4	5	5		4	5	100
2	Cliente 2					5	5					5	5	5	100
3	Cliente 3	3	5	3	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	87
4	Cliente 4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	93
5	Cliente 5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3	82
6	Cliente 6	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	83
7	Cliente 7	4	4	4	4	4	4		4	3	4	4	4	3	83
8	Cliente 8	3	5	3	5	4	4	4	5	5	5	4	4	3	75
9	Cliente 9	5	5	3	5	5	5	3	4	4	4			3	78
10	Cliente 10	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	4	5	3	80
11	Cliente 11	2	5	3	5	4	5	4	5	4	5	3	5	4	71
PROMEDIO		3.8	4.7	3.7	4.6	4.5	4.6	4.0	4.5	4.4	4.4	4.1	4.5	3.6	85
			0.81		0.80		0.96		0.89		1.00		0.91		

Fig. 3.2 Resultados de encuesta a clientes

Método de análisis:

Se le asigna un 65% de peso a los factores de servicio de entrega, manejo de preguntas, manejo de reclamaciones, soporte técnico y flexibilidad y un 35% al nivel de comparación contra la competencia. Los valores no contestados se consideran fuera de la calificación (ver fórmula para mayor detalles en archivo electrónico en la red).

Meta: Se considera un 80 de calificación (sobre un máximo de 100).

NOTA IMPORTANTE: Los resultados han sido alterados por razones de confidencialidad.

RC-CS02

Rev. 1

3.4 ETAPA 4: REALIZAR EL MAPEO DE PROCESOS – SITUACIÓN ACTUAL

3.4.1 Generalidades

En esta etapa se realiza un análisis de la situación actual de una familia de productos, el cual representa aproximadamente el 70 % de la producción anual. Sin embargo, se hará mención a lo largo del estudio sobre las diferencias esenciales con otras familias de productos. La herramienta conocida como Mapa de Procesos (o Value Stream Mapping en inglés) es de gran ayuda en el intento para encontrar diferentes maneras de pensar en un flujo en lugar de procesos de producción discretos y para implementar sistemas esbeltos de manufactura en lugar de mejoras de procesos aislados. Proporciona información también sobre como lograr mejoras sistemáticas que no solo desaparezcan algunas formas de desperdicio, sino también las fuentes de dichos desperdicios, de tal manera que no vuelvan a presentarse. Esta herramienta es típicamente utilizada en Toyota y en esta compañía se le conoce como Mapeo de Flujo de Material e Información.

Es usual encontrar mapas de procesos con al menos tres diferentes propósitos: conocer las condiciones del flujo de producción desde la materia prima hasta que el producto llega a los brazos del cliente, el flujo de información desde el diseño hasta el lanzamiento del producto al mercado y el flujo de información desde que se recibe una orden de algún cliente hasta que el proceso productivo comienza.

El estudio presentado en este texto incluye mapas de proceso de los últimos dos tipos: describe el flujo productivo y el flujo de información sobre el manejo de órdenes.

Algunos beneficios de la utilización del mapa de procesos son los que se listan enseguida:

- Ayuda a visualizar más que el acercamiento a un solo proceso, por ejemplo: ensamble, pintura, soldadura, etc. Es posible tener una visión del flujo.
- Proporciona un punto de vista más agudo para no solamente visualizar el desperdicio, sino que va más allá e indica también cuál es la fuente de dicho desperdicio.
- Provee un lenguaje común para intercambiar información sobre procesos de manufactura.
- Muestra la interrelación entre el flujo de información y el flujo de materiales.
- Si se utiliza adecuadamente, forma una base sólida para la toma de decisiones para realizar un plan de implementación. Ayuda a diseñar como todo el flujo de puerta a puerta debe operar y se convierte en un dibujo de especificaciones para implementar mejoras mediante la filosofía de manufactura esbelta.

- Se puede complementar con otro tipo de estudios como el diagrama de spaghetti y otras herramientas para encontrar las áreas de oportunidad que a simple vista no serían evidentes.

Dentro de un flujo de producción el movimiento de material a través de la planta es el flujo que primero viene a la mente. Pero hay otro flujo (el de información) que indica lo que cada proceso hace. Es muy recomendable que se haga un mapeo del flujo de la información, en conjunto con el de material. En un ambiente de manufactura esbelta, el flujo de la información debe tratarse con tanta importancia como el flujo del material. La compañía Toyota y sus proveedores pueden utilizar los mismos procesos de conversión de material como estampado, soldadura, ensamble, etc. como los productores en masa (la contraparte de los productores por lotes pequeños o productores esbeltos). La diferencia es que Toyota controla su producción de una manera completamente diferente comparado con los productores en masa. La pregunta fundamental en este caso es: ¿Cómo se puede hacer fluir la información de tal manera en que un proceso produce solamente lo que el siguiente proceso requiere y cuando lo requiere?

Es sencillo notar que trazar un mapa de procesos para una familia de productos significa atravesar las barreras organizacionales en cualquier compañía. Debido a que muchas empresas tienden a estar organizadas por departamentos y funciones en lugar de un flujo de creación de valor para familias de productos, es común encontrar que nadie es responsable por la perspectiva de la cadena de valor. Es muy poco frecuente encontrar una organización en la cual se pueda hallar una persona que conoce completamente el flujo de material e información de un producto (todos los procesos y como se programa cada uno). Las partes del flujo operan entonces de una manera aislada, trabajando para sus propios objetivos y no de una manera integrada con el resto de la cadena de valor.

Para deshacerse del esquema de procesos aislados y en general para iniciar una implementación real de manufactura esbelta, se vuelve necesaria una persona con responsabilidad de entender la cadena de valor de las familias de productos y mejorarlas. Algunos autores como Mike Rother y John Shook del libro Learning to See (3), recomiendan ampliamente que se asigne a una persona que reporte directamente a la alta gerencia. Se le podría llamar un Gerente de Cadena de Valor y de esta manera, se contaría con un facilitador con suficiente autoridad para hacer que los cambios sucedan.

La descripción general del puesto de Gerente de Cadena de Valor es la siguiente:

- Reporta a la persona con mayor autoridad en el sitio.
- Es una persona proveniente del piso de producción, no del staff gerencial.
- Lidera la creación del mapa de procesos actual y el mapa de procesos futuro y el plan de implementación para poder realizar la transición.
- Da seguimiento a todos los aspectos de la implementación.
- Realiza la implementación planeada es la prioridad más alta.

- Mantiene y periódicamente actualiza el plan de implementación.
- Insiste en ser una persona de acción y dirigida hacia resultados.

Definitivamente es una cantidad grande de gente la que se involucra en la implementación esbelta y todos ellos requieren entender el mapeo de procesos y ser capaces de leer e interpretar el mapa de procesos futuro. El gerente de cadena de valor es entonces el encargado de llevar a cabo "flow kaizen" o kaizen de flujo, que en realidad es la gerencia haciendo kaizen a lo largo de la organización y no de una manera aislada que es como comúnmente se enfoca. Es necesario hacer notar que tanto el kaizen de flujo como el kaizen a nivel de proceso son necesarios en cualquier organización. Ambas se complementan, pero uno de ellos se enfoca en el flujo de la información y el material y el otro lo hace en las personas y el flujo del proceso. Es un error típico dividir las tareas de mapeo entre los gerentes de las diferentes áreas y esperar unir los segmentos. Es mucho más efectivo mapear el flujo del producto a través de la organización y no las islas de trabajo.

El uso del mapa de proceso es normalmente como herramienta de comunicación informal, como herramienta de planeación de negocios y como una herramienta para administrar el cambio en el proceso. Normalmente se utiliza la siguiente metodología sencilla para hacer del mapa de procesos una herramienta de alta efectividad:

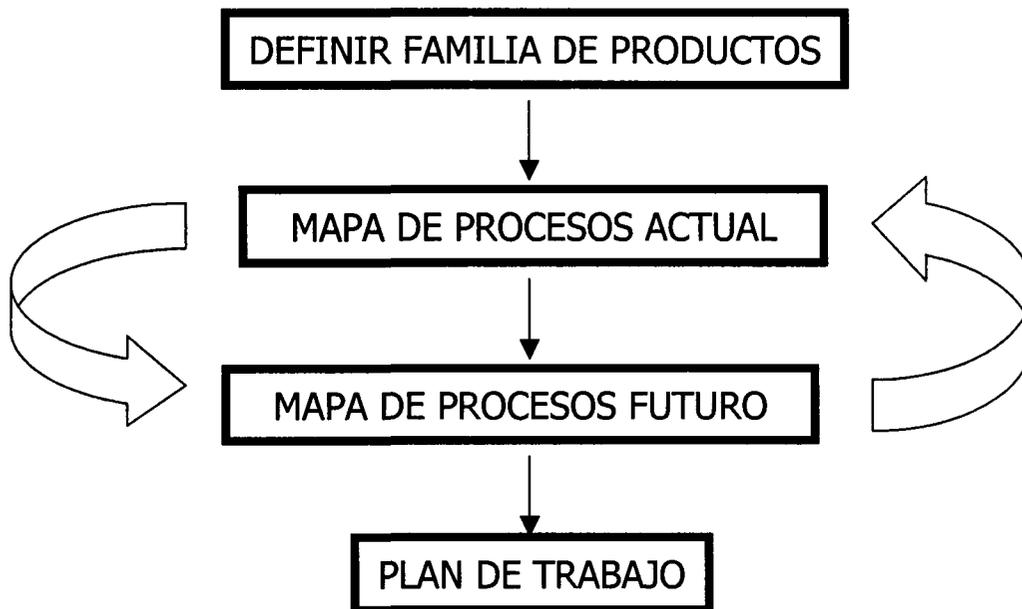


Fig. 3.3 Diagrama de uso de mapa de procesos

El primer paso es escoger o definir una familia de productos, lo cual es en algunos casos un dilema. Sin embargo existen métodos para discernir cuáles son las familias de productos basándose en las interacciones de los procesos en la planta. El siguiente ejemplo fue extraído de la tesis de José Edmundo González (4) citada en la bibliografía. Enseguida se muestra un método sencillo de cómo llevar a cabo la diferenciación de familias:

- 1) Identificar los productos fabricados y las máquinas necesarias para manufacturarlos.
- 2) Identificar cuáles máquinas son requeridas para la fabricación de cada producto, incluyendo subensambles. Ver matriz de ejemplo:

Máquina	A	B	C	D	E	F	G	H
1	x			x				
2			x			x		
3					x			
4		x			x			
5	x						x	
6		x			x			
7			x			x		x
8	x			x			x	

- 3) Enseguida se le asigna un número de renglón inferior en la matriz que nos indica por ejemplo, en la columna del producto C, el número 7.

Máquina	A	B	C	D	E	F	G	H	Renglón
1	x			x					1
2			x			x			2
3					x				3
4		x			x				4
5	x						x		5
6		x			x				6
7			x			x		x	7
8	x			x			x		8
RI	8	6	7	8	6	7	8	7	

- 4) Reordenar las columnas de manera ascendente de acuerdo al número asignado y reenumerar las columnas de acuerdo al orden ascendente. Ahora es necesario asignar un valor en el lado de la columna más a la derecha de los productos.

Máquina	B	E	C	F	H	D	G	A	Renglón
1						x		x	8
2			x	x	x				5
3		x							2
4	x	x							2
5							x	x	8
6	x	x							2
7			x	x	x				5
8						x	x	x	8
FI	1	2	3	4	5	7	8	6	

- 5) Se acomodan en orden ascendente las columnas según el valor de la derecha y se repiten los pasos 3 y 4 hasta que no sea posible hacer más cambios.

Máquina	B	E	C	F	H	D	G	A	Renglón
1						x		x	8
2			x	x	x				5
3		x							2
4	x	x							2
5							x	x	8
6	x	x							2
7			x	x	x				5
8						x	x	x	8
FI	1	2	3	4	5	7	8	6	

6) El último paso consiste en identificar los grupos de máquinas y productos que forman las celdas.

Celda	Máquinas	Productos
X	3, 4, 6	B, E
Y	2, 7	C, F, H
Z	1, 5, 8	D, G, A

En general puede ser mucho más sencillo el delineamiento entre familias de productos y puede haber uno o más procesos comunes a toda la gama de productos y familias.

3.4.2 Diagrama de spaghetti actual

El diagrama de spaghetti es una representación física (preferentemente a escala) del piso de producción en donde se llevan a cabo las operaciones de transformación de la materia prima en un producto y las actividades de soporte para ello. Es una herramienta que indica el flujo de información y de actividades físicas dentro de un ambiente de trabajo. Una de sus ventajas es que muestra claramente dónde está ocurriendo la actividad, qué tan complejos son los flujos, y cuánta distancia debe viajar el material y la información. Es muy útil para detectar la magnitud del desperdicio y cómo puede ser minimizada con mejoras en proceso y un nuevo layout. Puede ayudar a visualizar los posibles cuellos de botella, donde varios flujos interactúan dentro de la organización.

En la siguiente hoja se muestra el diagrama de spaghetti observado actualmente. Resulta un poco confuso observar las líneas de flujo de material que se entremezclan unas con otras debido a la gran cantidad de transportes que se requiere realizar para abastecer de subensambles a las siguientes operaciones.

Como se puede observar la mayoría de los procesos están físicamente separados uno del otro, por lo que se hace necesaria la creación de inventario para enviar de una estación de trabajo hacia la otra, aún en estaciones de trabajo cuyas cargas de trabajo están relativamente balanceadas unas con otras. Este estudio, en conjunto con el mapa de procesos de esta pequeña planta, nos dan una perspectiva del desperdicio que existe en las labores diarias.

Situación Actual

Diagrama Spaghetti

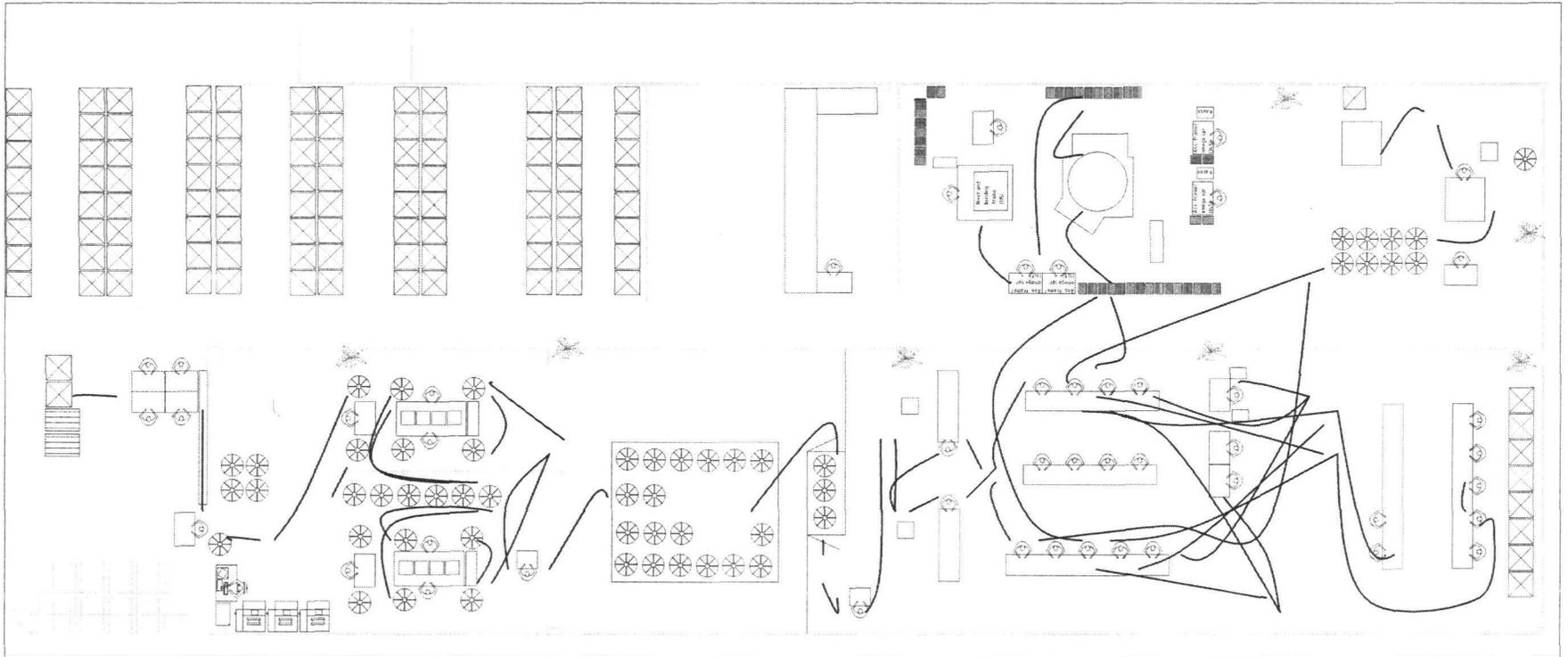


Fig. 3.4 Diagrama de spaghetti actual

3.4.3 Realizar el mapa de procesos actual

En la metodología propuesta, no se ha observado detenidamente hasta ahora a la fuerza de trabajo directamente en el proyecto. Por lo tanto, es necesario realizar estudios detallados sobre qué es lo que está sucediendo en el lugar de trabajo donde los operadores son los principales protagonistas. Existen al menos dos razones para involucrarlos:

- 1) Ellos son los únicos que saben que está pasando todo el tiempo y
- 2) Cuando se utilizan mapas detallados para desarrollar planes de acción, se asegura que estos van a ser apoyados por el personal que fue involucrado para crear las acciones a seguir.

Para el presente estudio se han realizado dos mapas de procesos. Esta es una herramienta que tradicionalmente se utiliza en el piso de producción, sin embargo, se aplicó en esta ocasión tanto al flujo de materiales en el piso de producción, como al flujo de información de captura de órdenes de clientes hasta el comienzo físico de dichas órdenes.

El mapeo de procesos consistió en realizar un análisis de cada actividad que ocurre a través de un proceso. Para cada actividad se investigó:

- 1) El tiempo en segundos en que se agrega valor (desde el punto de vista del cliente) al producto,
- 2) El tiempo en segundos necesario para realizar la operación (en el caso de que haya dos estaciones realizando la misma operación es la mitad del tiempo de lo anterior),
- 3) El tiempo en segundos de espera para ser utilizado en el siguiente proceso,
- 4) El transporte interno en metros necesario en la operación,
- 5) La cantidad de personas involucradas o necesarias,
- 6) El tiempo en segundos que se requiere para realizar un cambio de modelo o setup,
- 7) La cantidad de piezas que se encuentran durante el estudio,
- 8) La proporción de la producción diaria que esto último representa,
- 9) La distancia en metros hasta la siguiente operación,
- 10) Además se agregó la capacidad en piezas (a un 80% de utilización).

A continuación se muestra a manera de ejemplo un par de actividades en las que se realizó el mapeo, junto con una breve explicación

	Rivet ctc	Omega	Explicación
Oper.#	115	130	Número de operación
VA=	3.2	6.4	Valor agregado (seg)
OT=	3.2	3.2	Tiempo de operación (seg)
W=	900	900	Tiempo de espera para ser usado en sig. proceso (seg)
T=	0	0	Transporte dentro de la operación (metros)
PI=	3	4	No. Total de personas involucradas en dos o tres turnos
CO=	3,600	30	Tiempo requerido para cambiar de modelo (seg)
WIP=	1,500	2,000	Inventario durante el estudio (piezas)
OIP=	0.14	0.19	Proporción del renglón anterior con referencia a producción diaria (10,500 pzas/día)
TN=	2	3	Transporte a siguiente operación (metros)
2 Shifts	13,950	13,950	Capacidad al 80% en dos turnos
3 Shifts	20,250	20,250	Capacidad al 80% en tres turnos

Fig. 3.5 Tabla de explicación del mapa de procesos

Resultados del Mapa de Procesos

En el mapa de procesos actual del flujo material se encontraron los resultados siguientes:

- Totalmente, el valor agregado del tiempo de ciclo total es de aproximadamente un 3%. Un detalle importante es que esta proporción incluye 3 horas de proceso de tratamiento térmico en un horno.
- El valor agregado en total sin contabilizar el tiempo de tratamiento térmico se reduce a 0.05% del tiempo de ciclo medido.
- La espera del material en proceso en total representa un 93.4% del tiempo de ciclo.
- El porcentaje de tiempos de preparación es de un 3.5% del tiempo de ciclo del producto.
- Debido a que se acostumbra correr dos modelos diferentes en dos líneas de ensamble, se hace necesario acumular mayor cantidad de material para sostener la producción de ambos modelos.

El mapa de procesos del flujo de la información dio resultados similares a los encontrados en cuanto a que la proporción de tiempo de valor agregado es muy pequeña.

- La proporción de valor agregado encontrada fue de 2%.
- El tiempo de espera en el sistema de recepción y seguimiento a las órdenes de producción representa un 98% del total del tiempo que se encuentra dentro del sistema.

- c) Toma aproximadamente 9 días actualmente fluir desde que se recibe una orden hasta que comienza su fabricación.

En la siguientes páginas se pueden observar los resultados del mapeo de procesos de materiales (B0) y el de información (4 páginas muestran el mapa del flujo de material y 2 más muestran el correspondiente al flujo de información de órdenes).

3.4.4 Estrategia de manufactura actual

El factor más importante de la planta, el humano, hasta ahora no cuenta con un esquema formal de capacitación al momento de comenzar a laborar en la planta, por lo que cuenta únicamente con la ayuda que se otorgue de una manera no sistemática. Además, para el personal que labora en la empresa desde hace tiempo no existe un programa de capacitación continua ni tampoco un intento real de formar operadores multihabilidades. Al contrario, la fuerza trabajadora normalmente se encuentra en la misma operación durante meses o años y es muy bajo el nivel de conocimiento con que se cuenta en otras operaciones.

La organización está basada en un supervisor que maneja a todo el personal, auxiliado por líderes o personas clave que a su vez administran las tareas a ser realizadas en un centro de trabajo. Se corren dos turnos con todas las operaciones de suficiente capacidad para hacerlo y además se corre un turno nocturno para cubrir las tres áreas que no es posible mantener con sólo dos turnos, junto con algunas otras operaciones dependiendo de la disponibilidad de recursos.

Actualmente el arreglo del equipo a lo largo del proceso de producción se maneja a través de “islas” o “departamentos” en los cuales se procesa la materia prima y se coloca en contenedores o en pinos (medio de transporte explicado anteriormente – ver anexos- consistente de un poste que posee “ramas” en las cuales se cuelgan las piezas semi-procesadas). La planta se divide en dos zonas principales que simplemente llamaremos: Zona 1 y Zona 2. En la primera zona se conjuntan los componentes que conforman los subensambles de los que esta compuesto el producto y asimismo, se ensamblan juntos para conformarlo. En la segunda zona no se agrega, en la mayoría de los casos, material al producto, simplemente se calibra, se inspecciona y se empaqa.

En el caso de la primera parte de la planta, existen seis celdas aisladas y sin ninguna relación entre ellas que realizan seis subensambles que por simplicidad denominaremos componente A, B, C, D, E y F . Estos van a convergir en el área de ensamble. Las condiciones de operación de la planta dan como resultado una serie de debilidades presentadas enseguida:

VALUE STREAM MAPPING (B0 FAMILY)

10,500 Pieces / day

Takt 6.2 seconds (@ 80%)

Date : 10/15/2003

Oper.#	Rivet ctc 115	Omega 130	Contact 157	Coil tube 030	Solder 060	Rivet arm 290	Insulator 280	Shell 255	Slide 010	Cover 085	Assy 310	Fill 320	Antidrift 1 240-1	Assembly	TOTAL
VA=	3.2	6.3	5.6	6.0	4.3	5.4	3.0	4.5	4.5	2.5	11.4	6.5	5.2	68.4	10,904.0
OT=	3.2	3.2	5.6	6.0	4.3	2.7	3.0	4.5	4.5	2.5	3.3	3.2	4.0	50.0	10871.3
W=	3,600	3,600	28,800	900	28,800	7,200	14,400	7,200	1,800	14,400	7,200	3,600	7,200	128,700	334,200
T=	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10	31
PI=	3	4	3	3	3	3	3	2	3	2	18	6	2	55	86
CO=	7,200	30	600	600	30	30	30	120	30	600	900	300	0	10,470	12,570
WIP=	1,500	2,000	32,000	200	10,000	800	35,000	6,000	1,000	25,000	8,700	5,800	3,200	131,200	196,200
OIP=	0.14	0.19	3.05	0.02	0.95	0.08	3.33	0.57	0.10	2.38	0.83	0.55	0.30	12.50	18.69
TN=	2	3	12	1	25	25	12	8	12	8	3	12	12	135	188
2 Shifts	13,950	14,171	7,971	7,440	10,381	16,533	14,880	9,920	9,920	17,856	27,055	13,801	11,160		
3 Shifts	20,250	20,571	11,571	10,800	15,070	24,000	21,600	14,400	14,400	25,920	39,273	20,034	16,200		

VA=Value Added
 OT=Cycle time between each product output (only for prod.) (seconds)
 W=Waiting
 T=Transport inside own dep./process (own box)
 PI=People involved
 CO=Change over time at the process (only for production)
 WIP= Work in process
 OIP=WIP/daily production program
 TN=Transport to next Department/Process
 NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

Results for assembly area only

VA	68	0.05%
W	128,700	92.43%
CO	10,470	7.52%
Assy	139,238	

Results for the whole PLANT

VA	10,904	3.05%
W	334,200	93.44%
CO	12,570	3.51%
TOTAL	357,674	

Fig. 3.6 Mapa de procesos de flujo de material actual

VALUE STREAM MAPPING (B0 FAMILY)

10,500 Pieces / day

Takt 6.2 seconds (@ 80%)

Date : 10/15/2003

Oper.#	Oven 340	Antidrift 2 240-2	Adjusting 365	Coiling 380	<48 Hrs. Stock	Chamber 382	Packing 850			Adjusting Part 1
VA=	10800	4.0	18.4	3.8	0.0	3.9	5.5			10,836
OT=	10800	4.0	4.6	3.8	0	3.9	5			10821.3
W=	900	3,600	14,400	7,200	135,900	300	43,200			205,500
T=	3	1	3	4	0	2	8			21
PI=	0	3	12	2	0	2	12			31
CO=	0	0	1,500	0	0	300	300			2,100
WIP=	4,000	2,500	10,000	8,000	14,500	1,000	25,000			65,000
OIP=	0.38	0.24	0.95	0.76	1.38	0.10	2.38			6.19
TN=	15	7	6	5	10	5	5			53

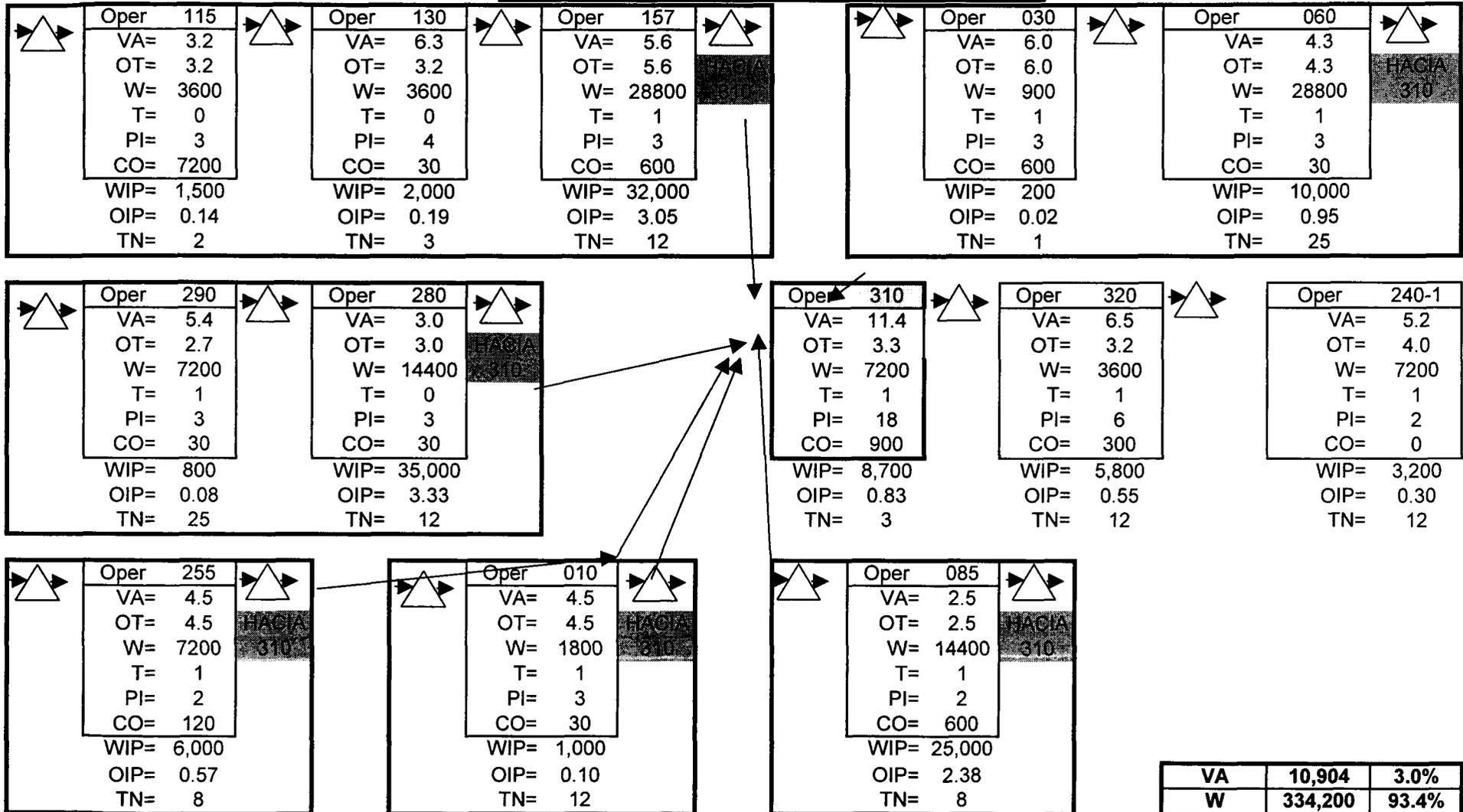
2 Shifts	13,750	11,160	9,704	11,747		11,446	8,928
3 Shifts	20,000	16,200	14,087	17,053		16,615	12,960

VA=Value Added
 OT=Cycle time between each product output (only for prod.) (seconds)
 W=Waiting
 T=Transport inside own dep./process (own box)
 PI=People involved
 CO=Change over time at the process (only for production)
 WIP= Work in process
 OIP=WIP/daily production program
 TN=Transport to next Department/Process
 NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

VA	10,836	5%
W	205,500	94%
CO	2,100	1%
Adjust	218,436	

Results for adjusting area only

VALUE STREAM MAPPING (B0 FAMILY)

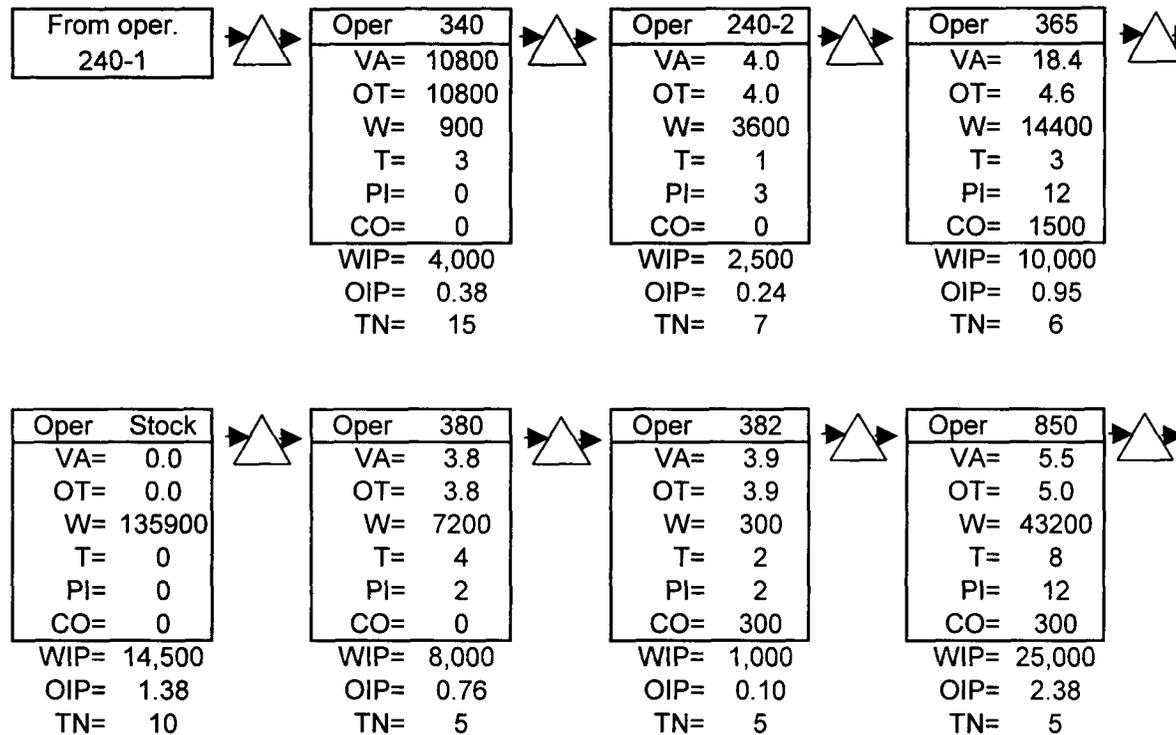


VA	10,904	3.0%
W	334,200	93.4%
CO	12,570	3.5%
TOTAL	357,674	0.0%

Results for the whole PLANT

VALUE STREAM MAPPING (B0 FAMILY)

Date : 10/15/2003



CURRENT VALUE STREAM MAPPING (INFORMATION)

10,500 Pieces / day

Takt 6.2 seconds (@ 80%)

Date : 10/20/2003

Oper.#	Order rec. A	Logistics B	Planning C	Confirm D	Schedule E	Supplier F	Materials G			Adjsting Part 1
VA=	120	4,200	960	600	2,340	420	7,200			15,840
OT=	120	4200.0	960.0	600.0	2340.0	420.0	7200.0			15840.0
W=	28,800	12,240	57,600	7,200	259,200	178,200	214,200			757,440
T=	0	0	0	0	0	0	60			60
PI=	1	1	1	1	4	1	4			13
CO=	0	0	0	0	0	0	0			0
WIP=	5	7	6	8	10	4	4			44
OIP=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
TN=	5	30	30	90	55	14,400	5			14,615

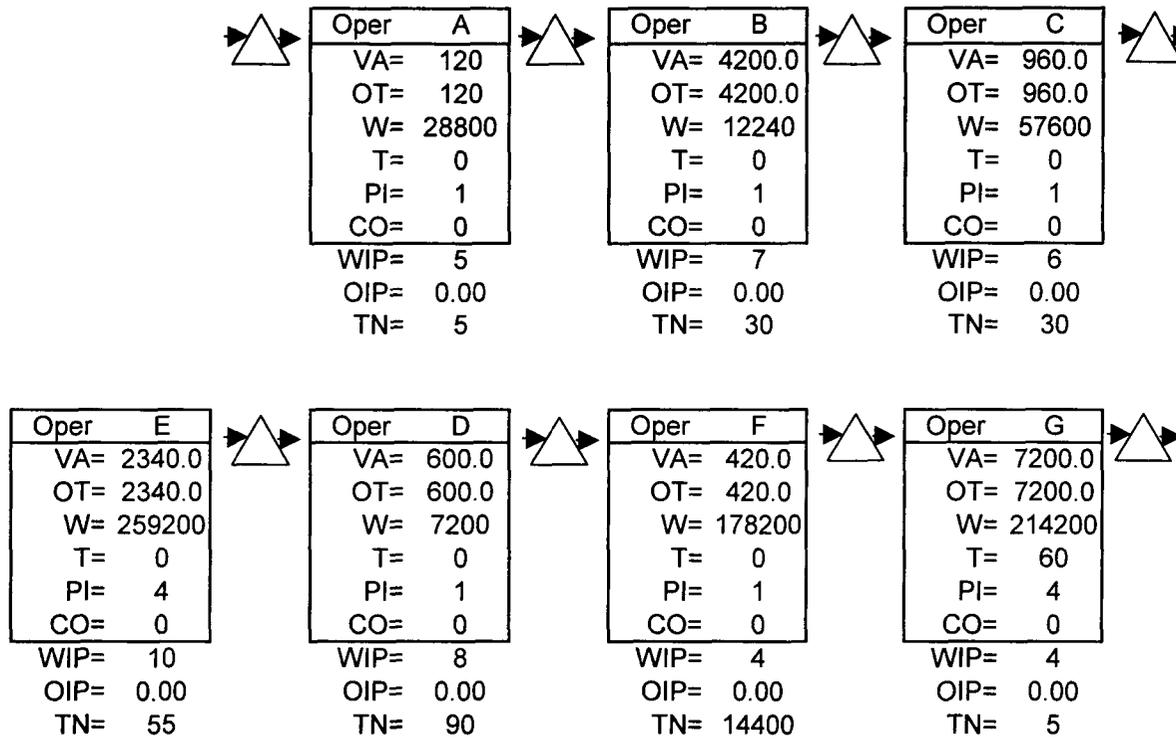
VA=Value Added
 OT=Cycle time between each product output (only for prod.) (seconds)
 W=Waiting
 T=Transport inside own dep./process (own box)
 PI=People involved
 CO=Change over time at the process (only for production)
 WIP= Work in process
 OIP=WIP/daily production program
 TN=Transport to next Department/Process
 NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

VA	15,840	2%
W	757,440	98%
CO	0	0%
TOTAL	773,280	

Fig. 3.7 Mapa de procesos de flujo de información actual

CURRENT VALUE STREAM MAPPING (INFORMATION)

Date : 10/20/2003



VA	15,840	2%
W	757,440	98%
CO	0	0%
TOTAL	773,280	

- 1) Alto nivel de inventario en proceso.
- 2) Alta posibilidad de errores de identificación.
- 3) Las variaciones en proceso y errores en especificaciones se detectan horas después de estar ocurriendo.
- 4) Se requiere esfuerzo corporal extra para movilizar los contenedores desde una operación a otra.
- 5) Se requiere hacer transportación y acarreos innecesarios.
- 6) Prevalece una baja productividad debido a que las operaciones no están balanceadas y no se cuenta con un sistema de asignación de mano de obra excedente (asignar tareas cuando se ha terminado la cuota diaria).
- 7) Los tiempos de entrega desde que es llevado al proceso hasta que es entregado al cliente son muy largos.
- 8) Por lo anterior, se cuenta con una flexibilidad muy baja. Al haber una urgencia de parte de algún cliente, el tiempo de respuesta es muy alto.
- 9) El control de la producción muestra una alta complejidad para mantener la programación de una manera estable.
- 10) No está implementado ningún sistema de programación que coordine las diferentes celdas para fabricar los componentes en la cantidad y el tiempo requeridos. Esto provoca que muy frecuentemente se cuente con inventario de cuatro o cinco componentes y debido a la falta de uno o dos subensambles no se puede ensamblar cierto código que en ocasiones puede ser urgente.

Para una mejor visualización se procede a explicar el actual sistema de producción a detalle, ayudados por un layout del piso productivo presentado en la siguiente página. Nota: El número de personas mostrado en el dibujo no es el número actual de personas trabajando en el piso de producción, pero sí representa la cantidad de estaciones de trabajo donde se puede acomodar al personal operador.

Dentro de la gama de productos se encuentran tres familias principalmente. Se les denominará como B0, B4 y B6. Aproximadamente, las proporciones respectivas de cada familia son: 70%, 3% y un 27% en la producción anual. La mayoría de las operaciones corren únicamente dos turnos pero un 20 a un 25% de ellas corren tres turnos para completar la producción necesaria de 10,500 piezas diarias.

No se muestran los procesos a mucho detalle por razones de confidencialidad. Si bien hubiera resultado en una explicación menos confusa y más fácil de seguir, se evitó realizar demasiadas explicaciones por las razones indicadas arriba.

Layout Actual

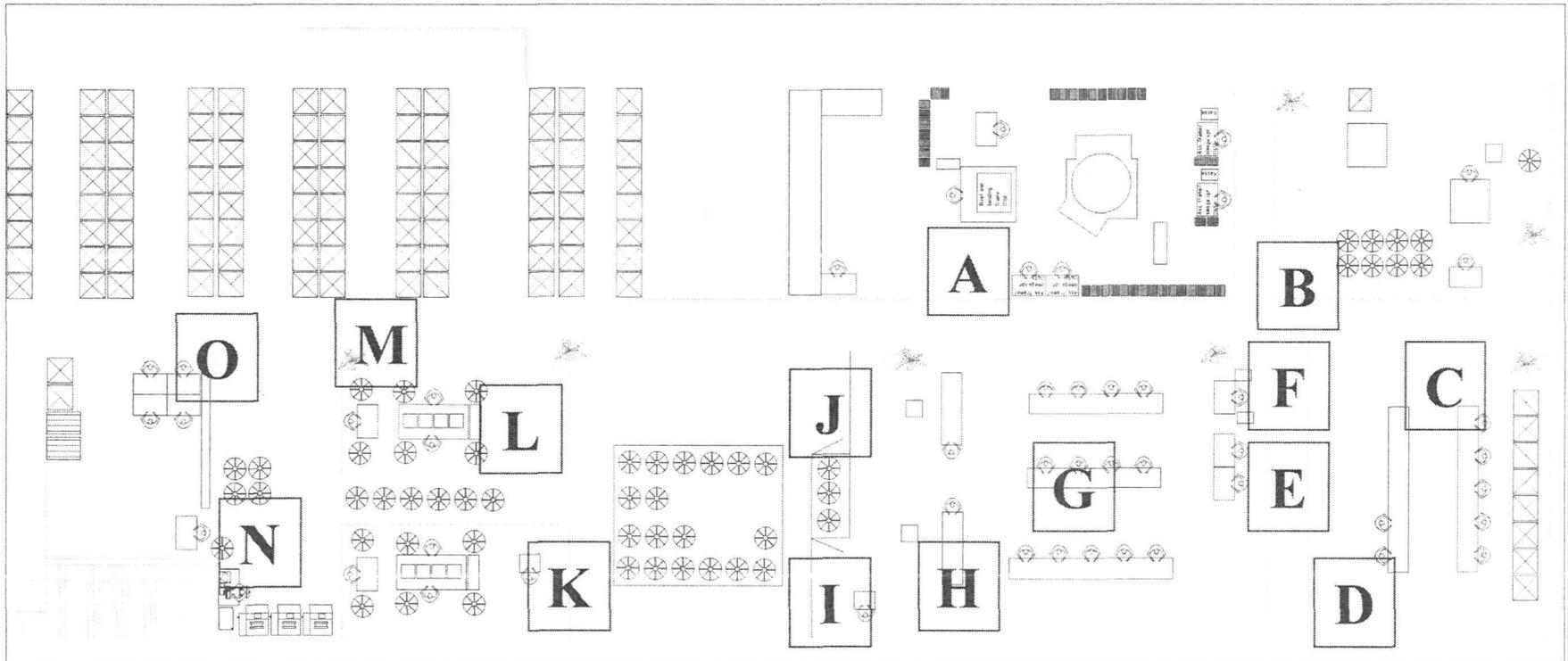


Fig. 3.8 Layout actual dividido en áreas

Centro de Trabajo A

Esta área es la que menor flexibilidad presenta en toda la planta. Consiste de una máquina que tiene un tiempo de operación bajo, pero cuyo tiempo de cambio de modelo es de 1.5 a 4 horas. Esta operación no está conectada físicamente con la siguiente, por lo que el material se acumula en contenedores pequeños y después se procesa. El siguiente proceso es manual y son necesarias dos personas realizándolo en paralelo. Aquí también ocurre una acumulación de inventario, pero esto es debido a que la siguiente operación, la cual es una operación automática, requiere al menos 200 piezas de inventario acomodadas en charolas para poder accionar. Para la familia de productos estudiada en el mapa de procesos no es necesaria alguna otra operación más, pero para otras familias se requiere una (B6) o dos (B4) operaciones adicionales. Para la familia B0 las operaciones son suficientes para realizar los subensambles requeridos, pero para la familia B6 se requiere una operación extra (con un tiempo por debajo del tiempo takt). Existen al menos 12 tipos diferentes de subensambles A en general.

Un conjunto de ellos (diferencial pequeño) sólo se puede usar en los productos tipo B0 y otro de ellos (diferencial estándar) se puede utilizar en algunos tipo B0 (excluyendo el diferencial pequeño), pero los productos de la familia B6 llevan forzosamente el diferencial estándar, pero agregando otra operación.

Centro de Trabajo B

Este centro de trabajo consiste de una máquina automática que es el cuello de botella de la planta. Esta máquina posee el tiempo de operación más largo de toda la planta pero a su vez posee la capacidad de cambios de modelo moderadamente rápidos. La segunda máquina tiene un tiempo de operación muy corto y además su tiempo de cambio de modelo es prácticamente menor a un minuto.

Centro de Trabajo C

Para la familia de productos B0, este centro de trabajo no presenta ninguna problemática en cuanto a tiempos de ciclo, ya que estos son más bajos que el tiempo de ensamble actual. Sin embargo para la familia B6, los tiempos de ciclo son diferentes y además se requiere una cantidad mayor de horas-hombre por pieza. En general, estas operaciones no están balanceadas, por lo que se sigue el mismo esquema batch and queue de toda la planta, aún dentro de los centros de trabajo. Existen solamente cuatro tipos de ensambles para la familia B0, otros cuatro diferentes tipos de subensambles para la familia B6 y finalmente sólo un tipo de componente C para el B4.

Centro de Trabajo D

Este subensamble es uno de los más simples y sólo existen dos tipos diferentes. El más común aplica para las familias B0 y B6, que representa el 97% de la producción. Esto significa que prácticamente su setup ocurre muy infrecuentemente y además es bastante rápido. Debido a su tiempo de ciclo, es necesario en ocasiones correr esta operación en el turno nocturno. Esta operación consiste de una sola máquina operada por una persona.

Centro de Trabajo E

Esta estación de trabajo está diseñada para trabajar con una capacidad en un 100% mayor que el cuello de botella. El tiempo de preparación es de aproximadamente 5 a 10 minutos, pero aún tiene el potencial de reducirse drásticamente, debido a que se mantienen tiempos de preparación intrínsecamente externos dentro de la categoría de tiempos internos. Un sólo operador realiza esta tarea manualmente. Hay un tiempo de cambio de modelo un poco más extenso para trabajar modelos de la familia B4 (3% de la producción total).

Centro de Trabajo F

El centro de trabajo F consiste también de una sólo máquina operada por una persona. Es una operación manual que solamente presenta tres tipos de ensamble diferentes y el setup para cambiar de un tipo a otro consiste únicamente en intercambiar un número de parte por otro sin hacer ajustes ni cambios de herramental. Correr para una u otra familia no hace diferencia alguna en el trabajo del equipo.

Centro de Trabajo G

Esta área, la de ensamble trabaja normalmente dos turnos. Consiste de dos líneas prácticamente idénticas en las que trabajan de 4 a 5 personas en cada una de ellas. El trabajo es básicamente manual, con dos máquinas neumáticas por línea y el resto consiste en ensamblar manualmente el producto. Esto es para la familia B0. Se asumieron 4 personas trabajando en ensamble para el análisis. En este centro de trabajo se corren dos líneas, si hay gente desocupada de otras operaciones se coloca una más para completar las 5.

Para la familia B6 se requiere una operación extra. El setup de esta máquina extra consiste de introducir valores a un PLC y consta de un minuto. El tiempo de la operación es menor que el takt de 6.2 segundos, pero debido a que ensamble corre a una mayor velocidad, se convierte en un cuello de botella. Un detalle importante de este centro de trabajo es que la posibilidad de error es muy grande y debido al esquema actual "batch and queue" los problemas se detectan horas (e incluso días en material de baja prioridad) después de que se ensambló el material. Muchísimas veces es el personal de la siguiente operación (centro de trabajo H) quien detecta los problemas.

Centro de Trabajo H

Consiste en dos máquinas de alta tecnología y es uno de los procesos más críticos de la planta, desde el punto de vista de calidad. La operación es manual y el tiempo de setup es de aproximadamente unos minutos. Es indistinto para esta operación correr cualquier modelo de la planta. Además, dentro de este centro de trabajo se consideraron dos operaciones sencillas. En total trabajan 3 personas dos turnos en esta área.

Centro de Trabajo I

Es una sola operación manual que no tiene un tiempo de setup solamente cuando se cambia de un producto de la familia B0/B6 a uno de la familia B4 o viceversa. Es la última operación antes del proceso de horneado.

Centro de Trabajo J

Esta operación es un horno en el cual se introducen los carros transportadores de un costado y se extraen del otro. No requiere un operador y su tiempo de ciclo es de 3 horas. No requiere tiempo de setup y es indistinto para cualquier familia de productos.

Centro de Trabajo K

Es exactamente el mismo equipo (incluso es intercambiable) del centro de trabajo I.

Centro de Trabajo L

Consiste en dos equipos de alta complejidad en la cual trabajan 4 personas durante 3 turnos debido al tiempo de operación. Su tiempo de setup depende de ciertos parámetros de cada producto y varía de 10 a 30 minutos. Es una operación crítica para la calidad del producto y otorga el parámetro más relevante del producto para el cliente.

Centro de Trabajo M

Esta es una operación que solamente es realizada por una persona normalmente (aunque se cuenta con dos equipos). Esta operación consiste de un equipo muy básico y corre dos turnos. Su tiempo de setup es despreciable.

Centro de Trabajo N

Una sola persona trabaja en este equipo. Esta es una inspección al 100%, por lo que no se considera una operación de valor agregado, pero se vuelve necesaria porque el actual sistema de producción no elimina estas fallas y además se cumple al mismo tiempo con verificaciones dictadas por la ley. Su tiempo de preparación es de unos cuantos minutos y también es indiferente qué familia de productos se inspeccione.

Centro de Trabajo O

Esta es la última operación dentro del proceso productivo, antes de ser embarcado al cliente. Dependiendo del tipo de producto puede requerir más o menos horas-hombre para su empaque final. En esta área se mantiene una inspección visual al 100% para buscar eliminar defectos que saltan a la vista.

Programación de la producción

Este es un renglón que posee una importancia vital en el quehacer diario de la planta. Existen varios factores que afectan el resultado del departamento de producción y que no siempre son considerados en la programación de la producción en el esquema de trabajo actual:

- 1) El requerimiento de mano de obra varía en un 12% entre las dos principales familias de productos (B0 y B6).

- 2) En algunos pocos modelos, existe una serie de procesos que son requeridos especialmente por algunos clientes que desafortunadamente, su tiempo de operación sobrepasa el tiempo takt del pronóstico de ventas. Este factor importante de requerimientos de mano de obra definitivamente no está contemplado hasta ahora en la programación de la producción.
- 3) No se calcula la capacidad de la planta en horas-hombre, horas-máquina, unidades equivalentes de trabajo o algún concepto similar. Esto causa que productos de diferentes familias y con requerimientos de mano de obra y horas máquina sean consideradas equivalentes, lo cual no da una perspectiva real del desempeño de la planta.
- 4) A pesar del tamaño pequeño de la planta, se vuelve necesario buscar literalmente en ocasiones los lotes para dar seguimiento a las fechas prometidas al cliente.

3.4.5 Estrategia de manejo de inventarios actual

Almacén centralizado controlado por SAP

A pesar de contar con un almacén pequeño y con una mediana cantidad de números de parte (300 aproximadamente), se mantiene un almacén central y no se utilizan técnicas simples y efectivas para su control. Solamente la persona encargada de surtir el material al piso de producción puede conocer si hay físicamente una cantidad grande o pequeña de material. Además, en el actual sistema se encuentra una falla de diseño: el sistema SAP solamente cuenta con espacio para colocar el material en almacén de producto terminado y material en proceso, pero inexplicablemente no cuenta con uno para colocar el inventario en proceso. Esto crea el problema de que el material no se da de baja en el sistema en el momento en que se lleva físicamente a la línea por lo que su estatus en el sistema es que todavía se encuentra en el almacén de materia prima. Actualmente se trabaja en la adecuación del sistema para evitar este tipo de confusiones. Por otro lado, se cuenta con un almacén centralizado de materia prima que mantiene un índice de rotación de aproximadamente 8 vueltas por año.

Inventario de material en proceso

Debido a la estrategia actual de manufactura, el tamaño del inventario de material en proceso es bastante alto, aún y cuando las operaciones son en su mayoría manuales y susceptibles de ser rebalanceadas y modificadas para ser sincronizadas. La cantidad de días de producción como inventario en proceso es comúnmente de 16 a 22 días (sin contabilizar el producto terminado) en número de piezas sumadas de cada área.

Inventario de producto terminado

La estrategia de producción utilizada es la de Hacer para la Orden (MTO= Make to Order, en inglés). Teóricamente no debería existir un inventario de producto terminado salvo para los clientes que lo requieran explícitamente en el contrato comercial. Sin embargo, en la práctica resulta complicado en ocasiones localizar un lote de material por la mismo sistema "batch and queue" que prevalece en la planta. A pesar de ser una planta pequeña, es fácil perder la noción de qué material se encuentra en proceso y

esto provoca que las órdenes estén incompletas en el punto final de empaque e incluso se envíen entregas parciales.

Logística global

Debido a que una gran mayoría de las materias primas que se consumen son fabricados en Europa, se requiere un sistema de logística algo complejo. Se tienen áreas de oportunidad debido a que las importaciones y exportaciones toman mucho tiempo en ser resueltas.

Proveedores

Debido a que la naturaleza de los productos es algo compleja y que la materia prima proviene de proveedores especializados que ya cuentan con una larga trayectoria en el surtimiento de estos materiales, estos se encuentran a una distancia muy grande de la planta. Para ser más exactos, se debe manejar una logística con el continente europeo. Además, una proporción muy alta de la materia prima se transacciona a través de contratos inter-compañías, lo cual significa que, al menos en un corto o mediano plazo, resulta difícil cambiar a proveedores que tengan una ubicación más cercana. Debido a estas razones, no ha habido una búsqueda de proveedores para ser formados para dar un servicio rápido en caso de fallas o situaciones imprevistas. Además de lo anterior, los proveedores en general (sobre todo otras plantas de la misma compañía) no cuentan con un desempeño excelente en entregas, lo cual provoca un grado mayor de incertidumbre que en muchas ocasiones da como resultado en paros por desabasto de algunos materiales de alto volumen o en un crecimiento inmoderado de los inventarios en el pequeño almacén.

Problemática actual

Estas son algunas de las consecuencias de la problemáticas arriba presentadas:

- 1) Necesidad de contar con inventarios muy altos para evitar escasez de materia prima.
- 2) Debido a que no hay una formación adecuada de los proveedores, los retrasos en las órdenes ocurren muy frecuentemente.
- 3) Hay necesidades de una logística más compleja y por lo tanto, se vuelve indispensable contar con departamentos más numerosos (import-export, logística, agencias aduanales, etc.)
- 4) Paros de producción por falta de materiales.
- 5) Un servicio de entregas de mediano desempeño.
- 6) Sobreproducción de códigos de mediano y bajo volumen, además susceptibles a la obsolescencia.
- 7) Los cambios requeridos por los clientes toman semanas en implementarse.

3.4.6 Estrategia de análisis de fallas de calidad actual

El sistema actual de calidad es uno tradicional en algunos aspectos aunque con un nivel mediano de facultación del personal. Sin embargo, tiene algunos aspectos en los cuales resultaría provechoso planear actividades de mejora. Aunque en sí los rechazos

externos en general se encuentran en un nivel que varios clientes consideran superior a la competencia o al menos de un desempeño similar, el aspecto de costos internos de calidad puede rendir una cierta cantidad de ahorros de mediano impacto.

Educación y entrenamiento del personal (Falta de cultura de calidad)

En general las fortalezas del recurso humano se deben a su lealtad a la empresa y al cuidado en el momento del reclutamiento a través de los años y al entusiasmo y dedicación para el trabajo. El punto en el cual se puede detectar un área de oportunidad es en la falta de una cultura de entrenamiento multifuncional o multihabilidades. En términos generales, la gente se ha mantenido a través del tiempo rotando en muy pocas operaciones. La flexibilidad actualmente se encuentra en aproximadamente unas cuantas operaciones por operador en promedio. Aunque existe una desviación estándar muy grande y existen casos excepcionales, es visible la oportunidad de mejora.

Círculos de calidad

No hay un programa oficial hasta ahora. Se realizan diversos intentos de proyectos pero pierden seguimiento por la falta de direccionamiento vertical. Hace algunos años se comenzaron algunos proyectos con ciertos resultados.

Instrucciones de trabajo y especificaciones

A pesar de poseer una plataforma tecnológica de información, no se cuenta hasta ahora con los recursos ni el enfoque para dárselos a entender al personal de producción. Se posee dentro del sistema de administración de calidad (que cumple con la norma ISO 9001:2000) instrucciones que abarcan una buena parte de las especificaciones pero aún resta una parte complementaria importante para darle poder de decisión a la gente que fabrica el producto.

Robustez del diseño

Este es un punto que sin lugar a dudas es bastante positivo en nuestro caso de estudio. Dado que la sociedad europea, en términos muy generales, posee un acervo técnico y tecnológico bastante avanzado, sumado a la experiencia con que cuenta el negocio manufacturando este producto (más de 50 años), se ha llegado a un diseño que cuenta con una confiabilidad bastante alta.

Infraestructura

En general la infraestructura o equipamiento para realizar las mediciones y evaluaciones que indica el sistema de calidad es suficiente. En caso de requerirse alguna prueba para la cual no se cuente con el equipo adecuado para ser realizada, es posible enviar muestras para análisis al corporativo en Europa. Normalmente esta sería una restricción importante en una PYME tradicional. En nuestro caso de estudio, la planta es pequeña pero cuenta con el apoyo de todo un grupo de personas expertas en la materia y más de 50 años, como ya se mencionó arriba, de experiencia en la fabricación del producto.

3.4.7 Nivel de madurez del sistema actual

Haciendo un resumen de los actuales sistemas de trabajo, es válido revisar algunos puntos que nos indican qué tanta cercanía existe para lograr niveles de desempeño de plantas modelo o de clase mundial. A continuación se presentan los renglones y el estatus actual:

Eliminación del desperdicio

- El inventario de producto en proceso es bastante alto en relación a las ventas.
- Los tiempos de cambio de modelo y/o ajuste son muy altos en relación a su potencial. Es decir, se tienen tiempos de preparación de hasta 5 veces más largos debido a que los tiempos externos no se toman como tales y retrasan la producción.
- Se estiman (de una manera un tanto inexacta) los tiempos muertos por fallas en equipos. Aproximadamente se posee un 12% de tiempo perdido por correcciones al funcionamiento del equipo.
- Los subensambles son transportados en grandes cantidades, por lo que la espera de un carro transportador promedio es de aproximadamente 1.5 horas, aun cuando se trate de operaciones de una sola estación de trabajo que pasa al ensamble principal o alguna otra operación.
- El material que no adquiere la calidad deseada en el primer intento es de aproximadamente de un 7% (Rolled Throughput Yield).

Mejora continua

- Existe un sistema semi-formal de sugerencias, pero no hay gran motivación de parte del personal para hacer uso de él.
- Existe un sistema formal para realizar actividades de mejora, pero es poco común que se involucre al personal del piso de producción.
- Se lleva un pizarrón de indicadores que se actualiza mes a mes, pero falta ser compartido con los operadores.

Cero defectos

- Los operadores de producción detectan defectos durante el turno pero, salvo fallas bastante obvias y de gran magnitud, no detienen el proceso.
- No se cuenta con mucho personal del área de calidad, pero su ocupación durante el turno es altísima y su presencia es requerida para muchas dudas y liberación del proceso.
- Aproximadamente un 4% del personal se ocupa en labores de reparación de productos.
- Las causas de las fallas son investigadas, cuando tiene oportunidad el auditor de calidad, y los operadores no colaboran normalmente en estas labores.
- Casi no existe la cultura de implementación de poka yokes en las líneas de producción.

Justo a tiempo

- Una orden de producción que tarda 3 horas en ser fabricada completamente, se mantiene dentro del proceso total de la planta durante un promedio de 4 días (si no requieren ningún proceso especial cuyo tiempo de operación es mayor que el takt). En algunos casos se ha sabido de material que puede permanecer más de una semana en el flujo.
- El servicio de entregas se mantiene en un nivel de desempeño menor del 75%.
- La secuenciación de los subensambles resulta en paros de línea de ensamble o en el mejor de los casos, en iniciar órdenes de muy baja prioridad con el único fin de mantener corriendo la línea.

Jalar vs. empujar

- La secuencia de componentes no se programa sistemáticamente, por lo que prevalece el sistema empujar.
- El inventario de producto terminado debería mantener un bajo nivel por la naturaleza de la producción "Make To Order", pero realmente mantiene varios días de inventario, en su mayoría de material que se hizo en exceso.
- Hay un solo almacén centralizado de materia prima. A pesar de ser un negocio pequeño, no existe ningún sistema de control visual o kanban.

Personal multihabilidades

- Existen actualmente dos equipos de mejora que sostienen juntas de una manera muy irregular.
- Las categorías se otorgan por antigüedad y no por resultados y habilidades.
- Hay muy bajo conocimiento de otras operaciones debido a que no se tiene un programa de rotación en diferentes operaciones.
- El entrenamiento se obtiene de manera informal en la operación y por medio de otros operadores entrenados de la misma manera.
- No existe un entrenamiento de inducción al personal recién llegado a la empresa.

Facultamiento

- No se comparte la responsabilidad en las funciones de trabajo en equipo dentro de la planta.
- Los operadores colaboran principalmente en tareas operativas pero no se involucran en otro tipo de funciones.
- Los conocimientos técnicos del producto y del proceso son superficiales en el personal operador.
- No se comparte la información del proceso en las áreas de trabajo con la gente de piso de producción.

Comunicación de especificaciones

- El personal de producción no tiene acceso a la plataforma tecnológica donde se guarda electrónicamente el conjunto de especificaciones de producto y proceso.
- El proceso de comunicación consiste en tomar las especificaciones del sistema SAP, traducirlas a un sistema de base de datos y ser doblemente revisada.

La organización de la planta estudiada consiste en la siguiente estructura:

Gerencia Planta	Supervisor (2)	Líderes	Operadores
	Asistente producción		
	Jefe de Mantenimiento		
	Jefe de Calidad-Procesos	Auditor (4)	
	Jefe Logística-Compras	Surtidor materiales (2)	
Gerencia Ventas	Servicio al cliente		
	Ing. Ventas		

Fig. 3.9 Organigrama de la planta

Como se puede ver las labores de jefatura de producción son llevadas a cabo por el mismo gerente de planta. Las tareas de finanzas, importaciones-exportaciones, recursos humanos y sistemas de información son provistas por otra división que se encuentra alojada en el mismo edificio.

La cantidad de personas que realizan las labores administrativas es reducida aunque la relación empleados directos vs. empleados indirectos es de aproximadamente 7 a 1. Esto puede convertirse en una restricción para la implementación de métodos nuevos de trabajo, ya que no se cuenta con la posibilidad de contratar un experto en implementación del pensamiento esbelto tan holgadamente como se haría en una planta donde varios cientos o miles de personas laboran cada día.

20 Claves (Kobayashi)

De la técnica de 20 claves creada por Iwao Kobayashi, se realizó un estudio para conocer el estado actual en la planta sobre varios factores que indican las áreas de oportunidad más claras. La escala se plantea de 1 a 5 y a mayor valor, mayor es la madurez de la clave.

ACTUAL

CLAVE	DESCRIPCIÓN	CALIFIC.
1	LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN	1.0
2	OBJETIVOS DE LA ADMINISTRACIÓN	2.5
3	EQUIPOS DE MEJORA	1.0
4	REDUCIR INVENTARIO	1.0
5	CAMBIOS RÁPIDOS DE MODELO	1.0
6	ANÁLISIS DE VALOR	2.0
7	CERO SEGUIMIENTO MÁQ. AUTOMÁTICAS	1.5
8	CONEXIÓN ENTRE PROCESOS	1.0
9	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	1.0
10	CONTROL DE TIEMPO Y COMPROMISO	1.0
11	SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	2.5
12	DESARROLLO DE PROVEEDORES	1.5
13	DESCUBRIR EL DESPERDICIO	1.0
14	FACULTACIÓN PARA LA MEJORA	1.0
15	FLEXIBILIDAD Y ENTRENAMIENTO CRUZADO	1.0
16	PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	1.5
17	CONTROL DE LA EFICIENCIA	1.0
18	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	3.0
19	CONSERVANDO ENERGÍA Y MATERIALES	1.5
20	TECNOLOGÍA	2.5
	CALIFICACIÓN FINAL	1.5

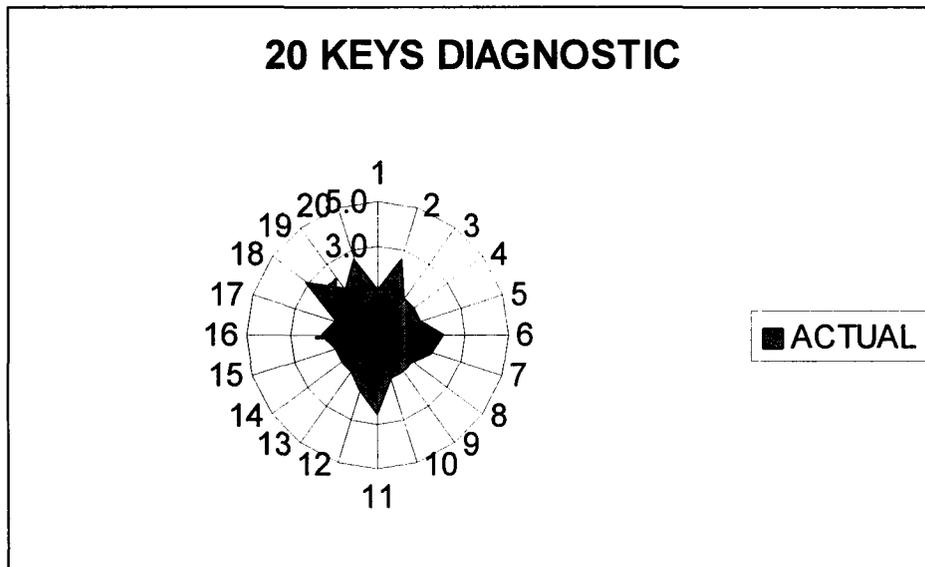


Fig. 3.10 Calificación actual en base a criterios de Kobayashi

3.4.8 Definir el mapa de procesos futuro

Llega ahora el tiempo de terminar el concienzudo análisis concerniente a los esquemas de trabajo actuales para realizar un plan en el que se determine cuáles son las

acciones que deberán tomarse en el corto, mediano y largo plazo para llevar a cabo la implementación de sistemas de trabajo de manufactura esbelta mediante la optimización de inventarios y la reducción de desperdicios. Preliminarmente, se puede adelantar que se debe buscar un flujo de material e información más ágil y efectivo y que facilite las labores diarias en la planta PYME que se eligió para el análisis.

3.5 ETAPA 5: ESTABLECER LA NUEVA ESTRATEGIA DE MANUFACTURA (PRODUCTIVIDAD)

3.5.1 Generalidades

En esta nueva etapa se requiere tomar en cuenta cada pequeño detalle y se va a realizar un plan de actividades únicamente para un ciclo de mejora, es decir, se van a plantear soluciones que darán un resultado que eventualmente pueda ser mejorado aún. Esto deberá ocurrir de una manera gradual, ya que no resulta factible buscar mejorar en todos los aspectos de operaciones de una planta productiva en un solo evento o serie de eventos. La mejora normalmente es de un tipo incremental o creciente.

3.5.2 Capacitar y concientizar

Como ya se explicó en secciones anteriores de este estudio, es indispensable que el personal de todas las áreas esté convencido de que los cambios que se van a realizar son el único camino posible. Pero eso no es suficiente. Resulta indispensable comenzar actividades enfocadas en la preparación y el correcto direccionamiento del recurso humano. Se debe concentrar la administración en asegurar que el personal conozca los conceptos más importantes revisados en el fundamento teórico (capítulo 2) de este estudio, así como la definición práctica de otros conceptos relacionados con la aplicación de la manufactura esbelta (sección 3.1) y su impacto en el sistema de manufactura de la organización.

Es importante diseñar/buscar cursos que expliquen de la mejor manera la mayoría de los conceptos al personal de todos los niveles. Para esta etapa tan importante es a veces indispensable contar con la asesoría de un experto en temas de capacitación a personal de todos los niveles. Más adelante se verán cuales son los temas en los que se trabajará específicamente.

3.5.3 Takt y análisis de tiempos de operación

Takt

Antes de comenzar a verificar cuantitativamente la duración de cada operación para una familia de productos es necesario determinar el tiempo de takt o el tiempo promedio durante el mes en que se venden los productos. Para simplificar el modelo, se tomaron en cuenta tanto las dos familias principales (B0 y B6 sumadas = 97% del total) para la cantidad de ventas por mes. Esta simplificación se hace a partir de que en el análisis de tiempo ninguna operación que se realiza en la segunda familia en realidad no supera el tiempo de takt. Si el tiempo de takt hubiera resultado menor a algunas operaciones solamente utilizadas para la segunda familia (B6), se hubiera debido de realizar un estudio de mapeo de procesos y de análisis de tiempos de operación en conjunto. La diferencia real entre un producto de la primera familia (B0) y

uno de la segunda (B6) son tres operaciones únicamente y ninguna de ellas es un cuello de botella.

Piezas requeridas por los clientes durante un mes (promedio) = 262,500 piezas

Días de producción promedio en el mes = 25 días

Producción diaria requerida = 262,500 pzas./ 25 días = 10,500 pzas/día

Actualmente la planta corre algunas operaciones dos o tres turnos, por lo que es necesario obtener valores de takt para ambas situaciones.

Tres turnos

Horas trabajadas (sin contar descansos) = 22.5 horas / día

Piezas por hora = (10,500 pzas./día) / (22.5 horas/día) = 467 piezas / hora

Takt (3 turnos) = (3600 seg/ hora) / (467 piezas/hora) = 7.71 segundos

Takt₃ = 6.17 segundos (al 80% de eficiencia)

Redondeando podemos decir que

Takt₃ = 6.2 segundos

Dos turnos

Siguiendo el mismo procedimiento, nos encontramos que el tiempo takt para dos turnos resulta ser:

Takt₂ = 4.3 segundos

Tolerancias usadas

La justificación del 80% es debido a que en la literatura e incluso en los manuales de trabajo de ingeniería industrial de empresas que se dedican principalmente al ensamble de partes, se toma un factor de un 90% de eficiencia por fallas en equipos, falta de materiales y otras causas. Además de este porcentaje, se emplea un 11% o un 12 % de tolerancia a la fatiga en el operador. Según algunos estudios, este 11% se maneja matemáticamente de la siguiente manera:

1 seg / (1+0.11) = 0.9 segundos

y combinando ambos factores:

1 seg/ (1+0.11) * 0.9 = 0.81

Redondeando, se utiliza el 80% para condiciones de operaciones de ensamble, de tiempo muerto por equipos y materiales moderadas y que no formen líneas demasiado extensas (más de 50 operaciones). Todas estas condiciones se cumplen en el caso práctico estudiado, por lo que se utilizará este nivel de tolerancias para determinar capacidades.

Análisis de tiempos de operación

Ahora es tiempo de hacer una revisión de las operaciones productivas y su tiempo de ejecución. Para la familia B0 se hizo un análisis que se presenta en la siguientes hojas. Esta representado en una tabla y dos pares de gráficas. La primeras dos gráficas muestran los tiempos de las operaciones en ambas zonas, mientras que las segundas muestran las capacidades.

Para una mejor comprensión del estudio, se explicarán a continuación algunos datos importantes a ser considerados:

- a) En la tabla de tiempos se separaron las operaciones que trabajan como centro de trabajo. Es importante hacer notar que solamente hay 4 operaciones que mantienen un flujo entre sí y son las operaciones 260 a 314.
- b) Solamente existen dos máquina automáticas y se cuenta con un operador dedicado en cada una de ellas para verificar que trabaja correctamente y para cargar y descargar material. Coincidentemente, ambas máquinas están una junto a la otra. El ocio de la persona que “atiende” esta máquina es muy alto.
- c) El tiempo de operación mostrado es el tiempo de ciclo real, considerando que requiere de uno a cuatro operadores para mantenerse. Para aclarar esto, es mejor mostrar un ejemplo: en los baños de ajuste normalmente se mantienen trabajando 4 personas por turno, por lo que el tiempo de 4.6 segundos es en realidad 18.3 segundos, pero al dividir entre el número de operadoras realizando la misma actividad obtenemos el primer valor, que es el mostrado en la tabla. Debido a ello se muestra una columna con el número de personas que labora en la operación.
- d) En la columna del lado izquierdo se muestra las operaciones que requieren un equipo especial y también se muestran si el equipo opera de manera automática.

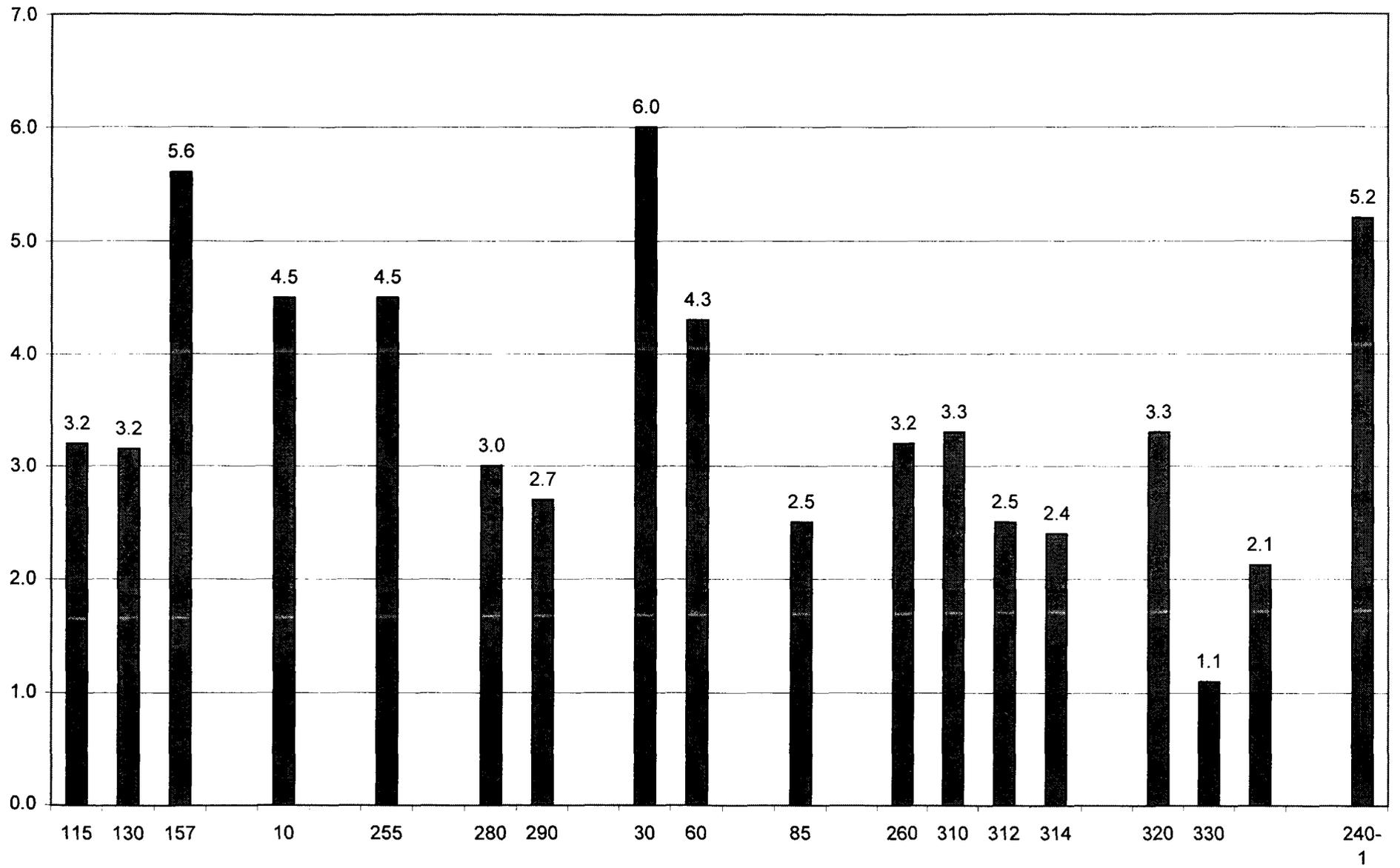
Process Times (B0 Family)

	Operation	Operation name	# Oper.	Cycle time (sec)	Capacity (unit/hr)	2 Shifts	3 Shifts
x	115	Rivet bending frame	1	3.2	900	13,950	20,250
	130	Assemble omega support & spring	2	3.2	914	14,171	20,571
xx	157	Assemble contact system	1	5.6	514	7,971	11,571
x	10	Assemble slide	1	4.5	640	9,920	14,400
x	255	Rivet connector & shell	1	4.5	640	9,920	14,400
x	280	Assemble insulator piece	1	3.0	960	14,880	21,600
x	290	Rivet main spring	2	2.7	1,067	16,533	24,000
xx	30	Coil and bead cap. Tube	1	6.0	480	7,440	10,800
x	60	Solder below	1	4.3	670	10,381	15,070
x	85	Stamp cover plate	1	2.5	1,152	17,856	25,920
x	260	Rivet spindle & cam on shell	1	3.2	900	13,950	20,250
	310	Assemble arm, slide and grease	1	3.3	873	13,527	19,636
	312	Assemble contact and cover	1	2.5	1,152	17,856	25,920
x	314	Assemble tube	1	2.4	1,200	18,600	27,000
x	320	Filling	2	3.3	873	13,527	19,636
x	330	Deburr	1	1.1	2,618	40,582	58,909
x		Tin	1	2.1	1,355	21,007	30,494
x	240-1	Antidrft 1	1	5.2	554	8,585	12,462
x	340	Oven 3 hours	0	10,800.0	800	12,400	18,000
x	240-2	Antidrft 2	1	4.0	720	11,160	16,200
x	365	Adjustment B0	4	4.6	631	9,784	14,203
x	380	Coil cap. Tube for packing	1	3.8	758	11,747	17,053
x	382	Pressure chamber	1	3.9	743	11,520	16,723
	385	100% inspection	2	2.5	1,152	17,856	25,920
	850	Packing	2	3.0	960	14,880	21,600

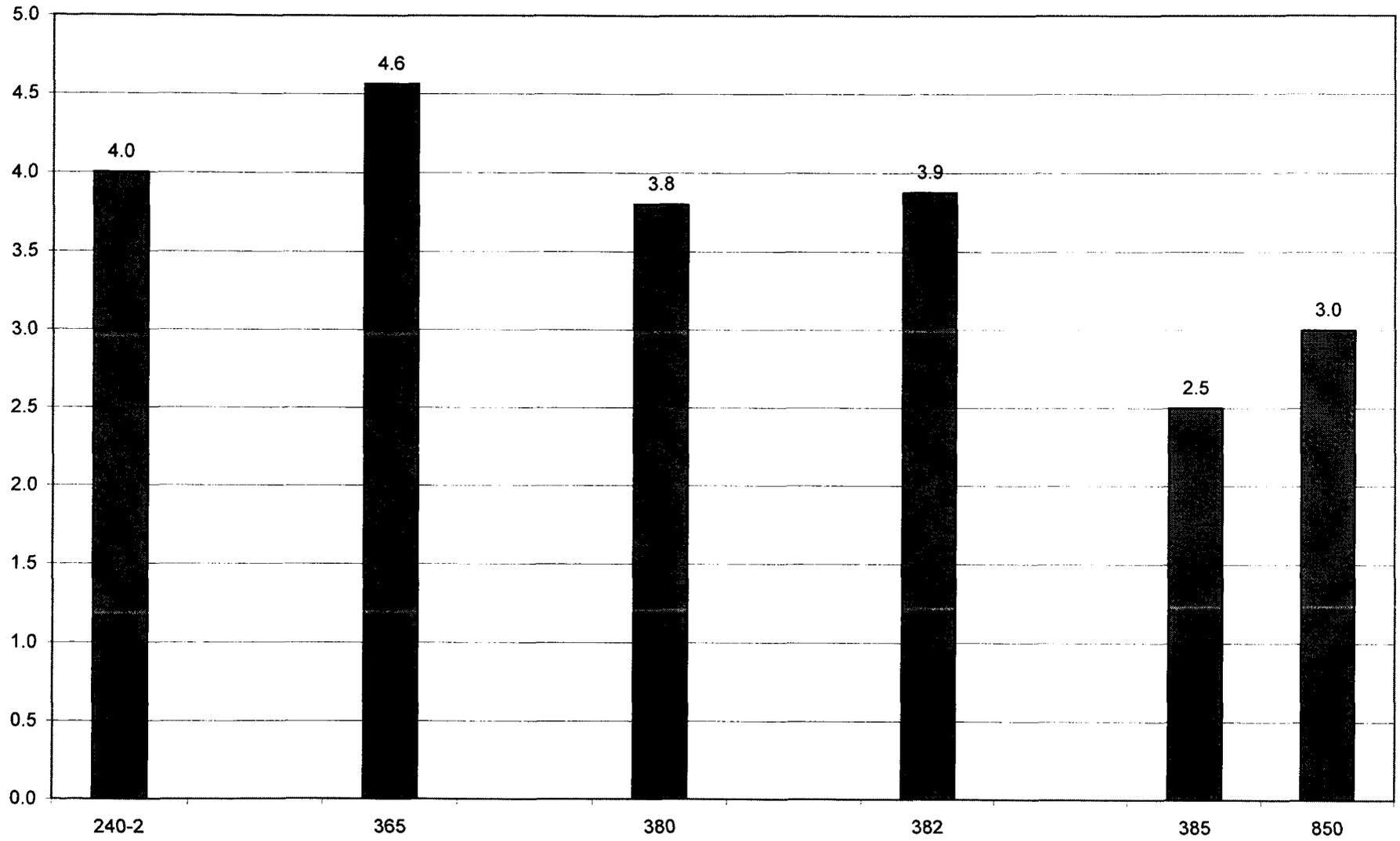
x: A machine or special equipment should be used to make the operations. Otherwise it is manually.
 xx: Automatic machines.

Fig. 3.11 Tabla de tiempos actuales para la familia B0

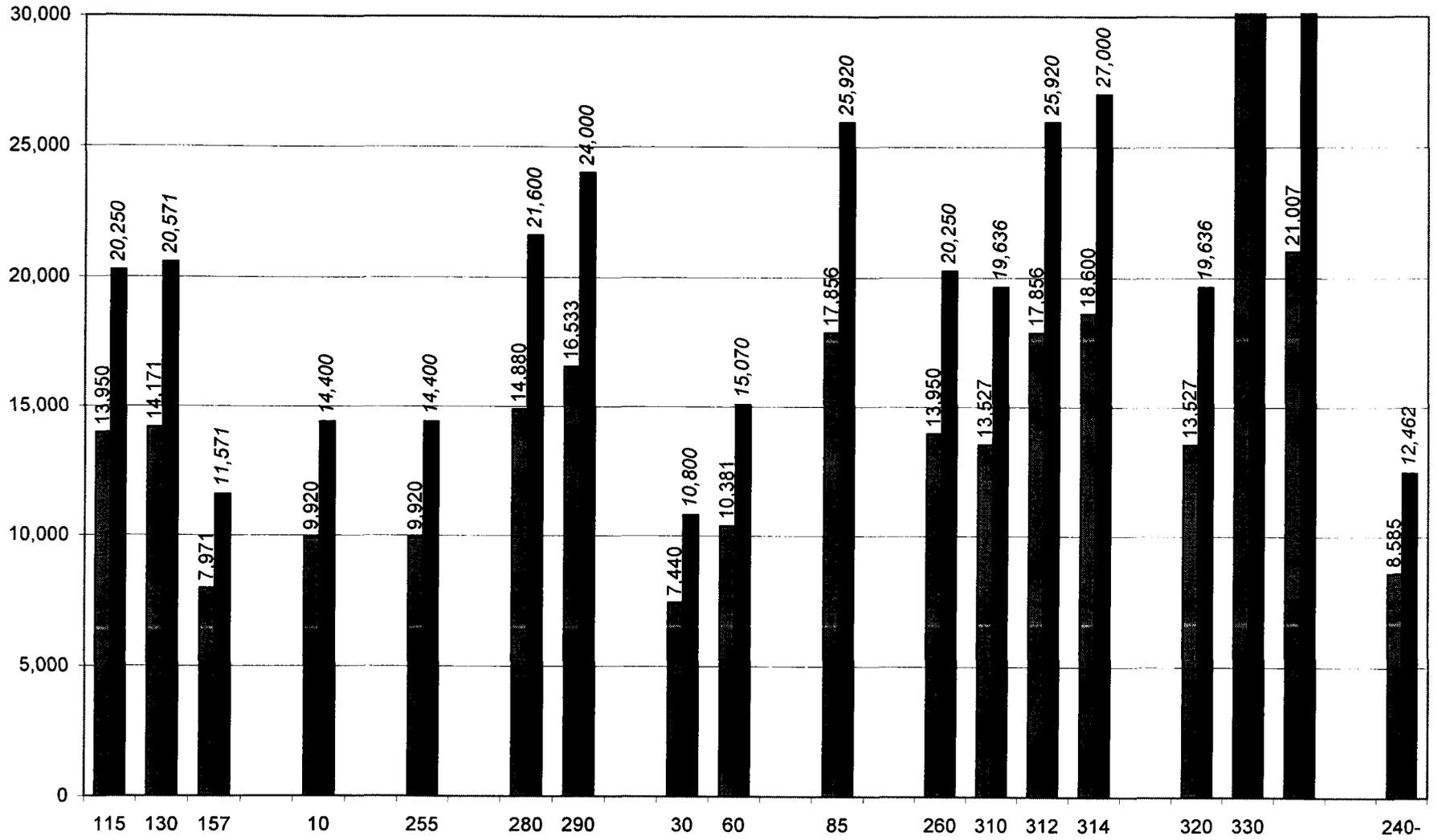
Tiempos Zona Ensamble



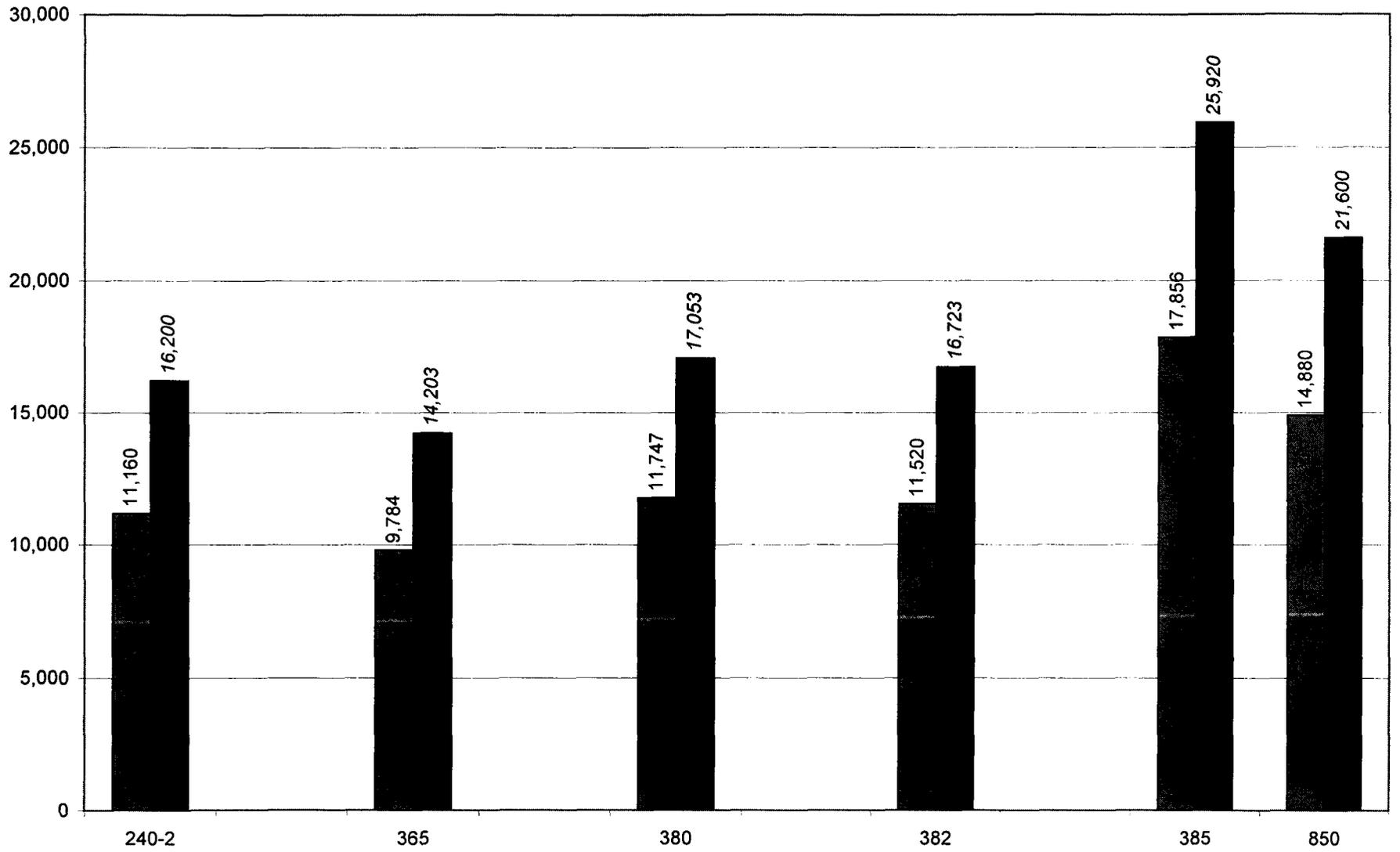
Tiempos Zona Ajuste y Empaque



Capacidades a 2 y 3 turnos - Zona Ensamble -



Capacidades a 2 y 3 turnos - Zona de Ajuste y Empaque -



3.5.4 Revisión de restricciones y estándares de producción

Factor de nivelación

Antes de comenzar a discriminar operaciones que poseen más o menos capacidad que la deseada para alcanzar resultados, es necesario hacer un comentario sobre el balanceo de las operaciones en situaciones reales. Si bien los números mostrados en el estudio de tiempos aparentan ser fijos y que nos indican claramente cuál es la capacidad encontrada, en realidad hay que agregar un factor de nivelación que no se mostró en el mapa de procesos por tratar de “tomar una fotografía” de lo que sucedía durante el muestreo.

El método normal para determinar este factor de nivelación es en base a datos como la experiencia en la operación con que cuenta la persona específicamente estudiada, la habilidad manual, la producción por turno histórica en condiciones normales (sin tomar en cuenta las fallas), etc. Se muestra un ejemplo del factor de nivelación enseguida para mayor claridad:

Tiempo de operación 240-1 = 5.2 segundos * 0.9 factor de nivelación = 4.68 segundos

En el ejemplo de arriba se consideró un factor de 0.9 (ó 90%) para el operador. Es decir, no trabaja a un ritmo que se podría considerar promedio sino notablemente más lento. Evidentemente, ésta es una calificación subjetiva y nos brinda ayuda en casos en donde se puedan presentar dudas o problemas en el balanceo.

La conclusión de lo anterior, y esto lo sabe mejor que nadie la gente que ha tenido experiencia como supervisor de línea de ensamble y que involucra mano de obra extensiva, es que el ajuste fino en el balanceo final de las operaciones de trabajo en una planta productiva consiste en el acomodo del personal de una manera estratégica de modo que las operaciones que poseen más dificultad y/o toman más tiempo en ser realizadas, son ocupadas por el personal con mayor habilidad manual y aquellas personas que muestran menos velocidad ocupan las operaciones más fáciles y/o que requieren menos tiempo para ser completadas.

Restricciones

Tomando el estudio de tiempos y capacidades anteriores es necesario fijar nuestra atención en las operaciones que se puedan considerar restricciones o cuellos de botella. Para definir si una estación de trabajo es un cuello de botella es necesario conocer sus tiempos de preparación para cambio de modelo, paros programados por mantenimiento preventivo, diseño de estación de trabajo, tamaño o volumen del material a ser manejado, etc.

Entre las principales restricciones se encontraron las siguientes en nuestro caso práctico (es necesario recordar que la capacidad encontrada es a un 80% de eficiencia):

xx	30	Coil and bead cap. Tube	1	6.0	480	7,440	10,800
xx	157	Assemble contact system	1	5.6	514	7,971	11,571
x	240-1	Antidrift 1	1	5.2	554	8,585	12,462
x	365	Adjustment B0	4	4.6	631	9,784	14,203
x	255	Rivet connector & shell	1	4.5	640	9,920	14,400
x	10	Assemble slide	1	4.5	640	9,920	14,400
x	115	Rivet bending frame	1	3.2	900	13,950	20,250

Fig. 3.16 Tabla de restricciones

Operación 30

Es el cuello de botella natural de la planta. Es absolutamente indispensable mantener corriendo esta operación durante tres turnos. Se asigna un operador para asegurar que la máquina automática funcione correctamente.

Acciones para asegurar cumplir los objetivos de producción:

- Correr los siete días de la semana. Esto no es muy positivo desde el punto de vista que se crea demasiado inventario el séptimo día en que las otras operaciones no trabajan.
- Otra opción es modificar el programa del PLC y eliminar tiempos de espera innecesarios. Esta es una manera de practicar la eliminación de desperdicios de una manera localizada. Esto ya ha sido realizado con éxito anteriormente gracias a la cooperación con otras plantas que fabrican el mismo producto en otras partes del mundo.

Operación 157

Coincidentemente, las dos operaciones más lentas de la planta son también las únicas dos máquinas automáticas. Asimismo, tiene asignado un operador que solamente verifica el funcionamiento de la máquina. En el layout de la página 54 se puede verificar que ambas máquinas, sin estar planeado a propósito, se encuentran una junto a la otra. Esta máquina recibe material de una operación manual y a su vez esta operación manual recibe alimentación de la máquina con el tiempo de cambio de herramental y ajuste más largo de la planta (máquina 115).

Acciones para asegurar cumplir los objetivos de producción:

- Igualmente se pueden reducir los tiempos de espera en la programación lógica del equipo.
- Se puede contemplar correr durante el séptimo día, pero se presenta el mismo problema que la estación descrita anteriormente.
- Debido a que su secuencia está muy cercana a la operación 115, en muchos casos no cuenta con abasto suficiente por cambios de programación urgentes. Se debe cuidar que la programación no sufra cambios muy drásticos. Esto no siempre es posible debido a clientes que buscan expeditar sus órdenes.

Operación 240-1

Esta operación es de ciclo relativamente largo debido a que la estación de trabajo no es muy adecuada y el tomar y dejar material provoca mucho desperdicio de tiempo y esfuerzo humano.

Acciones para asegurar cumplir los objetivos de producción:

- Rediseñar la estación de trabajo. Por lo pronto esto requiere un cambio radical en el manejo de los alcances para traer y dejar material.
- Otra opción es colocar una persona de alta habilidad en esta operación.

Operación 365

El riesgo que corre esta operación es el de requerir demasiados cambios de modelo en un corto tiempo. Esta operación corre tres turnos con 4 personas en cada uno. En caso de no tener suficiente abasto de material para ser procesado, se puede cambiar a una o dos personas a otras operaciones (balancear capacidad extra).

Acciones para asegurar cumplir los objetivos de producción:

- Se puede proponer un método de cambios rápidos, pero se contemplaría invertir una cantidad mediana o alta de presupuesto para ello.
- Es posible reducir el tiempo de operación por medio de la remoción de tiempo externo (accionar el producto) hacia una operación antes e incluso se puede colocar una máquina sencilla realizando esta operación en conjunto con la operación anterior. En otras palabras, parte de la carga de trabajo se pasaría a otra operación para eficientizarla.

Operación 255 y operación 10

Estas operaciones, al igual que otras similares, dependen del diseño de la estación de trabajo. El tiempo requerido para transportar material es muy alto. Ambas operaciones son relativamente similares.

Acciones para asegurar cumplir los objetivos de producción:

- Rediseñar la estación de trabajo para reducir los alcances para tomar y dejar material. No es necesario realizar un cambio radical en este caso.
- Asignar operadores con mayor habilidad que la promedio.

Operación 115

Cuenta con un tiempo de ciclo holgado y en otras condiciones no requeriría correr tres turnos. La característica por la cual esta máquina es considerada dentro de los cuellos de botella, es porque su tiempo de cambio de herramental y ajuste es bastante alto. Debido a diversas circunstancias, el tiempo de preparación puede ir desde 1.5 hasta 4 horas.

Acciones para asegurar cumplir los objetivos de producción:

- En esta máquina se vuelve necesario invertir aproximadamente 15 minutos (o menos) en el cambio de herramientas, pero el ajuste de la máquina para que el producto cumpla con especificaciones es de aproximadamente 1.5 a 3.5 horas. Solamente se requiere este setup tan largo cuando se cambia de un tipo de producto a otro, pero no es necesariamente debido a un cambio en la familia de producto.
- Otra opción es buscar mantener un kanban suficiente (reduciendo la flexibilidad de la planta) de subensambles para no desabastecer la operación 157.

3.5.5 Diseñar layout nuevo

Teoría general sobre la manufactura sincronizada

El siguiente paso es uno de los más cruciales en cualquier intento de transformación hacia la manufactura esbelta. El acomodo físico de un lugar de trabajo es en sí un factor que puede significar mantener el flujo de material e información ágil y eficiente o en su defecto, puede significar obstaculizar las operaciones diariamente.

Eliyahu Goldratt, autor de libros como La Meta (8), y La Carrera (9), desarrolló en los años 80 una herramienta para resolución de problemas que puede ser aplicado a muchas áreas de negocios. Este método fue llamado Teoría de Restricciones (TOC, Theory of Constraints) y se puede resumir de la siguiente manera, en cinco pasos que se repiten continuamente:

1. Identificar las restricciones del sistema. No es posible realizar mejoras a menos que se encuentren los puntos más débiles.
2. Es necesario decidir como explotar las restricciones del sistema. Hay que provocar que las restricciones sean tan efectivas como sea posible.
3. Subordinar cualquier decisión a cumplir el punto anterior. Alinear las otras partes del sistema para dar soporte a las restricciones aún y cuando se vea reducida la eficiencia de los recursos que no son cuellos de botella.
4. Elevar el desempeño de las restricciones. Si la salida es todavía inadecuada, adquiera más de estos recursos, de tal manera que ya no se identifique como restricción.
5. Si en alguno de los pasos anteriores las restricciones han sido resueltas, ir al primer paso, pero sin permitir que la inercia se vuelva la restricción del sistema. Después de que esta restricción es resuelta, es necesario regresar al inicio y continuar el ciclo. Este es un proceso continuo de mejora: identificar restricciones, resolverlas y entonces identificar las nuevas restricciones.

Según las teorías de Goldratt, la historia muestra que los ingenieros industriales han tratado siempre de balancear la capacidad a lo largo de la secuencia de procesos en un intento de empatar la demanda del mercado. Sin embargo, estas ideas son equivocadas. Según Goldratt, la **capacidad desbalanceada** es mejor. El reto consiste en aprovechar las diferencias ventajosamente. En el caso de que las estaciones de una línea de ensamble están prácticamente balanceadas (todas las operaciones son un cuello de botella), crearía que cualquier variación estadística detuviera la línea constantemente. Esto significa que el pequeño inventario (buffer) funciona como amortiguador para estas variaciones que no podemos desaparecer pero sí aprovechar de la mejor manera posible.

De acuerdo a consejos del autor de La Meta, se debe de dar dos tratamientos al cuello de botella: 1) Mantener un buffer antes de éste para asegurar que trabaja el 100% del tiempo y 2) comunicar hacia los procesos anteriores cuantas piezas se requiere hacer, esto con el fin de minimizar inventarios.

Manufactura sincronizada aplicada al caso

En este caso práctico se realizaron una serie de estudios que han permitido llegar a un nuevo diseño del acomodo físico de los recursos tangibles en la organización. En la siguiente página se muestra un diagrama de spaghetti futuro, que es una modificación radical del actual, buscando la reducción del desperdicio y enfocado en agregar valor para el cliente en todo momento. Si se compara cualitativamente contra el diagrama mostrado en la sección 3.4.2 (pág. 44), se puede observar que el flujo de material se ha simplificado y ahora se visualiza un camino por donde el producto va siendo ensamblado y no requiere de transportación ni acumulamientos excesivos.

Asimismo, acompañando al diagrama de spaghetti futuro se muestran los mapas de proceso futuros del flujo de material y de información de órdenes (en total son las 9 páginas siguientes).

En la nueva estrategia se ha considerado realizar un rebalanceo y reubicación de varias operaciones con el fin de obtener un modelo de **manufactura sincronizada**. Para esto, se decidió hacer un análisis tanto de los tiempos de operación, como de las capacidades mostradas en páginas anteriores.

Rebalanceo de la zona de ensamble

Antes de comenzar con la explicación de la manera en que se diseñaron los cambios, se requiere hacer un comentario sobre la redacción: debido a que se tiene una notación un tanto arbitraria para nombrar los procesos (en general para no mostrar demasiado sobre el proceso, por razones de confidencialidad) a veces se nombran de la misma manera (con el mismo número) operaciones que no son idénticas, pero que esencialmente son parecidas entre una familia y otra.

Esta zona es un tanto compleja en cuanto a requerimientos de mano de obra requeridas para las tres diferentes familias de productos. Gráficamente se pueden revisar las operaciones en su nuevo layout. Se tomaron las siguientes decisiones en base una justificación en la tabla de tiempos y capacidades:

- Los tres centros de trabajo (A, B y C) principales en realidad no se afectaron notablemente. Solamente el centro de trabajo que indica main arm (centro C en layout actual) puede ser acercado al área de ensamble principal. Esta operación puede trabajar creando buffers para la producción de la segunda familia y de esta manera balancear la diferencia de horas-hombre requeridas.
- La operación 255 (identificada como Shell) se mantiene igual (**4.5 segundos**), salvo por su ubicación. En esta operación es posible colocar a personal en entrenamiento, ya que no es crítica tampoco para la calidad del producto.

Situación Futura

Diagrama Spaghetti

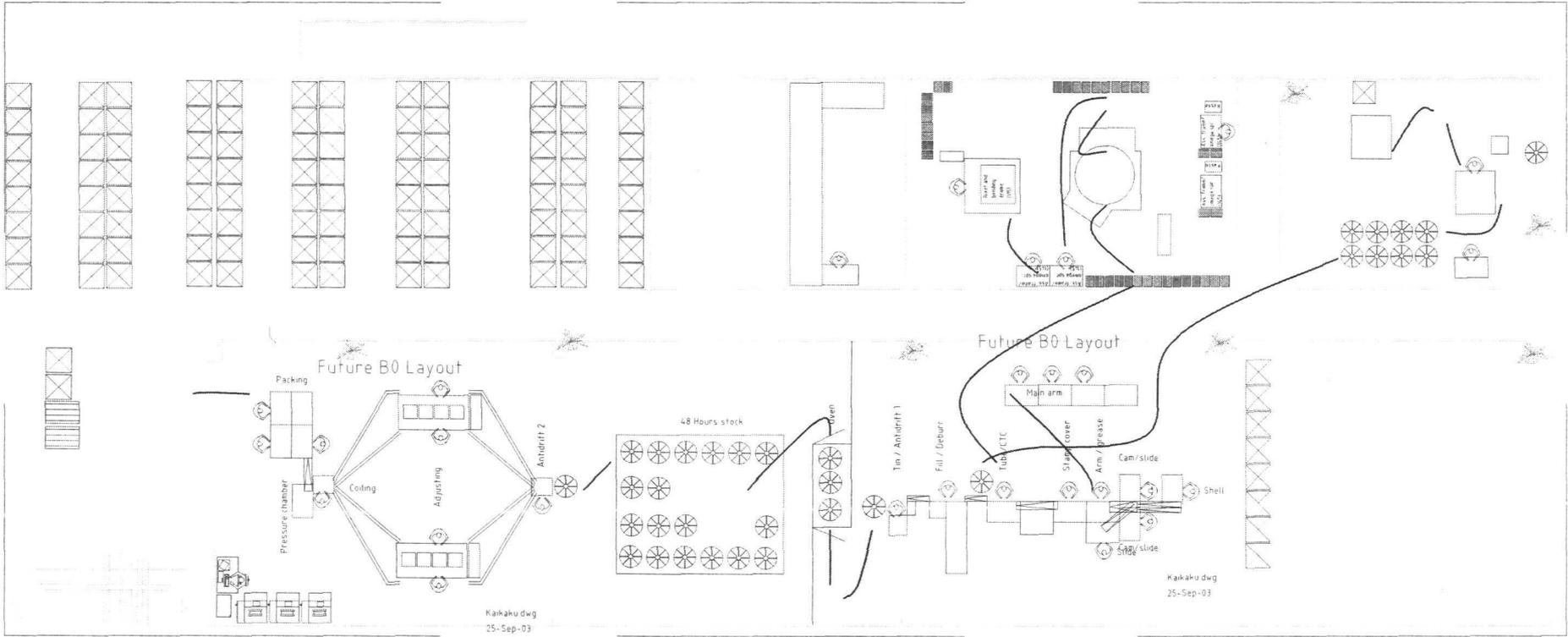


Fig. 3.17 Diagrama de spaghetti futuro

FUTURE VALUE STREAM MAPPING (B0)

10,500 Pieces / day

Takt 6.2 seconds (@ 80%)

Date : 10/15/2003

Oper.#	Rivet ctc 115	Omega 130	Contact 157	Coil tube 030	Solder 060	Rivet arm 290	Insulator 280	Assy XXX						Assembly	TOTAL
VA=	3.2	6.3	5.6	6.0	4.3	5.4	3.0	34.6						68.4	10,904
OT=	3.2	3.2	5.6	6.0	4.3	2.7	3.0	3.5						31.5	10842.3
W=	900	900	14,400	900	28,800	7,200	14,400	7,200						74,700	122,400
T=	0	0	1	1	1	1	0	5						9	30
PI=	3	4	3	1.5	1.5	3	3	30						49	79
CO=	1,800	30	300	300	30	30	30	300						2,820	4,470
WIP=	1,500	2,000	32,000	200	10,000	800	35,000	6,000						87,500	136,000
OIP=	0.14	0.19	3.05	0.02	0.95	0.08	3.33	0.57						8.33	12.95
TN=	2	3	12	1	25	25	12	8						88	130
2 Shifts	13,950	13,950	7,971	7,440	10,381	16,533	14,880	12,754							
3 Shifts	20,250	20,250	11,571	10,800	15,070	24,000	21,600	18,514							

VA=Value Added
 OT=Cycle time between each product output (only for prod.) (seconds)
 W=Waiting
 T=Transport inside own dep./process (own box)
 PI=People involved
 CO=Change over time at the process (only for production)
 WIP= Work in process
 OIP=WIP/daily production program
 TN=Transport to next Department/Process
 NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

Results for assembly area only

VA	68	0.09%
W	74,700	96.28%
CO	2,820	3.63%
Assy	77,588	

Results for the whole PLANT

VA	10,904	7.91%
W	122,400	88.84%
CO	4,470	3.24%
TOTAL	137,774	

Fig. 3.18 Mapa de procesos de flujo de materiales futuro

FUTURE VALUE STREAM MAPPING (B0)

10,500 Pieces / day

Takt 6.2 seconds (@ 80%)

Date : 10/15/2003

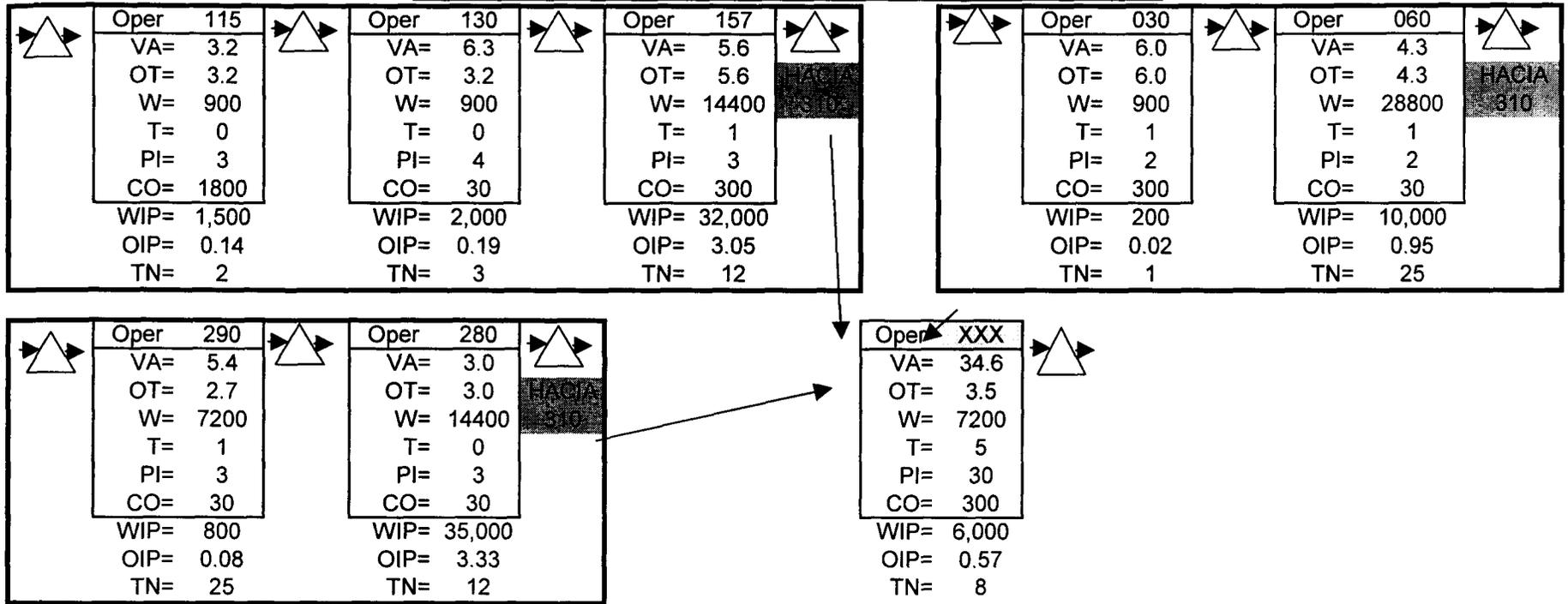
Oper.#	Oven 340	Adjusting YYY					Packing 850			Adjusting Part 1
VA=	10800	30.1					5.5			10,836
OT=	10800	5.8					5			10810.8
W=	900	3,600					43,200			47,700
T=	3	3					15			21
PI=	0	18					12			30
CO=	0	1500					150			1,650
WIP=	21,000	2,500					25,000			48,500
OIP=	2.00	0.24					2.38			4.62
TN=	15	22					5			42

2 Shifts	13,750	7,697					8,928			
3 Shifts	20,000	11,172					12,960			

VA=Value Added
 OT=Cycle time between each product output (only for prod.) (seconds)
 W=Waiting
 T=Transport inside own dep./process (own box)
 PI=People involved
 CO=Change over time at the process (only for production)
 WIP= Work in process
 OIP=WIP/daily production program
 TN=Transport to next Department/Process
 NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

Adjust	60,186	
VA	10,836	18%
W	47,700	79%
CO	1,650	3%

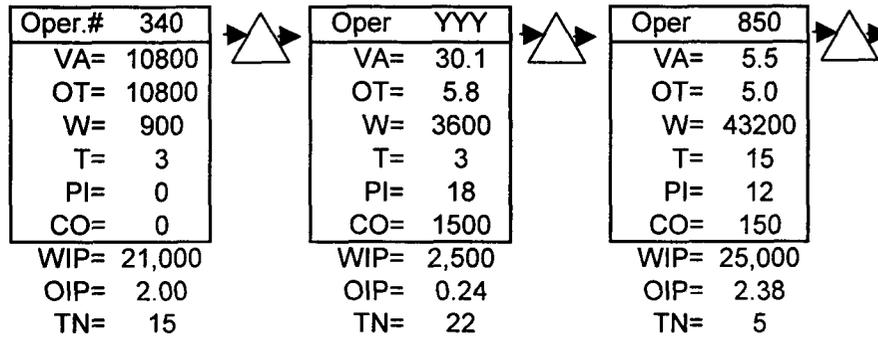
FUTURE VALUE STREAM MAPPING (B0 FAMILY)



VA	10,904	7.91%
W	122,400	88.84%
CO	4,470	3.24%
Results for the whole PLANT TOTAL	137,774	

FUTURE VALUE STREAM MAPPING (B0)

Date : 10/15/2003



**COMPARISON BETWEEN CURRENT AND FUTURE MAPPING VALUES
FOR B0 PRODUCT FAMILY**

CURRENT

VA	10,904	3.0%
W	334,200	93.4%
CO	12,570	3.5%
TOTAL	357,674	

FUTURE

VA	10,904	7.9%
W	122,400	88.8%
CO	4,470	3.2%
Total	137,774	

	Current B0	Future B0	Difference	% Diff.
VA=	10,904	10,904	0	0%
W=	334,200	122,400	-211,800	-63%
T=	31	30	-1	-3%
PI=	86	79	-7	-8%
CO=	12,570	4,470	-8,100	-64%
WIP=	196,200	136,000	-60,200	-31%
OIP=	19	13	-6	-31%
TN=	188	130	-58	-31%

VA=Value Added
W=Waiting
T=Transport inside own dep./process (own box)
PI=People involved
CO=Change over time at the process (only for production)
WIP= Work in process
OIP=WIP/daily production program
TN=Transport to next Department/Process
NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

Fig. 3.19 Comparación mapa actual vs. mapa futuro (flujo de materiales)

FUTURE VALUE STREAM MAPPING (INFORMATION)

10,500 Pieces / day

Takt 6.2 seconds (@ 80%)

Date : 10/20/2003

Oper.#	Order rec. A	Logistics B	Planning C	Confirm D	Schedule E	Supplier F	Materials F			Adjsting Part 1
VA=	120	4,200	960	600	2,340	420	7,200			15,840
OT=	120	4200.0	960.0	600.0	2340.0	420.0	7200.0			15840.0
W=	7,200	3,600	7,200	7,200	43,200	59,400	57,600			185,400
T=	0	0	0	0	0	0	60			60
PI=	1	1	1	1	1	1	4			10
CO=	0	0	0	0	0	0	0			0
WIP=	5	7	6	8	10	4	4			44
OIP=	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
TN=	5	30	30	90	105	21,600	5			21,865

VA=Value Added

OT=Cycle time between each product output (only for prod.) (seconds)

W=Waiting

T=Transport inside own dep./process (own box)

PI=People involved

CO=Change over time at the process (only for production)

WIP= Work in process

OIP=WIP/daily production program

TN=Transport to next Department/Process

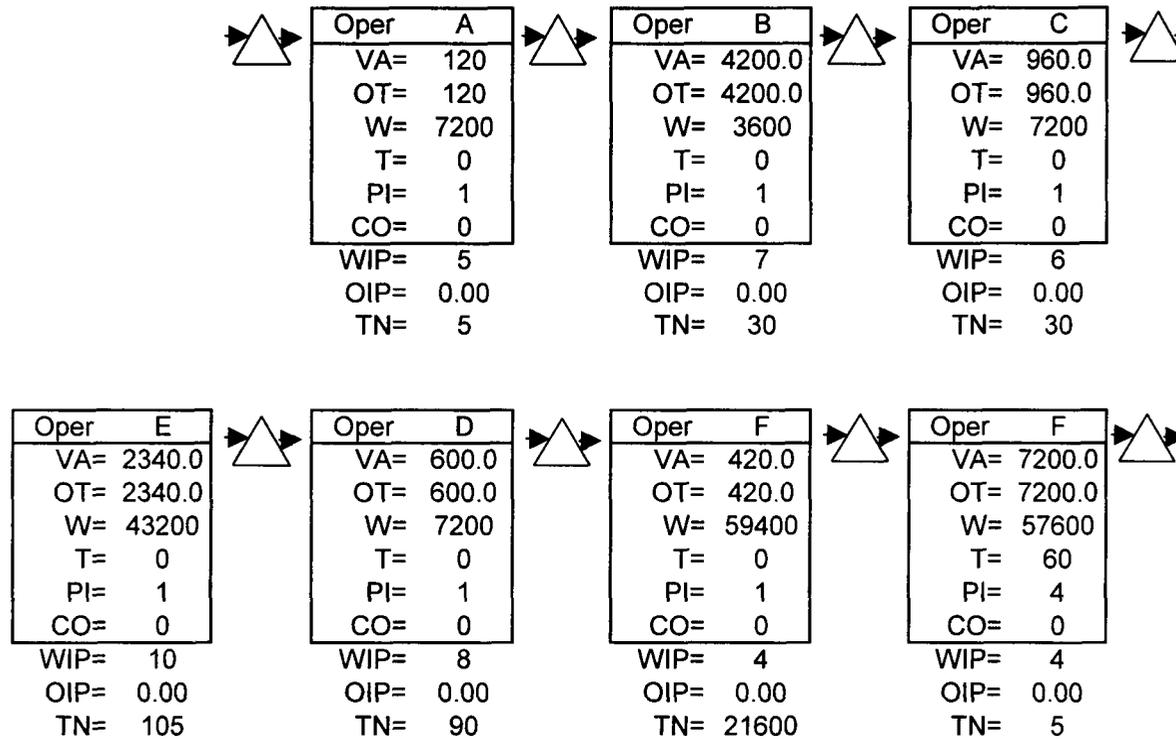
NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

VA	15,840	8%
W	185,400	92%
CO	0	0%
TOTAL	201,240	

Fig. 3.20 Mapa de procesos de flujo de información futuro

FUTURE VALUE STREAM MAPPING (INFORMATION)

Date : 10/20/2003



VA	15,840	8%
W	185,400	92%
CO	0	0%
TOTAL	201,240	

COMPARISON BETWEEN CURRENT AND FUTURE MAPPING VALUES FOR INFORMATION FLOW

CURRENT

VA	15,840	2.0%
W	757,440	98.0%
CO	0	0.0%
TOTAL	773,280	

FUTURE

VA	15,840	7.9%
W	185,400	92.1%
CO	0	0.0%
Total	201,240	

	Current B0	Future B0	Difference	% Diff.
VA=	15,840	15,840	0	0%
W=	757,440	185,400	-572,040	-76%
T=	60	60	0	0%
PI=	13	10	-3	-23%
CO=	0	0	0	0%
WIP=	44	44	0	0%
OIP=	0	0	0	0%
TN=	14,615	21,865	7,250	50%

VA=Value Added

W=Waiting

T=Transport inside own dep./process (own box)

PI=People involved

CO=Change over time at the process (only for production)

WIP= Work in process

OIP=WIP/daily production program

TN=Transport to next Department/Process

NOTE: TIME IS IN SECONDS, DISTANCE IS IN METERS

Fig. 3.21 Comparación mapa actual vs. mapa futuro (flujo de información)

- Se duplica la operación 260 (Cam/slide) y además se le agrega un componente colocado manualmente. Es preciso recordar que esta operación solamente corre dos turnos ahora. Su tiempo de operación esperado es de aproximadamente 11 segundos, dividido entre dos, es igual a **5.5 segundos** en promedio.
- La estación 10 (Slide) opera idénticamente como ahora, sólo cambia su posición. Se mantiene a (**4.3 segundos**). Esta máquina requiere cierta habilidad especial, por lo que es difícil colocar operarios poco hábiles o con pocos conocimientos de ella.
- Las siguientes tres operaciones se dividieron la carga de trabajo restante para ensamblar el producto (310: Arm/grease, 312: Stamp cover, 314: Tube/ CTC). Se esperan tiempos de **5 a 6 segundos**). Es interesante hacer una observación acerca de la operación 85 y es que esta operación consiste únicamente en grabar mecánicamente una pieza de plástico. En el nuevo layout, la persona que realiza esta operación es la misma que lo ensambla.
- La operación 320 se une a la 330 (Fill/Deburr). El tiempo esperado es de aproximadamente la suma de ambos **5.5 segundos**, debido a que se considera utilizar una sólo máquina que tiene un tiempo de 5.3 segundos pero tiene ocio suficiente para ser aprovechado para realizar la segunda operación.
- La operación final de esta zona antes de entrar al horno, consiste en la unión de las operaciones de rebabeo (sin número) y 240-1 (Tin/ Antidrift). En esta operación será necesario colocar a una operadora hábil, sin embargo hay un factor que se tiene que tomar en cuenta en ésta y algunas otras operaciones: el "traer" material se realiza en los mencionados "pinos", por lo cual, se espera se minimicen grandemente los alcances de material. Se estima un tiempo de **6 segundos**.

Para el balanceo de la familia B6 solamente es necesario agregar prácticamente algunas operaciones y una ligera modificación en otras. Es importante hacer notar que en algunas familias será necesario reacomodar una o dos estaciones de trabajo y asimismo reubicar personal. Los detalles se presentan a continuación:

- Se realiza la operación 260 (Cam) en un tiempo de ciclo de **6.4 segundos**. Se hace necesario colocar una persona muy hábil en esta operación.
- Igualmente sucede con la operación 310 (Arm/ contact/ grease). Su tiempo de ciclo es de **6.6 segundos**. La diferencia es que la aplicación de grasa puede ser semi-automatizada y el tiempo de operación puede ser reducido.
- La siguiente operación (Stamp cover / Press) se mantiene igual en **5 segundos** por pieza.
- Esta operación (Security) tiene un tiempo de **6.2 segundos**, y se mantiene igual.

- La operación siguiente 314 (Tube) permanece igual y su tiempo de ciclo es de **4.8 segundos**. Las siguientes dos operaciones del ensamble principal son iguales al nuevo layout de un producto de la familia B0.
- En el área de contactos (mostrada como el área A del layout actual) se tiene que incluir una operación más que consume **4 segundos** por pieza.

Para la familia B4 se diseñó un layout que requiere cambiar una estación de trabajo. Es necesario también revisar que el tiempo de operación para esta familia de productos es mayor debido a su complejidad de ensamble. Se espera un balanceo en el cuello de botella de **8.5 segundos**. Debido a su bajo volumen (3% de la demanda) y a su tendencia a desaparecer lentamente del mercado, no se ha hecho mucho énfasis en su estudio, aún y cuando se diseñó un layout y un requerimiento de personal.

En la siguiente página se muestra la siguiente página (Tabla: Process Times After Synchronization), donde se muestran datos que indican los nuevos valores de tiempos de las operaciones para la familia principal.

Rebalanceo de la zona de ajuste y empaque

En las tablas de tiempos se puede revisar que en general el tiempo de operación es muy bajo, pero se presenta el inconveniente en la operación de baños de ajuste, identificada como un cuello de botella, tanto por la necesidad de correrlo tres turnos como por su tiempo de cambio de modelo. No resulta algo necio hacer esto debido a los siguientes hechos:

- La máquina 240-2 trabaja en realidad dos turnos y una fracción de uno más. En la noche se corre muy frecuentemente esta máquina. El tiempo permanece en **4 segundos**.
- El mencionado problema del tardado setup en la operación 365.
- Debido a que la operación 382 presenta tiempos de ocio por su naturaleza, es posible conjuntarla junto con la 380. Además esta última se rige por un abastecimiento muy ineficiente y antiergonómico de material a través de los nombrados "pinos". La suma de ambas operaciones es igual a 7.7 segundos, sin embargo dadas las condiciones de arriba, muy fácilmente colocarse en un tiempo menor o igual al takt (posiblemente unos **6.0 segundos**).
- Debido a que el empaque varía según 4 ó 5 especificaciones básicas distintas de acuerdo a lo que el cliente requiera, se puede crear un buffer (no mostrado). En general el empaque podría ser el cuello de botella.
- Las familias B0 y B6 (97%) se procesan de la misma manera en esta zona, afortunadamente.

Process Times After Synchronization

	Operation	Operation name	# Oper.	Current time (sec)	Future B0 time (sec)	Future B6 time (sec)
x	115	Rivet bending frame	1	3.2	3.2	3.2
	130	Assemble omega support & spring	2	3.2	3.2	3.2
xx	157	Assemble contact system	1	5.6	5.6	5.6
x	10	Assemble slide	1	4.3	4.3	4.3
x	255	Rivet connector & shell	1	4.5	4.5	4.5
x	280	Assemble insulator piece	1	3.0	3.0	3.0
x	290	Rivet main spring	2	2.7	2.7	2.7
xx	30	Coil and bead cap. Tube	1	6.0	6.0	6.0
x	60	Solder below	1	4.3	4.3	4.3
x	85	Stamp cover plate	1	2.5	0.0	0.0
x	260	Rivet spindle & cam on shell	1	3.2	5.5	6.4
	310	Assemble arm, slide and grease	1	3.3	5.0	6.6
	312	Assemble contact and cover	1	2.5	6.0	5.0
	317	Security	1	6.2	NA	6.2
x	314	Assemble tube	1	2.4	5.0	4.8
x	320	Filling	2	3.3	5.5	5.5
x	330	Deburr	1	1.0	0.0	0.0
x		Tin	1	2.1	0.0	0.0
x	240-1	Antidrift 1	1	5.2	6.0	6.0
x	340	Oven 3 hours	0	10,800.0	10,800.0	10,800.0
x	240-2	Antidrift 2	1	4.0	4.0	4.0
x	365	Adjustment B0	4	4.6	4.6	4.6
x	380	Coil cap. Tube for packing	1	3.8	6.0	6.0
x	382	Pressure chamber	1	3.9	0.0	0.0
	385	100% inspection	2	2.5	2.5	2.5
	850	Packing	2	3.0	3.0	3.0

x: A machine or special equipment should be used to make the operations. Otherwise it is manually.
 xx: Automatic machines.

Fig. 3.22 Tabla de tiempos después de realizar sincronización de operaciones

Estándares de producción

En esta etapa se vuelve importante la documentación de los estándares de cada flujo de producción, así como el publicar esta información para dar una explicación al personal en general. Se debe buscar un formato amigable para dar a conocer los estándares ya sea dedicando una sola hoja y que sea más amigable su lectura y conocimiento, o puede ser incluida en la instrucción de trabajo. Cada persona dentro de la organización debe ser concientizada de que el número que está colocado en dicha hoja, es un compromiso de cada día, cada hora y cada minuto. Además es indispensable comenzar a realizar la programación en base a recursos y estándares reales para predecir el tiempo de entrega y la asignación de recursos necesarios.

Resumen

Como resumen general, se puede observar en la tabla de comparación entre el mapa de procesos actual y el mapa de procesos futuros para la familia B0 (página 81), que en la propuesta se reduce la espera (W) en un **63%**, la cantidad de personas involucradas se decrementa en un **8%**, pero la producción en general se espera aumente aproximadamente un **14%**, con lo cual se crea un efecto aditivo que resultaría en un aumento en la productividad (por operario) de un **25%**. El transporte puede ser reducido en un **31%**, al igual que el inventario en proceso en general (en piezas). El tiempo de preparación de cambio de modelo se reduce en un **64%** en base a un enfoque tipo SMED y cambios de material en máquinas y estaciones de trabajo.

Los nuevos layouts se muestran en las siguientes cuatro páginas. Para realizar los cambios de una familia a otra, deberán adaptarse estaciones de trabajo móviles (con ruedas o mecanismos de movimiento rápido), en algunos casos.

3.5.6 Nueva programación de la producción

La programación de la producción va a ser de una manera diferente y se puede resumir en una sola palabra: simple. Debido a la sincronización de casi todas las operaciones a un tiempo de operación por debajo del takt (aproximadamente 6.0 segundos), solamente hay que mantener buffers de dos componentes o subensambles, será casi imposible encontrar que no ha habido una secuenciación adecuada en alguna parte de la zona de ensamble.

LAYOUT FUTURO DE ENSAMBLE (FAMILIA B6)

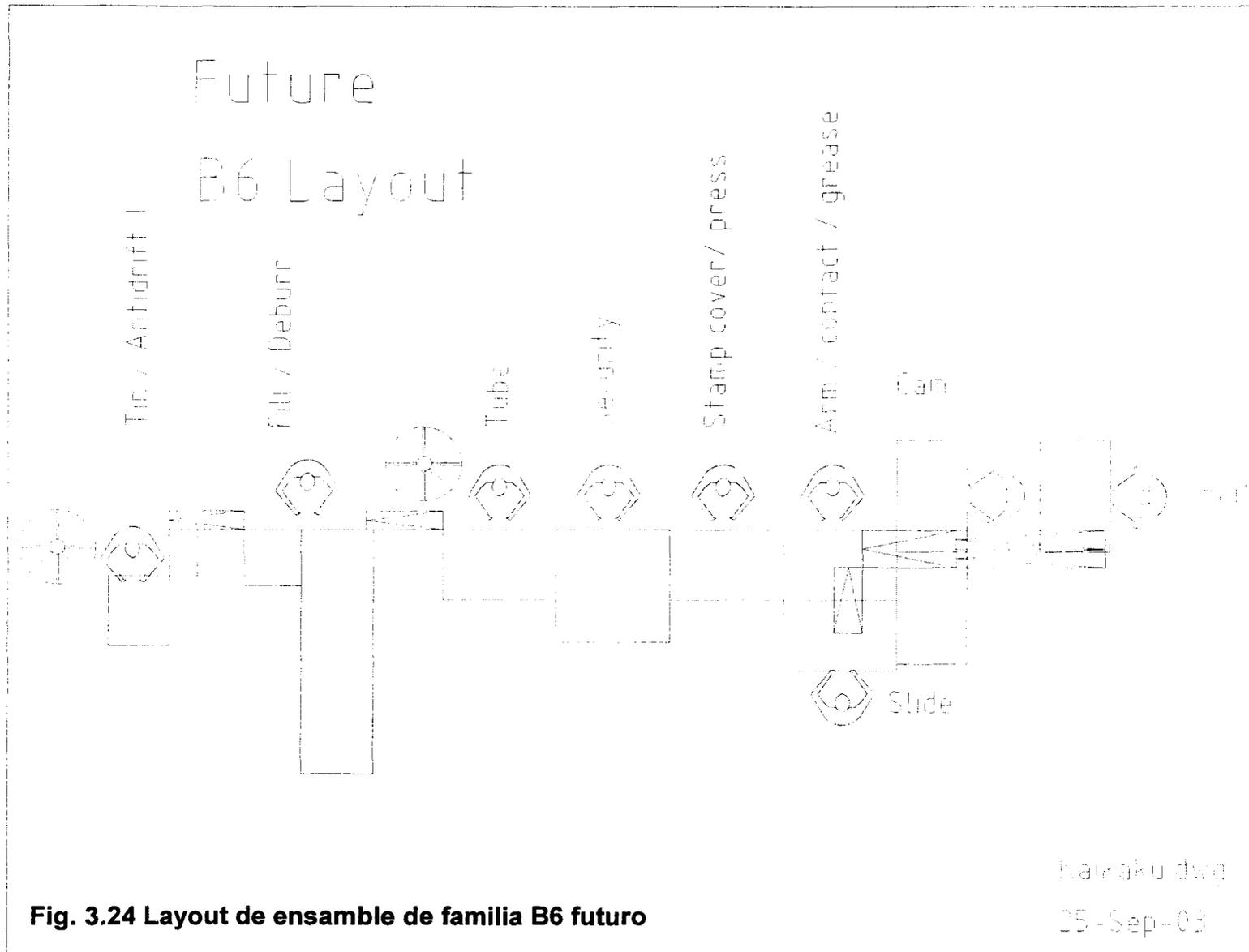


Fig. 3.24 Layout de ensemble de familia B6 futuro

LAYOUT FUTURO DE ENSAMBLE (FAMILIA B4)

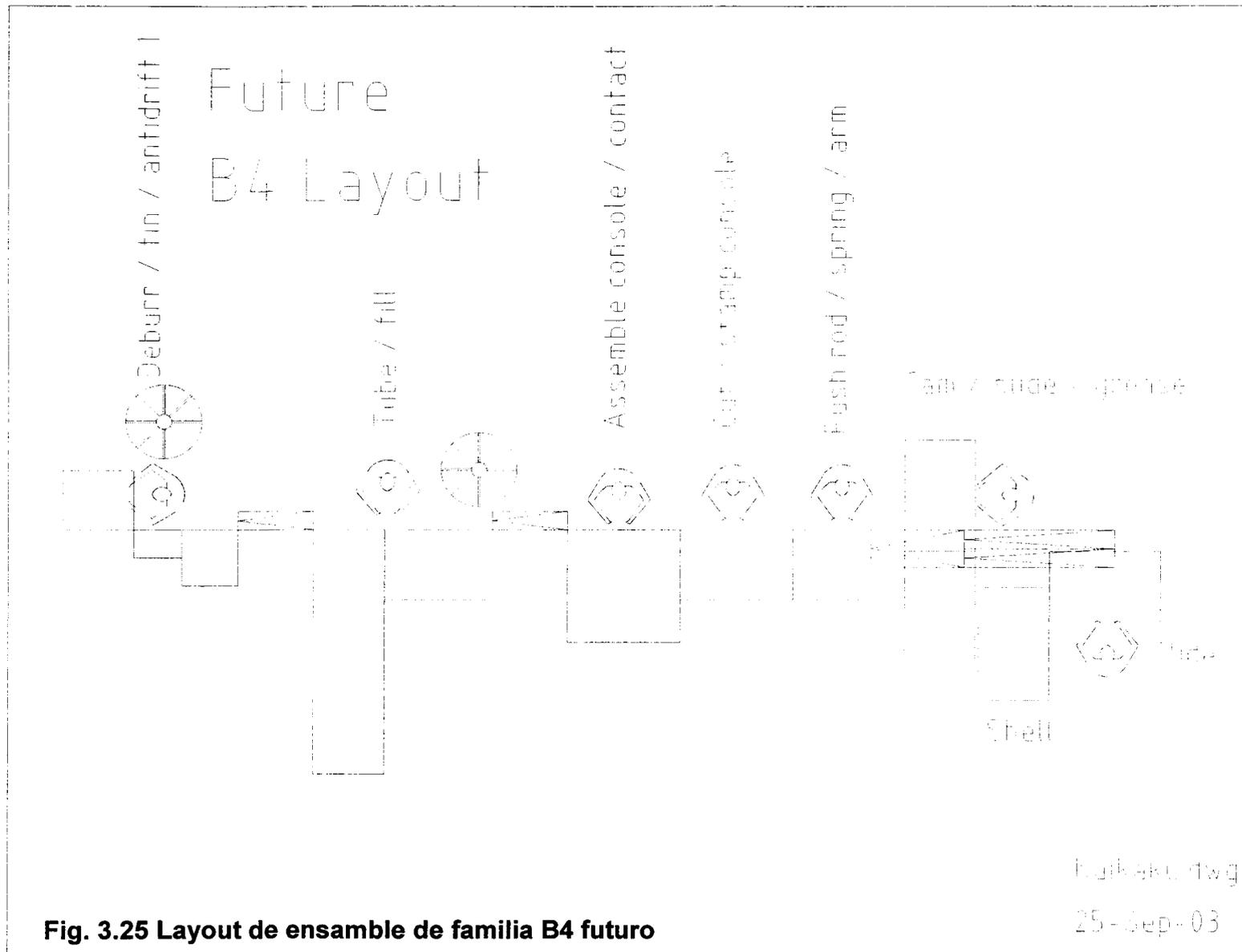


Fig. 3.25 Layout de ensemble de familia B4 futuro

LAYOUT FUTURO DE AJUSTE (FAMILIAS B0/B6)

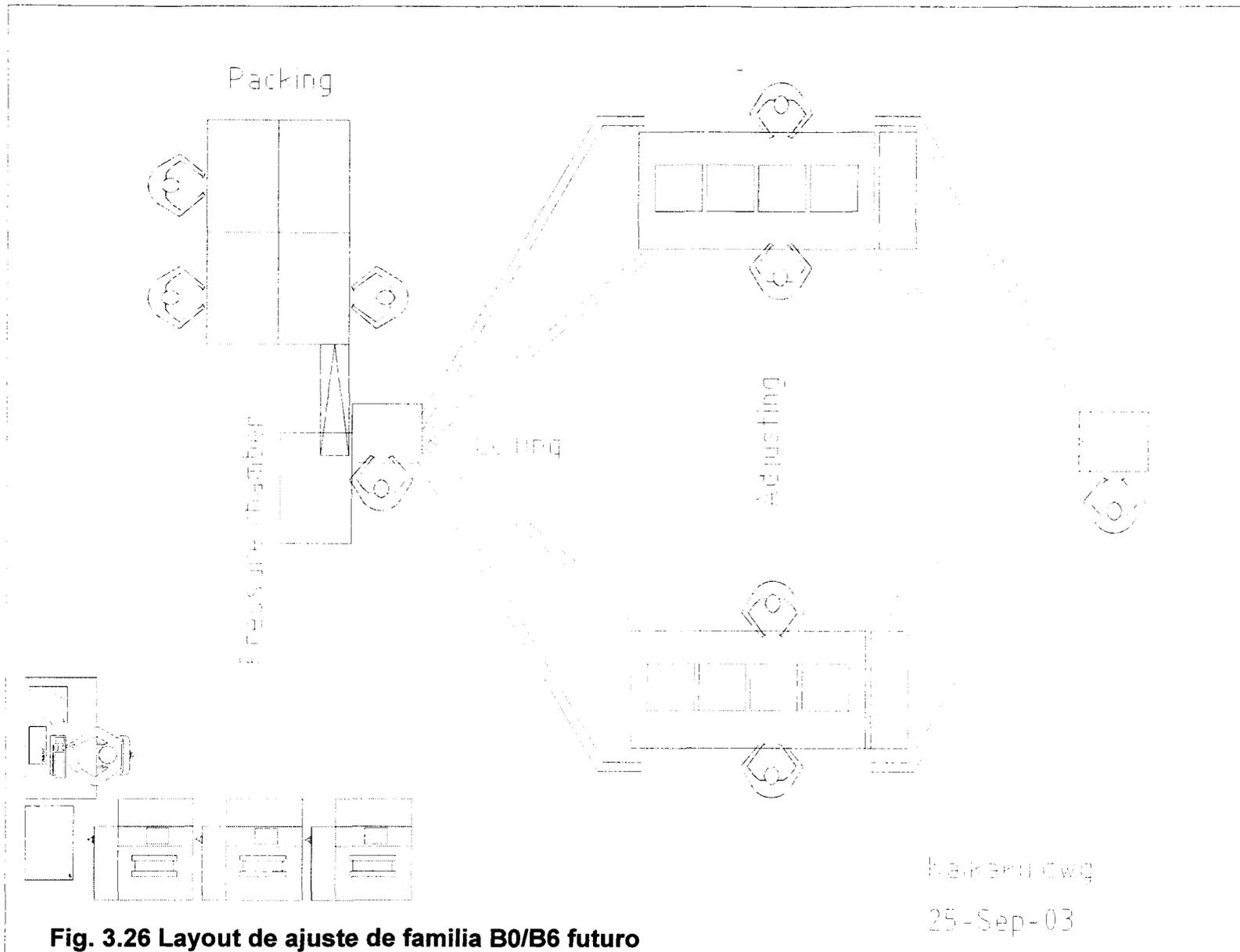


Fig. 3.26 Layout de ajuste de familia B0/B6 futuro

Por otro lado las características del nuevo proceso de programación de la producción son:

- Programación por horas de la línea de ensamble y asignando recursos (horas-hombre y horas máquina). A partir de esto, el material es jalado de las otras tres celdas de producción.
- La programación por horas de los procesos que no son comunes a todos los productos y que en alguna ocasiones rebasan el takt. También se deben asignar recursos como en la programación de ensamble.
- La zona de ajuste y empaque depende fuertemente de la secuenciación derivada de la zona de ensamble y no posee demasiada libertad para dar prioridades, lo cual simplifica la labor de programación.
- Es casi imposible no lograr localizar lotes debido a que el inventario de producto en proceso es mínimo.
- Suena factible que de las dos personas que se dedican a recibir órdenes de los clientes y a programarlas y seguirlas en la producción, se pueda dedicar solamente a una de ellas a realizar ambas labores debido a la simplificación de las tareas de programación. La otra persona podría dedicarse directamente a actividades de capacitación, seguimiento a proyectos o a dar seguimiento a otras labores de implementación del programa de mejora.
- La programación debe realizarse basado en la cantidad de horas estándar que posee el departamento de producción como capacidad.

Goldratt menciona también un conjunto de reglas para la programación de la producción y que se listan abajo (6):

1. No balancear la capacidad, es necesario balancear el flujo.
2. El nivel de utilización de un recurso que no es cuello de botella no está determinado por su propio potencial pero sí por las restricciones del sistema.
3. Utilización y activación de un recurso no significan lo mismo.
4. Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida en el sistema completo.
5. Una hora ahorrada en un recurso que no es cuello de botella es un espejismo.
6. Los cuellos de botella gobiernan la facturación y el inventario en el sistema.
7. Los lotes de transferencia pueden no ser iguales a los lotes de proceso y en muchas ocasiones no deben ser igual a los lotes de proceso* (ver explicación líneas abajo).
8. Un lote de proceso debe ser variable tanto en su ruta como en su tiempo.
9. Las prioridades pueden establecerse examinando las restricciones del sistema. El tiempo de entrega se deriva de la programación.

* Los lotes de proceso son aquellos que se corren completos en un proceso y se espera hasta que esté 100% procesado para pasar a la siguiente operación. En contraste, los lotes de transferencia pueden ser menores y son aquellos que no esperan a que se procese el lote de proceso y se fraccionan para reducir el lead time.

3.5.7 Redefinir responsabilidades

Factor de cambio

De páginas anteriores de este texto, se retoma la idea de otorgar autoridad y responsabilidad a una persona que reporte al director de la planta y que sea el factor de cambio para dar seguimiento a todas las tareas nuevas necesarias para la transformación. Es indispensable que esta persona posea conocimientos al menos básicos de ingeniería industrial, decisión para la toma de riesgos, posea conocimientos de la cultura de calidad total, sea capaz de obtener la participación y el involucramiento de todo el personal y además cuente con conocimientos sobre la filosofía de manufactura esbelta. De no contar con un empleado de estas características, será necesario ya sea capacitar a alguno de ellos o de alguna manera suplir esta falta de conocimientos mediante la asesoría de un experto. En un momento dado, es muy factible requerir de todas maneras un agente externo que ayude a guiar el programa.

Es indispensable contar con el total involucramiento de la persona con mayor autoridad en el negocio. Se recomienda fuertemente realizar un pacto por escrito con la alta dirección e informar a todo el personal sobre ello y sobre los cambios que se pretenden realizar en el corto, mediano y largo plazo.

Equipo encargado de la transformación

Además de nombrar a una persona que llevará la carga más pesada en el proceso de estudios, planeación y transformación de los métodos de trabajo, es indispensable asignar un equipo multidisciplinario que dé soporte en toda la organización al programa de mejora.

El personal de las diferentes áreas que ha sido invitado a colaborar directamente dentro de este equipo de mejora, deberá ser personal que tenga poder de persuasión, sea absoluto creyente de la necesidad del cambio y tenga las aptitudes para comprender el significado de cada paso a ser realizado.

Redefinir responsabilidades

En los últimos años se le ha dado una importancia muy alta al recurso humano dentro de las organizaciones de trabajo. El dominio de técnicas de administración del personal de todos los niveles es un factor que afecta los resultados de la organización. La integración de equipos de trabajo en el piso de producción es un factor importantísimo en el proceso de cambio en la organización.

En las organizaciones tradicionales, el personal está dedicado a ser especialista de su área y no posee una visión global del sistema de producción. En la actualidad se requiere que todo el personal posea la flexibilidad suficiente para el manejo de las operaciones. Esto nos indica que se hace necesario un sistema de entrenamiento cruzado y un plan de entrenamiento dentro de la empresa. Para esto se recomienda un sencillo método explicado enseguida:

- 1) Realizar matrices de habilidades para cada operador.
- 2) Dividir la planta productiva en áreas para fines de entrenamiento. Debido al tamaño de la organización esta labor es relativamente sencilla.
- 3) Se deben identificar los conocimientos, habilidades necesarias y resultados esperados para cada operación en general.
- 4) Definir planes de entrenamiento en niveles básico, intermedio y avanzado en cada operación dentro de un área. Al menos se deberá poseer el nivel básico en la gran mayoría de las operaciones, el nivel intermedio en algunas de ellas y un nivel avanzado o nivel de especialización en una de ellas.
- 5) Definir un sistema de pagos en base al avance en el plan de entrenamiento, en base a comprobación de conocimientos, actitudes, resultados y conciencia.

Además de diseñar un sistema de entrenamiento multihabilidades, es indispensable rediseñar las funciones del supervisor, el líder y el operador. Dicho de otra manera, la estrategia consiste en que las funciones de supervisor y líder responsable del área, sean absorbidas por los elementos del piso de producción. Esto significa que el puesto de supervisor realmente no es necesario ya en el sistema social de la planta. Aunque el modelo en apariencia es muy sencillo, toma varios años implementarlo correctamente. No necesariamente el supervisor desaparece del todo. Su lugar es tomado por uno de los operadores y es necesario identificar a esta persona. Ya no es necesario un supervisor como tal, pero si se requiere un coordinador y motivador del área.

Es necesaria una definición de roles para cada miembro del equipo del área. Cada uno de los integrantes del equipo puede hacerse cargo de diferentes funciones como aseguramiento de calidad, revisión de indicadores, seguimiento a costos relacionados con el área, asuntos de recursos humanos, etc.

La tabla a continuación muestra varias categorías de organizaciones sociales dentro de una empresa manufacturera:

Nivel de organización	Descripción
Tradicional	El supervisor asigna las tareas. No muy frecuentemente consulta al personal bajo su cargo. El nivel de capacitación es considerado bajo o nulo.
Participativa	El supervisor presenta opciones y consulta con el personal, pero toma las decisiones finales. Hay programas de entrenamiento básicos en general.
Multihabilidades	El supervisor y el personal toman las decisiones en conjunto. Reciben entrenamiento técnico y de trabajo en equipo. El supervisor no deja de ser el responsable del trabajo del conjunto.
Autosostenible	El equipo de gente regularmente se compromete a tomar decisiones con liderazgo. Se compromete con el desarrollo de habilidades múltiples y de mejora continua. Se poseen programas de desarrollo significativos.
Autoadministrado	Todo el personal es responsable por el trabajo. Resuelven la mayor parte de los problemas independientemente. Existen programas de capacitación continua y el esquema de pagos está relacionado con el desempeño real del equipo.

Evidentemente, la primera impresión que causa el analizar esta tabla es que debemos buscar lo mejor, es decir, el grado de avance más elevado. Sin embargo, el tiempo necesario para llegar a este último escalón puede tomar varios años.

En el presente, se trabaja en la planta de una manera tradicional. Sin embargo, intentar mantener un programa de mejora como se está planteando en este escrito sin realizar cambios en el involucramiento y responsabilidades del personal que realiza las operaciones, resultaría en un fracaso en el mediano y largo plazo.

En conjunto con el involucramiento en la toma de decisiones de todo el personal, se presentan en la siguiente sección técnicas para mejorar el desempeño general del negocio. Estas herramientas se detallan a continuación.

3.5.8 5'S / SMED / TPM

A este conjunto de herramientas se le pueden añadir todavía un sinnúmero más de ellas. Sin embargo, la cantidad de tiempo y recursos es finita y no es posible crear un ambiente de trabajo que posea la perfección en un lapso de tiempo muy corto. Lo más importante de incorporar estos temas al cronograma de implementación, es que se trata de acciones reales indispensables para la obtención de resultados.

5'S

La transición de una organización hacia nuevos caminos requiere siempre de un lugar que motive a trabajar con gusto. Es evidente que la disciplina, la limpieza y el orden deben aparecer para permanecer por siempre. Para ello existe una herramienta muy conocida que se nombra como 5'S. En esencia, esto consiste en cinco pasos cuyo nombre o denominación empieza con el fonema (sonido que se emite al pronunciar una letra) que en el alfabeto occidental es la letra "S". En resumen, los pasos son los siguientes:

Seiri (clasificar)

Significa mantener solamente lo necesario. Consiste en identificar primeramente las cosas que no se utilizan y separarlas de aquellas que sí son útiles. Esto significa que se debe aislar posteriormente y deshacerse de aquello que realmente no agrega valor con su presencia.

Seiton (organizar)

Significa mantener el orden. Esto es, asignar un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, de tal manera que esté accesible para cualquier persona que tenga necesidad de ella.

Seiso (limpiar)

Se trata de eliminar polvo, grasa, manchas, rebabas y desperdicios de pasillos, lugares de trabajo y paredes, mediante un programa diario y periódico para cada área de la planta.

Seiketsu (estandarizar)

Consiste en unificar a través de las normas. El propósito es extender los resultados hacia otras áreas mediante la estandarización de las actividades con procedimientos o rutinas.

Shitsuke (disciplina y constancia)

Mantener un desempeño confiable. Continuar con las reglas y estándares establecidos y mantener el área limpia y ordenada siempre. Aplicar lo aprendido en los primeros cuatro pasos en la propia persona.

En el presente caso, la aplicación de 5'S ayudará a mantener un mejor control tanto del material productivo como de las herramientas que se utilizan para su procesamiento. Además proporcionará un marco de referencia como inicio de la mejora en general y para crear las sinergias que lleven a una implementación exitosa.

SMED

Es común encontrar en la actualidad cambios de herramental que toman una cantidad muy grande de tiempo para poder ser llevadas a cabo. Sin embargo, la técnica SMED (Single Minute Exchange of Dies) fue creada hace décadas. Con el fin de eliminar el desperdicio de tiempo que significa un cambio de modelo, Shigeo Shingo decidió en los años 50 enfocarse en la disminución de estos tiempos para lograr correr lotes pequeños y no tener que esperar varias horas, turnos o días para comenzar la corrida

de un lote urgente, además de lograr reducir el inventario causado por los tiempos de setups muy altos.

La capacidad de respuesta de una planta hacia sus clientes es uno de los factores críticos de éxito más importante y donde se han detectado áreas de oportunidad en este caso práctico. Siendo más específicos y extrayendo información del mapa de proceso actual, es en la operación 115 en donde se encuentra la mayor problemática actualmente. En el resto de las operaciones, en términos generales, es necesario también enfocar las actividades para lograr cambios rápidos de modelo, pero la complejidad para llevarlo a cabo no es tan grande como se prevee en la mencionada operación. Sin embargo, conviene revisar cuales actividades son *internas* y cuáles son *externas*.

Actividades internas: son las que se realizan cuando la máquina se debe encontrar detenida.

Actividades externas: son las que es posible llevar a cabo cuando la máquina está operando.

Se trazó un plan preliminar en base a una idea de un caso real del libro del autor mencionado arriba, Shigeo Shingo, Una revolución en la producción: el sistema SMED (7). En este ejemplo el ajuste es el factor que más influye en la tardanza del cambio de modelo. En los anexos se muestran algunas imágenes que muestran físicamente la base que pierde su posición en cada cambio de herramental y el herramental montado sobre esa base.

La propuesta para reducir el tiempo de cambio de modelo en esta máquina consiste en varios aspectos:

- 1) Separar las actividades internas y externas y comenzar a realizar las que se identificaron como externas totalmente durante el tiempo anterior a que se detenga la máquina.
- 2) La utilización de un cronómetro para la medición de los tiempos de cambios de modelo al menos de las operaciones con setup más largo. Esto debe realizarse y registrarse siempre que suceda.
- 3) Adecuar la máquina para que el cambio de herramental sea menor a dos minutos, mediante la instalación de los herramentales alternos en las posiciones intermedias de la mesa giratoria. Esto implica además modificar el mecanismo de transmisión para que el equipo sea capaz de correr tanto en las posiciones ya definidas desde el diseño de la máquina, como en las nuevas posiciones intermedias. Este punto ha sido discutido, en conjunto con el área de mantenimiento y se revisará su costo y tiempo de entrega a un proveedor de servicios externo.
- 4) Debido a que el ajuste del equipo se realiza en base a prueba y error, el tiempo necesario para lograrlo es demasiado alto. La acción que se tomaría para reducir esto sería la de instalar en la estructura de la máquina uno o varios indicadores de medición y en lugar de perder la posición cada vez que se realiza un cambio de modelo, se mantendrían

por escrito las lecturas de las herramientas de medición a las que fueron acomodadas las bases de los actuadores. Cabe mencionar que existen únicamente dos tipos de modelos que requieren este cambio en el ajuste, por lo que únicamente se trabaja en un ajuste de “diferencial estándar” o un ajuste de “diferencial pequeño”. Esto simplificará mucho la tarea de estandarización en el ajuste.

TPM (Total Productive Maintenance)

Siguiendo la línea en la cual el involucramiento del personal es la médula de los sistemas de trabajo de la organización, aparece la necesidad de mejora en la parte técnica de los procesos. La idea tradicional de que la persona que opera la máquina es una persona distinta de aquella que la arregla o mantiene en buen estado, es una idea obsoleta y peligrosa. Ahora es importante que la persona que opera diariamente cada equipo también sea responsable de verificar el buen funcionamiento del equipo y realizar labores de limpieza y lubricación. El personal del área de mantenimiento se limitará a realizar correctivos y preventivos de mayor escala e importancia y a entrenar al personal que opera los equipos. Resulta muy obvio afirmar que los recursos utilizados en una organización que posee un sistema TPM funcionando son menores que los que utiliza una organización sin este sistema.

La estrategia básica del TPM es arreglar todos los problemas del equipo que causan pérdidas. Se consideran contramedidas para éstas los siguientes puntos:

- 1) Establecer las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, ajuste de tornillos, etc.).
- 2) Apego a las condiciones de operación del equipo.
- 3) Restauración de partes deterioradas.
- 4) Corrección de debilidades de diseño.
- 5) Mejora de habilidades y conocimientos de operación y mantenimiento.

La falla a cada una de estos lineamientos se conoce como las cinco causas esenciales de las averías y defectos del equipo (10).

3.5.9 Cambio físico – Kaikaku –

El momento más esperado del programa llega y se pone a prueba la planeación realizada. Todo cambio genera incertidumbre, pero para llegar a este momento ya se han invertido recursos valiosos, los cuales se espera se justifiquen plenamente. Es fuertemente recomendable reunir inventarios para este evento especial, ya que pueden ocurrir una serie de imprevistos que pueden desestabilizar el problema y provocar una sensación de caos desconocida. Trabajar en el cambio físico durante un fin de semana es lo mejor, para evitar detener la producción. Asimismo, es muy recomendable el involucrar a todo el personal para realizar esta transformación.

Se debe de tomar en cuenta que los cambios son poco frecuentes en la organización, por lo que va a tomar tiempo, dedicación, recursos y esfuerzo lograr la aceptación total de parte del personal que labora en el piso de producción.

3.5.10 Seguimiento a indicadores y mejora continua

Después de aproximadamente una semana de la realización del cambio en el acomodo físico de las operaciones productivas, es indispensable realizar una revisión del funcionamiento del nuevo sistema. Es evidente que pueden existir condiciones de adecuación y de ajuste fino que pueden bloquear el completo éxito en el corto plazo, pero en términos generales, se deben resolver rápidamente estos pequeños problemas. Es conveniente realizar un estudio real de los ahorros que se han logrado en la primera fase de la curva de aprendizaje.

El hecho de haber implementado cambios radicales (kaikaku) no implica que se admita olvidarnos de la mejora mediante cambios incrementales (kaizen). Es importante hacer un compromiso con la mejora y para ello se deberá contar con el seguimiento a las actividades encaminadas (círculos de calidad, TPM, auditorías de 5'S, SMED, etc.) a la mejora en el lugar de trabajo.

3.6 ETAPA 6: ESTABLECER LA NUEVA ESTRATEGIA DE MANEJO DE INVENTARIOS

3.6.1 Generalidades

En este apartado se pretende la mejora de los procesos correspondientes al manejo de inventarios así como todo lo relacionado con los medios para llevar a cabo el abastecimiento de materia prima. Se maneja como un punto de apoyo (al igual que la estrategia de calidad) que complementa el proyecto de mejora en la manufactura, más sin embargo, únicamente se plantearán algunos puntos sin entrar en tanto detalle como se hizo en la estrategia de manufactura nueva.

3.6.2 Plantear control visual de inventarios en su punto de uso

Se buscará reducir la cantidad de inventarios en materia prima. Debido a que en una PYME se tiene la ventaja de llevar controles más sencillos y en muchos casos, de manera visual, se propondrá llevar una administración de este tipo del almacén, además de relocalizar varios números de parte en su punto de uso.

En el almacén de materia prima se encuentran menos de 300 números de parte, por lo que la complejidad de convertir el sistema de control de inventarios hacia métodos visuales es mediana o baja. Sin embargo, se planea realizar primeramente un piloto de prueba con una operación específica y la materia prima utilizada en ella, verificar resultados, corregir problemas encontrados y extender a otras operaciones secuencialmente.

Debido a que aún en las actuales condiciones de trabajo se cuenta con espacio sobrado en algunas áreas de la planta, esta prueba no suena muy difícil de realizarse.

Básicamente se ubicarán junto a una estación de trabajo determinada dos tarimas que posean los tres números de parte requeridos. Se explicará detalladamente cuáles son los niveles mínimos y máximos aceptables. En ambos casos, la persona responsable, quien es la misma que opera la estación de trabajo, deberá retroalimentar al encargado de logística, cuando así lo requiera el nuevo sistema.

3.6.3 Reducción de inventario de material en proceso

Este punto se encuentra enormemente relacionado con el sistema de producción que rige la planta. El enfoque principal debe ser el de promover el sistema Jalar, en el cual la fabricación de piezas solamente se realiza cuando el proceso siguiente lo requiere. Para lograr esto, es necesario lograr que la nueva estrategia de manufactura, calidad e inventarios engranen perfectamente. Esta estrategia se encuentra detallada en el punto 3.5 y consiste en la sincronización de las operaciones dentro de la planta.

3.6.4 Optimización de la logística global

Debido a la naturaleza del producto y a que la globalización está en una fase temprana en la organización, es preciso desarrollar un sistema de transacciones ágiles y efectivas para la minimización de recursos requeridos por el sistema. Para lo anterior se pretende desarrollar un mapa de procesos en el área de abastecimiento de materiales en conjunto con las otras áreas que interactúan para asegurar la materia prima en la planta. Además, será necesario comenzar un proyecto de mejora ubicado en este renglón.

3.6.5 Formación de proveedores

Hace apenas cinco años que se estableció la primera fábrica fuera del continente base (Europa), por lo que no se ha desarrollado del todo un sistema de formación y seguimiento a proveedores. En el actual proyecto concerniente al manejo de inventarios se pretende comenzar a incorporar dentro de un cierto tiempo y desde un enfoque corporativo, el encontrar las organizaciones adecuadas que puedan surtir de materia prima a bajo costo y en lugares cercanos a la empresa que se estudia en esta tesis. Este es un aspecto en el que se deberá trabajar en un futuro. La presente tesis solamente indica la dirección que se debe tomar, más no se proporcionan más detalles de la metodología por razones de tiempo y extensión del presente trabajo.

3.7 ETAPA 7: ESTABLECER LA NUEVA ESTRATEGIA DE ANÁLISIS DE FALLAS DE CALIDAD (MERMAS Y RETRABAJOS)

3.7.1 Generalidades

Como se advirtió anteriormente, la administración de la calidad es un punto relativamente positivo en el caso específico mostrado. Sin embargo, existen áreas de

oportunidad muy claras sobre todo con la administración del personal de producción y que complementan el principal enfoque hacia el rediseño de la manufactura.

3.7.2 Filosofía de trabajo Calidad Total

El término Calidad Total fue acuñado para describir la filosofía que convierte a los valores de calidad la guía a través del liderazgo, diseño, planeación e iniciativas de mejora. La creencia es que la calidad es esencial para sostener el éxito financiero de una empresa a largo plazo.

La Administración por Calidad Total se puede definir como la gestión de la organización entera de tal manera que obtiene la excelencia en todas las dimensiones de productos y servicios que son importantes para el cliente. Consiste de tres apartados que se describen a continuación:

Elemento Filosófico

- Calidad guiada por el cliente
- Liderazgo
- Mejora continua
- Participación y desarrollo del personal
- Respuesta rápida
- Diseño de la calidad y la prevención
- Administración basada en hechos
- Desarrollo de asociaciones provechosas con cliente y proveedores
- Responsabilidad corporativa e individual

Herramientas Básicas

- Diagramas de flujo
- Hojas de verificación
- Paretos e histogramas
- Diagrama de causa y efecto
- Run charts
- Diagramas de dispersión
- Gráficas de control
- Despliegue de la función de calidad (QFD)

Herramientas del departamento de calidad

- Planes de muestreo
- Capacidades de proceso
- Métodos Taguchi

De manera práctica en la organización se requiere el involucramiento de todo el personal de todos los niveles en las tareas del aseguramiento de la calidad. En el piso de producción esto se traduce en construir la cultura que indica que cada persona es responsable de la calidad del trabajo que realiza.

Uno de los principales enfoques que se le buscará dar a esta formación es precisamente lograr la cultura de atacar los problemas de calidad en la fuente y no solamente a buscar remedios ajenos a la causa raíz.

3.7.3 Círculos de calidad

En el apartado anterior se enumeran las herramientas básicas que se utilizarán en el transcurso de los proyectos de mejora que serán iniciados para lograr diferentes objetivos como: reducción de defectos internos, mejora en capacidades de proceso, reducción de defectos en la línea del cliente, etc.

Para lo anterior se requiere la capacitación y la concientización del personal que labora en la línea de producción. Existe un esquema bastante utilizado en los círculos de calidad y este consiste de 7 pasos para la conclusión de proyectos. Los pasos que deben seguirse son los siguientes:

1. Definición del problema
2. Situación actual
3. Análisis
4. Acciones correctivas
5. Validación de resultados
6. Estandarización
7. Mejoras futuras

Es necesario involucrar a un porcentaje importante de la fuerza productiva, así como del personal de oficinas. Involucrar en cada equipo de mejora o círculo de calidad a personas de diferentes disciplinas o áreas enriquece la visión del equipo para alcanzar resultados.

3.7.4 Instrucciones de trabajo y especificaciones

Uno de los conflictos más comunes en la empresa tradicional es la comunicación de las especificaciones y puntos importantes de parte del sistema de información corporativo (archivo de dibujos e instrucciones normalmente accesible mediante sistemas informáticos) hacia el personal que realiza el trabajo directamente en el producto.

Se propone en el actual modelo, el diseño de un formato amigable en el sistema utilizado (SAP, en este caso) que tome la información de las especificaciones y listas de materiales para ser utilizados como hojas viajeras para prevenir fallas en la interpretación de la información. En conjunto con esta propuesta, se cree conveniente comenzar con un sistema interno de instrucciones y ayudas visuales a detalle que no posee el actual sistema de especificaciones. Este sistema podría ser compartido con las otras plantas que fabrican el mismo producto, con la única adecuación del idioma específico para cada país.

CAPÍTULO 4

ESTABLECER UN MODELO INTEGRADO

4.1 Hacia la Manufactura de clase mundial

La implementación de métodos de manufactura esbelta implica una serie de lineamientos:

- a) Involucrar y aprovechar las facultades del factor humano en un 100%.
- b) Minimizar recursos utilizados (desperdicio).
- c) Minimización de fallas e incertidumbre mediante la prevención.
- d) Realizar estudios como mapa de procesos, diagrama de spaghetti, etc. para la toma de decisiones.
- e) Dar seguimiento a un sistema establecido de indicadores de desempeño.
- f) Identificar el valor desde el punto de vista del cliente en el flujo.
- g) La manufactura esbelta no tolera las fallas (o deja de serlo), esto es: busca la perfección todos los días.

El camino hacia la excelencia en las operaciones no es nada sencillo, y aún y cuando se logre una inmejorable implementación en nuevos sistemas que provoquen cambios en las operaciones, el mercado y/o la competencia pueden presentar variaciones que no permita a la organización seguir operando.

El camino hacia el indudable éxito financiero, el cual es la meta innegable de toda empresa privada, involucra otros segmentos de las organizaciones que no se han mencionado en el presente estudio. Mercadotecnia, finanzas, diseño y desarrollo, distribución, ventas, entre otras, son áreas que deben seguir una estrategia de negocios y estar alineadas convenientemente. Si alguna de las áreas presenta debilidades importantes, se vuelve indispensable para la administración iniciar acciones para remediar los problemas.

El campo estudiado en este texto es la administración de las operaciones en la manufactura. El objetivo final de esta propuesta no es otra que ofrecer un modelo y una metodología de implementación que sirva a la alta dirección de guía para la búsqueda de la manufactura de clase mundial. De ninguna manera se pretende decir que es el único camino o el mejor de ellos, pero es un intento que se alinea con las necesidades y tendencias actuales que busca la administración de la empresa que se prestó como caso práctico para esta tesis. Además de esto, la propuesta está adaptada al tamaño de la planta y teniendo en mente la factibilidad de asignación de recursos existentes en ella.

La implementación de la filosofía puede tener muchas formas diferentes, pero la constante que siempre debe obtenerse después de un cambio exitoso es la búsqueda de la perfección. Sin comprender ni vivir esta mentalidad, la cultura esbelta no puede funcionar de manera sostenible.

4.2 Modelo integrado factible

Como se puede observar, la cantidad de tareas a realizar es bastante amplia. En general se mencionan herramientas de mejora para ser enseñadas a todo el personal como 5'S, SMED, TPM, entrenamiento multihabilidades, calidad total, pensamiento esbelto, mapa de procesos, facultación, círculos de calidad, etc. Además es innegable el hecho que se debe contar con un agente de cambio dentro de la organización que conozca o se capacite intensivamente en los temas de manufactura esbelta y prácticas de manufactura de clase mundial. El tomar la decisión de buscar la esbeltez en las operaciones significa ir hacia delante con entusiasmo y no tratar de encontrar remedios temporales.

De una manera breve se presenta a continuación un modelo que se adapta de una manera general a las necesidades y recursos de la organización estudiada.

MODELO DE MANUFACTURA ESBELTA PARA UNA PYME

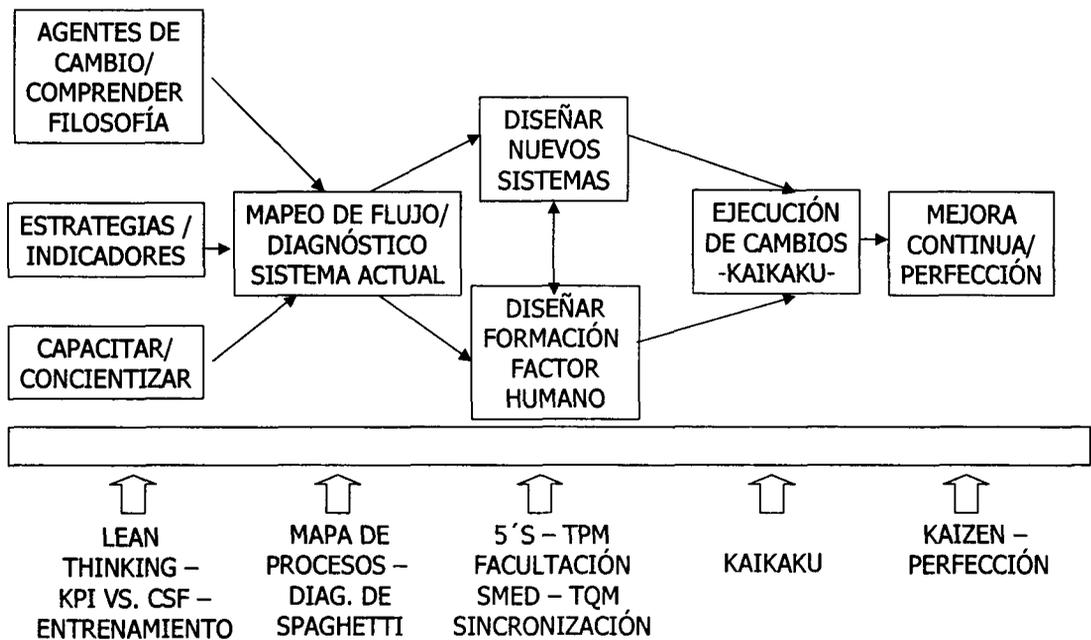


Fig. 4.1 Modelo de manufactura esbelta propuesto

4.3 Cronograma de aplicación tentativo

En los anexos se muestra un cronograma de aplicación tentativo. Esta propuesta incluye actividades que se han determinado terminan un plazo muy largo, en el sentido de ser programas específicos como Facultación, Calidad Total, TPM, etc. que

continuamente deben ir evolucionando y presentando una madurez cada vez mayor. Evidentemente, para cristalizar los objetivos de este documento se requiere de una revisión de la alta gerencia y una autorización plena para conseguir recursos y enfocarlos en el programa. Este es uno de los puntos más controversiales para la consecución de la mejora. Si se posee una visión de cambio para el futuro a corto, mediano y largo plazo, resultará en una discusión de tiempos y recursos para obtener los resultados (qué, quién, cómo, cuando, etc.). Por razones obvias esta charla futura queda fuera del alcance de este texto.

Las herramientas que van a ser utilizadas sistemáticamente en el siguiente cronograma son: 5'S, Filosofía de Calidad Total, Facultación, Mantenimiento Productivo Total, SMED y Círculos de Calidad. Además se plantean para ser detalladas a futuro las actividades de control visual de materia prima, formación de proveedores y optimización de las operaciones de logística. Se reitera que el principal enfoque de este trabajo es las mejoras en el sistema productivo, junto con algunas propuestas que complementan el trabajo en las áreas de materiales y calidad.

CAPÍTULO 5
IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

CAPÍTULO 5 IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

5.1 Implementación del modelo integrado

La implementación de este modelo, debido a la ausencia de tiempo suficiente para ser ejecutadas, queda para el futuro. Aunque se ha trabajado en la mejora de algunos elementos aislados dentro de la planta en que se realizó este estudio, no se puede decir que se haya iniciado de manera clara y sistemática la implementación. Es una tarea que corresponde a todos los empleados de esta organización y principalmente a la alta dirección.

5.2 Validación del modelo

La validación del modelo, debido a que su diseño se realizó de manera muy específica, solamente puede realizarse de una manera indudable en un tiempo después de haberse implementado en la planta estudiada. Es evidente que el modelo y la metodología fueron planeados para atender las necesidades de un mercado muy específico (la planta estudiada). No significa esto que no pueda adaptarse a otros negocios con rasgos característicos similares, peor no es un objetivo del presente trabajo que así sea.

5.3 Resultados esperados potencialmente

Para visualizar el futuro a mediano plazo se requiere trazar metas en los factores que afectan en el desempeño de la planta. En base al conocimiento que se tiene sobre las debilidades y fortalezas, se trazaron los siguientes objetivos. Es evidente que se tomaron en cuenta recursos disponibles, capacidades del personal empleado y operario, potencial no utilizado de sistemas informáticos, complejidad de las tareas a ser realizadas, etc. para definir hacia donde se quiere llegar en un futuro no muy lejano.

Los cambios presentados en la organización esperados se van a estudiar reflejados en un estudio que se realice 12 meses después de la cristalización del cambio (kaikaku). Se tendría como meta, conseguir resultados como los que se muestran a continuación:

ESPERADO

CLAVE	DESCRIPCIÓN	CALIFIC.
1	LIMPIEZA Y ORGANIZACIÓN	3.0
2	OBJETIVOS DE LA ADMINISTRACIÓN	3.0
3	EQUIPOS DE MEJORA	2.0
4	REDUCIR INVENTARIO	2.5
5	CAMBIOS RÁPIDOS DE MODELO	2.5
6	ANÁLISIS DE VALOR	2.5
7	CERO SEGUIMIENTO MÁQ. AUTOMÁTICAS	2.5
8	CONEXIÓN ENTRE PROCESOS	3.5
9	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	2.0
10	CONTROL DE TIEMPO Y COMPROMISO	3.0
11	SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	3.0
12	DESARROLLO DE PROVEEDORES	1.5
13	DESCUBRIR EL DESPERDICIO	2.0
14	FACULTACIÓN PARA LA MEJORA	2.0
15	FLEXIBILIDAD Y ENTRENAMIENTO CRUZADO	2.0
16	PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	3.0
17	CONTROL DE LA EFICIENCIA	2.0
18	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	3.0
19	CONSERVANDO ENERGÍA Y MATERIALES	2.0
20	TECNOLOGÍA	2.5
	CALIFICACIÓN FINAL	2.5

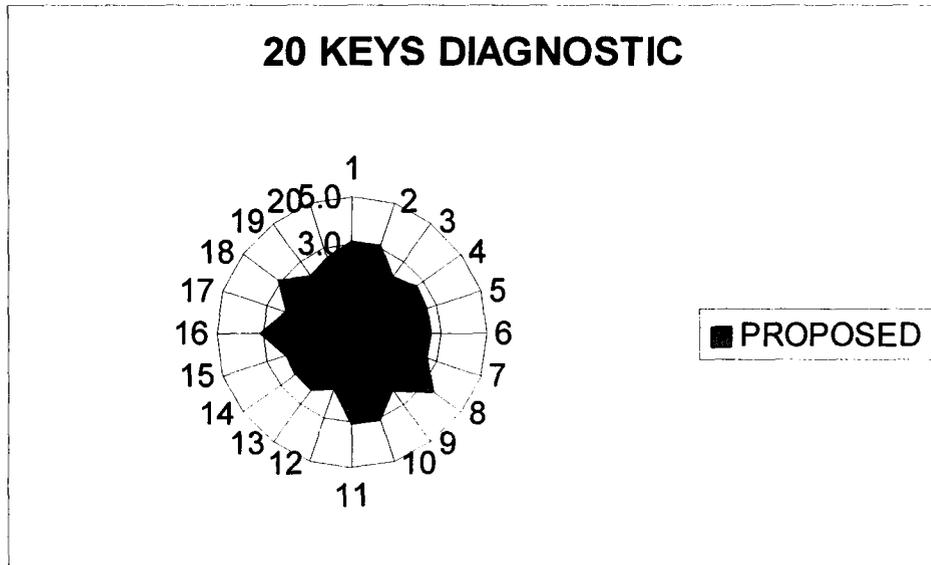


Fig. 5.1 Calificación futura en base a criterios de Kobayashi

Otra manera de evaluar el proceso de transformación es mediante los indicadores más importantes en la planta. Estos son los indicadores que la gerencia mencionó como los más cruciales y se muestra un estimado de la mejora en un porcentaje en base a los estudios de mapeo de procesos y de pláticas con la gerencia.

- 1) Ganancia con clientes (aumento estimado:10-15%)
- 2) Productividad (aumento estimado: 20-25%)
- 3) Satisfacción del cliente (aumento estimado: 5-10%)
- 4) Costo unitario (reducción estimada: 10-15%)
- 5) Costo de inventarios totales (reducción estimada:15-25%)

Se incluyen también algunos de los indicadores que tal vez no se encuentran en la lista de KPI's de la planta, pero que son medibles muy importantes según la óptica de la creación de valor:

Indicador	Actual	Esperado	Diferencia
Proporción de valor agregado (%)	3.0%	7.9%	163.3%
Servicio de entregas (%)	75.0%	90.0%	20.0%
Tiempo muerto por mantenimiento (%)	12.0%	10.0%	-16.7%
PPM internos (ppm estaciones criticas)	18,000	15,000	-16.7%
Producción por hora (pzas. / hora)	410	467	13.9%
Espacio utilizado (m ²)	924	791	-14.4%
Distancia recorrida (m)	188	130	-30.9%
Inventario en proceso (Días)	16	12	-25.0%
Tiempos de preparación por máquina (min./turno)	25	10	-60.0%
Productividad (pzas/turno-hombre)	100	125	25.0%

Fig. 5.2 Tabla de indicadores para evaluar implementación

Además se recomienda revisar los indicadores periódicamente que Goldratt postula como vitales en su Teoría de Restricciones (hasta ahora no revisados):

- 1) Ganancia neta
- 2) Retorno sobre la inversión
- 3) Flujo de efectivo

Impacto económico de la propuesta

Uno de los puntos más relevantes en cualquier propuesta de cambio es el cálculo de los ahorros económicos que se generarán durante la implementación y después de concluida ésta. La estimación de los diferentes renglones que conforman el impacto económico de esta tesis se realizó en base a datos reales del último inventario físico, revisión de restricciones y capacidades y del historial registrado en el presente año acerca del comportamiento de algunas variables. Para lo anterior se requirió información a personal de las áreas de materiales, compras, producción, calidad y gerencia. Por otro lado, se están considerando costos de los proyectos en las diferentes etapas. Haciendo un recuento de las necesidades de recursos observadas en el cronograma, se visualiza que una gran parte de los requerimientos de inversión del proyecto es la capacitación o adquisición de conocimientos y conciencia sobre las nuevas metodologías. Además, se ha considerado la contratación de un empleado más para abrir la posibilidad de dedicar tiempo a las actividades de una manera más directa

sobre las posibilidades de ahorro. Es bueno hacer la indicación que históricamente, esta planta ha generado aproximadamente USD \$700,000 como utilidades anuales libres de impuestos, por lo que un ahorro proyectado de USD \$ 150,000 significa un 20% aproximadamente, de incremento en ganancias de un año a otro. En los siguientes años se espera un ahorro anual de aproximadamente USD \$100,000, lo cual significa un 14% aproximadamente, de incremento anualizado.

IMPACTO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

<u>Productividad</u>	Actual	Esperado	Ahorro	% Ahorro
Aumento de productividad	527,040	604,800	-77,760	14.8%
Mano de obra directa	645,000	592,500	-52,500	-8.1%
Fletes aéreos (retardos)	6,167	1,000	-5,167	-83.8%

Inventario

Inventario materia prima	409,091	368,182	-40,909	-10.0%
Inventario producto en proceso	73,940	23,651	-50,289	-68.0%
Inventario producto terminado	172,727	155,455	-17,273	-10.0%
Costo de acarreo de inventarios	32,788	27,364	-5,424	-16.5%
Costo del espacio utilizado	84,360	78,300	-6,060	-7.2%

Calidad

Costo de mermas/año	132,000	108,000	-24,000	-18.2%
Costo reclamaciones de clientes	15,000	12,000	-3,000	-20.0%

Costos del proyecto

Salarios		15,000
Capacitación empleados 04		8,000
Costos kaikaku 04		3,000
Capacitación/ asesoría año 03		0
Capacitación/ asesoría año 04		100,000
Capacitación/ asesoría año 05		50,000
Capacitación/ asesoría año 06		0

Ahorros generados

Total de ahorros año 03		0
Total de ahorros año 04		-156,382
Total de ahorros año 05		-108,911
Total de ahorros año 06		-158,911

Valores asumidos

Margen por pieza actual	0.2	USD/pieza
Días trabajados/año	288	Días/año
Tasa estimada acarreo anual	5.0%	
Producción actual/día	9,150	
Producción esperada/día	10,500	

Cantidades en dólares estadounidenses.

Fig. 5.3 Tabla de estimación de impacto económico

Por otro lado, se estima que la producción aumente considerablemente gracias a un incremento en la eficiencia del personal operador, al mismo tiempo que se reduce la cantidad de gente para alcanzar las metas diarias de producción. Esto elevará la productividad y generará una serie de ahorros muy altos.

Fig. 5.3 Tabla de estimación del impacto económico

5.4 Mejoras futuras

Si bien se ha concluido un modelo de manufactura esbelta, es claro que aún antes de la implementación se puedan detectar mejoras a la propuesta. Se listan algunas para ser evaluadas en el futuro.

- Utilizar líneas de ensamble en forma de U. Esto permitiría correr una línea con la cantidad de gente disponible. De esta manera se balancearía más fácilmente la capacidad de horas hombre.
- Más adelante, se puede pensar en introducir procesos que hoy se encuentran en otras instalaciones de proveedores o instalaciones inter-compañías. Dos oportunidades muy claras son la utilización de máquinas de inyección de cinc y/o de plásticos.
- Por otro lado, existe la posibilidad de utilizar capacidad de alguna otra división de la empresa y que se encuentra en el mismo edificio, para surtir metal estampado.
- En el layout futuro de la familia B6 (30% de la demanda) es posible ahora ensamblar como un B0 (70%) solamente reemplazando una operación más lenta por una más rápida. Esto es gracias a una mejora tecnológica en un proceso automatizado. Esto actualmente se está utilizando sin problemas, pero aún se encuentra en etapa de piloto.
- Es posible realizar una determinación de tiempos mediante la utilización de métodos para ello. No se consideró en esta ocasión esta opción debido a que el tiempo no fue el suficiente para llevarlo a cabo y a que las operaciones son en cierta manera predecibles y son pocas. A futuro se puede considerar realizar una predicción via predeterminación de tiempos mediante el uso de ingeniería industrial pura.
- Realizar un estudio de QFD para conocer el punto de vista del cliente en cuanto al significado del término valor.
- Proponer un proyecto por fases al cual se vaya midiendo los riesgos y la factibilidad de ser desarrolladas cada una de ellas.
- Usar simulación de procesos en paquetes de computación como una validación del proyecto incluso antes de ser implementado.

5.5 Conclusiones

Una de las fuerzas más grandes que puede poseer un medicamento, una escuela, un negocio, una nueva metodología, etc. es que luego de ser probada y de revisar los resultados estadísticamente, se compruebe su efectividad. Desafortunadamente este estudio no fue diseñado para dicha comprobación de tipo estadístico. A pesar de que

se realizó una pequeña búsqueda para ello sin mucho éxito, de manera personal el autor de este escrito se permite decir que sería un estudio muy certero e interesante el revisar el grado de madurez de diferentes empresas y correlacionarlo contra sus indicadores financieros. Partiendo de la hipótesis de que a mayor grado de implementación de las técnicas de manufactura esbelta, se obtiene una mayor rentabilidad a largo plazo, se podría revisar el estudio en cierta zona y/o dependiendo del giro del negocio.

Abajo se muestra un ejemplo de lo que sería una de las salidas más importantes de este proyecto o estudio futuro. Esta gráfica representa cualitativamente y de manera imprecisa lo que se esperaría del estudio descrito líneas arriba. No es válido para propósitos de simulación ni como un pronóstico exacto de lo que se obtendrá como resultado.

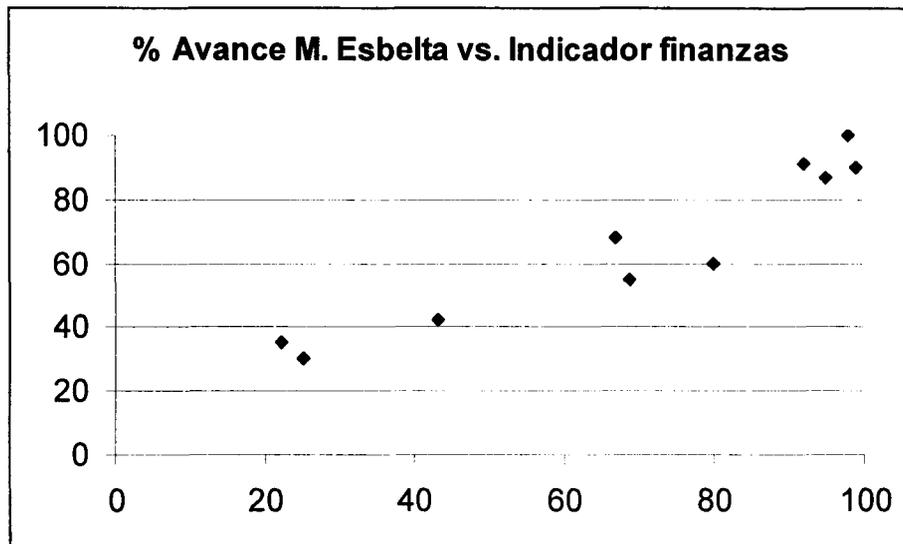


Fig. 5. 4 Gráfica de correlación finanzas vs. grado de implementación esbelta

Evidentemente el modelo matemático de esta gráfica se vería más o menos de esta manera:

$$y = f(a_1, a_2, a_3, + \dots +, a_n)$$

Donde y significa el valor del indicador financiero y cada una de las variables a_1 hasta a_n , son los avances en aspectos o componentes de la manufactura esbelta.

Por otro lado, la intensa investigación efectuada para la realización de esta tesis permitió llegar a la conclusión personal del autor que a mayor nivel de conocimientos es mayor la *autoconfianza* de lograr mejoras sustanciales, esto en conjunto con la madurez o *inteligencia emocional* que se espera de cualquier profesionalista.

El presente estudio pudo haber sido mucho más detallado. Sin embargo, tomaría realmente una cantidad muy grande de tiempo, lo cual no permitiría que se lograra al menos uno de los dos objetivos principales de esta tesis. Estos son: a) realizar un estudio que permita al autor postularse para terminar los estudios de posgrado en una universidad muy importante y b) proponer a la alta dirección (no solamente la gerencia local, sino la corporativa) un modelo que sea factible, ya que es una estrategia muy clara de parte de la administración de los altos mandos y no es posible permanecer inmóvil ante esta expectativa. El potencial que se visualiza es muy grande y debe ser aprovechado en cuanto sea posible.

BIBLIOGRAFÍA

(1) Womack, James; Jones, Daniel
Lean Thinking
Simon & Schuster
1996

(2) Hines, Peter; Silvi, Riccardo; Bartolini, Monica
Lean Profit Potential
Lean Enterprise Research Centre
2002

(3) Rother, Mike; Shook, John
Learning to See
The Lean Enterprise Institute
1998

(4) Gonzalez de la Torre, Jose Edmundo
Tesis: Metodología para Implementar Sistemas de Manufactura Esbelta en
Operaciones de Ensamble
ITESM
1998

(5) Iwao Kobayashi
20 Keys to Workplace Improvement
Productivity Press. USA
1995

(6) Chase, Richard; Aquilano, Nicholas; Jacobs, Robert
Production and Operations Management
McGraw-Hill
1998

(7) Shingo, Shigeo
Una revolución en la producción: el sistema SMED
Productivity Press
1993

(8) Goldratt, Eliyahu
La Meta
Editorial Castillo
1992

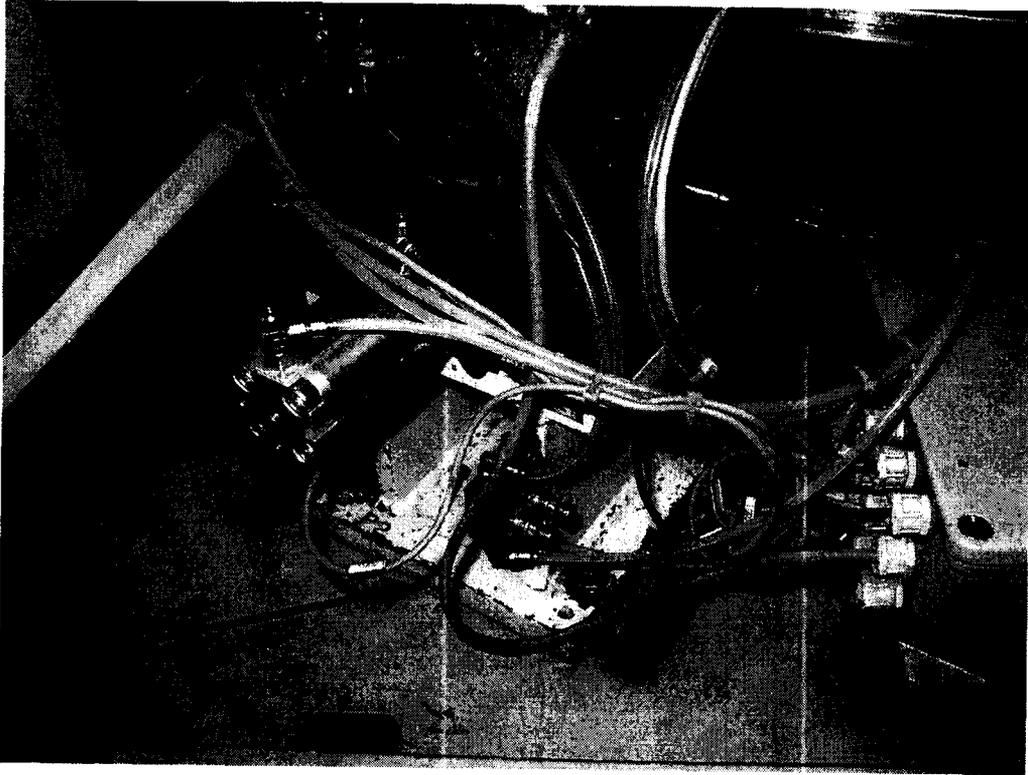
(9) Goldratt, Eliyahu
La Carrera
Editorial Castillo
1996

(10) Garza Rodríguez, Manuel
Tesis: Sistema de Formación en Mantenimiento Total Productivo (TPM) Enfocado a
Mandos Intermedios de Manufactura
ITESM
1995

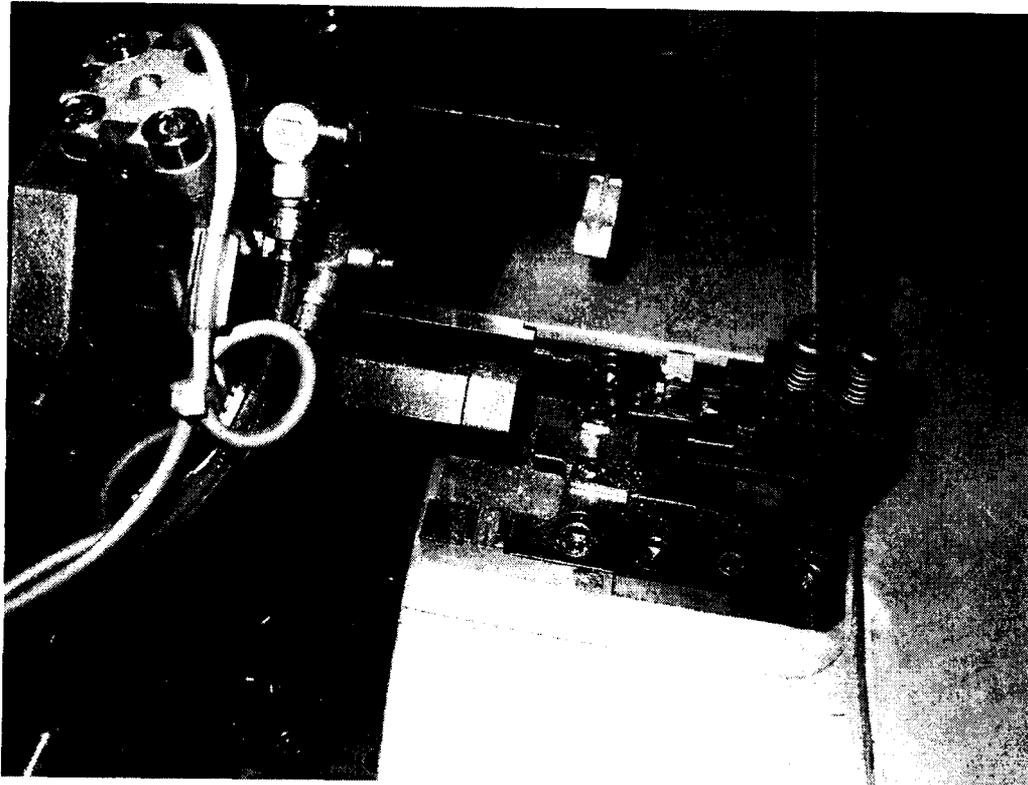
ANEXOS

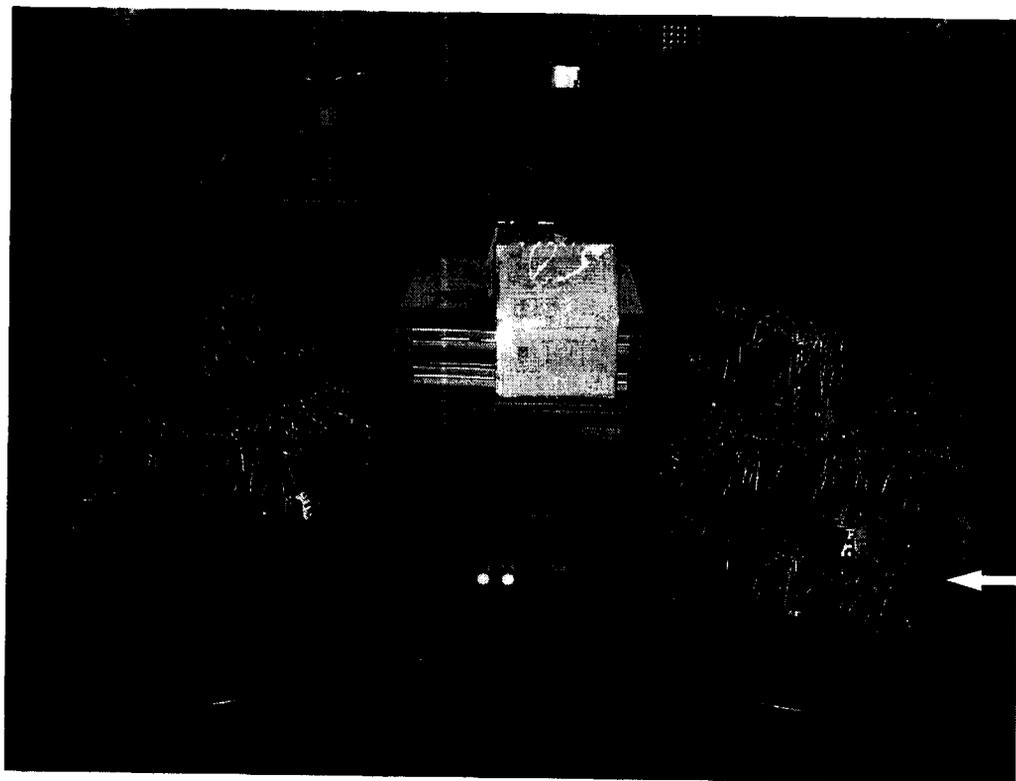
1. Fotografías de la máquina 115
2. Fotografías de “pinos”, usados para transportar material de una operación a otra
3. Cronograma de aplicación tentativo

Base que
pierde su
posición en
cada setup



Herramienta
que realiza
el doblado en
la pieza





Material a
muy baja
altura



PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA

		2003												2003				2004											
		ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC		ENE		FEB	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4
FASE 1: ADQUIRIR CONOCIMIENTOS Y REALIZAR DIAGNÓSTICO																													
1	Definir de manera práctica los conceptos de manufactura esbelta																												
	Encontrar un agente de cambio y formar un equipo de implementación																												
	Comprender de una manera aplicada los conceptos de manufactura esbelta (capacitación y concientización)																												
	Extender conocimientos a todo el personal de la planta																												
2	Establecer las estrategias básicas del negocio y los indicadores de desempeño																												
	Reconocer los puntos fuertes y débiles de la compañía																												
	Establecer indicadores de desempeño																												
	Establecer metas para los indicadores mencionados																												
	Definir las cadenas de valor de procesos clave																												
	Decidir enfoque de primeros proyectos																												
3	Comprender el valor desde el punto de vista del cliente																												
	Encuesta: Voz del cliente																												
	Encuesta: nivel de satisfacción actual del cliente																												
4	Realizar el mapeo de procesos (diagnóstico de situación actual)																												
	Realizar el mapeo de procesos (material)																												
	Realizar el mapeo de procesos (información)																												
	Realizar diagrama de spaghetti																												
	Revisar estrategia actual de producción																												
	Revisar estrategia actual de manejo de inventarios																												
	Revisar estrategia actual de calidad																												
	Estudiar nivel de madurez del sistema (20 Claves)																												

