



UNIVERSIDAD LA SALLE

FACULTAD DE NEGOCIOS

ESTUDIO DE CASO

“AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD CON EL USO DE LA ESTRATEGIA
LEAN MANUFACTURING Y HERRAMIENTAS DE MEJORA CONTINUA”.

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN PLANEACIÓN Y SISTEMAS

PRESENTA:
RODOLFO MARCELO HERNÁNDEZ SILVA.

Asesor: MTRO. RENÉ FLORES BACA

Ciudad de México, .

2020.

Ciudad de México a 30 de septiembre de 2020

MTRA. ANA MARCELA CASTELLANOS GUZMÁN
DIRECTORA DE GESTIÓN ESCOLAR
UNIVERSIDAD LA SALLE
P R E S E N T E

Le informo que el (la) C. _____

RODOLFO MARCELO HERNÁNDEZ SILVA

Egresada (o) de la Facultad de: _____
Negocios

de la **UNIVERSIDAD LA SALLE**, de la Maestría en: _____

**PLANEACIÓN Y
SISTEMAS**

Ha realizado el trabajo Elaboración de un Estudio de Caso titulado: **“AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD CON EL USO DE LA ESTRATEGIA LEAN MANUFACTURING Y HERRAMIENTAS DE MEJORA CONTINUA.”**

De conformidad a la modalidad de obtención de grado, sin Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios.

Cumplió con todos los requisitos y el trabajo que fue elaborado bajo mi conducción, tiene la calidad suficiente para ser la base de sustentación de su Examen de Grado por lo que se le autoriza presentarlo.



Mtro. José Ramón Barreiro Iglesias
Director de la Facultad de Negocios

Para los que cada día están conmigo dándome
inspiración, fortaleza y amor:
Gaby mi pareja de vida
y mis hijos Guillermo y Mariana.

Agradecimientos a:

Mtro. René Flores Baca por su orientación y consejos.

Lic. Marcela Lagunas Martínez y Mtra. Miriam Ortega Orozco por su apoyo a lo largo de este proceso.

Msc. Albio Espinoza Vázquez y Carlos Santos por ser mis mentores a lo largo de mi carrera profesional, guiarme y apoyarme en las exitosas transformaciones Lean que hemos logrado.

**Aumento de Productividad con el uso de la Estrategia Lean Manufacturing y
Herramientas de Mejora Continua.**

Rodolfo Marcelo Hernández Silva.

Octubre de 2020.

Universidad La Salle México.

Maestría en Planeación y Sistemas.

Estudio de Caso para la obtención de grado.

2. Índice.

3.	Introducción.....	6
	3.1 Objeto de estudio	6
	3.2 Contexto.....	6
	3.3 Problema	8
	3.4 Estructura de documento	8
4.	Objetivos	9
5.	Descripción del problema.....	10
6.	Marco Conceptual	13
	6.1 Lean Manufacturing.....	13
	6.2 Tiempo Takt.....	16
	6.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos)..	16
	6.4 Cadena de Valor	17
	6.5 Ciclo de Valor.....	17
	6.6 Manufactura Celular	18
	6.7 Célula de Manufactura.....	19
	6.8 Kaizen	19
	6.9 Sistema de Pull	20
	6.10 Operación estándar	20
	6.11 Secuencia de trabajo	21
	6.12 Tiempo ciclo del operador TCO	21
	6.13 Tiempo ciclo de máquina TCM	22
	6.14 Observación de tiempos.....	22
	6.15 Productividad.....	23
	6.16 Eficiencia	26
	6.15 Eficacia	26
7.	Procedimiento Metodológico	27
	7.1 Identificación de valor	27
	7.2 Mapear la cadena de valor	30
	7.2.1 Diagnóstico de las condiciones actuales	30
	7.2.2 Identificar oportunidades de mejora	33
	7.2.3 Desarrollar plan estratégico de eventos Kaizen enfocados a la mejora de productividad.....	35
	7.3 Crear flujo.....	37
	7.3.1 Identificar grupos de producto para definir las células de producción	38
	7.3.1.1 Comportamiento vs. la Demanda.....	39
	7.3.1.2 Tiempo ciclo de ensamble, herramientas/fixtures	42
	7.3.2 Tiempo Takt y células.....	44
	7.3.3 Balanceo de células al Tiempo Takt	47
	7.3.4 Resultados	58
8.	Alternativa de solución.....	62
9.	Conclusiones	64
10.	Fuentes de Consulta.....	65

3. Introducción.

3.1 Objeto de estudio.

El objeto del presente Estudio de Caso es la productividad del área de ensamble de dispositivos de infusión en la compañía “MSM” (industria médica) y aumentarla mediante el uso y la implementación de la Estrategia Lean y herramientas de mejora continua.

3.2 Contexto.

La compañía “MSM” cuenta en México con dos locaciones, una en la ciudad de Tijuana con 3 plantas y 1,800 empleados (directos e indirectos) y en la ciudad Monterrey con 550 empleados.

En la planta de la ciudad de Monterrey se fabrican soluciones para tres segmentos de mercado diferentes: Cardio (para uso cardiovascular), Obstetrics (obstétrica) e Infusion Disposables (desechables para infusión).

La metodología que describiré fue implementada con éxito en toda la operación de México y para este Estudio de Caso únicamente me centraré en la planta de la ciudad de Monterrey en la unidad de negocio de “Infusión Disposables” dedicada a fabricar soluciones de sistemas de infusión desechables cuyo ensamble es intensivo en mano de obra.



Fig. 3.2.1. Ejemplo de productos desechables de infusión. Ref. Catálogo de productos empresa “MSM”.

Antes de la implementación de esta metodología la forma en que la compañía intentaba resolver los problemas carecía de un proceso metodológico para definir el orden de atención o prioridades. Los problemas no se resolvían de raíz y se hacían crónicos. Esto solo generaba mejoras temporales, frustración y gastos adicionales.

Los objetivos de la compañía no se han logrado y como consecuencia se tiene una operación y productividad deficientes.

La compañía “MSM” ha hecho esfuerzos por mejorar el desempeño de la operación sin lograr resultados significativos y permanentes, adicionalmente al haber cambios de los responsables de los procesos, ya fueran operativos o administrativos, los logros se perdían.

3.3 Problema.

El problema es aumentar la productividad en la unidad de negocio de “Infusion Disposables”. Al inicio de la implementación de esta metodología el indicador de productividad del área de “Infusion Disposables” era:

Productividad: 82 piezas por trabajador por hora.

Con un total de 78 trabajadores directos y un volumen de producción pronosticado para el año de 3,422,349 unidades fabricadas en 8 líneas de producción.

Ver la definición de productividad en el inciso 6. Marco Conceptual.

3.4 Estructura del documento.

La estructura del presente documento se basa en los requerimientos que deberán tener los Estudios de Caso definidos por la Universidades La Salle en la Facultad de Negocio:

3. Introducción.
4. Objetivos.
5. Descripción del problema.
6. Marco Conceptual.
7. Procedimiento Metodológico.
8. Alternativas de solución
9. Conclusiones
10. Fuentes de consulta.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Utilizar la metodología de Lean Manufacturing y el uso de herramientas de mejora continua para aumentar la productividad en la unidad de negocio de Infusion Disposables al menos en 50%.

Objetivos específicos.

- 1) Desarrollar plan estratégico de eventos de mejora.
- 2) Reducir el número de operadores asignados en 10% balanceando las operaciones de ensamble.

5. Descripción del problema.

Antecedentes,

La estructura organizacional de la compañía “MSM” es de tipo funcional, la Gerencia de Producción que reporta al Gerente de la Planta solo es responsable de la producción y sus principales medidas de desempeño están enfocadas a la utilización de la mano de obra. La organización llama “Eficiencia” al tiempo que el personal directo está “en producción” sin importar el cumplimiento del programa, los pedidos de los clientes y la productividad. Ver la definición de Eficiencia en el inciso 6.16.

En realidad, no importa cuánto personal se tenga asignado, el cálculo del personal se basa en el presupuesto de horas estándares (tiempo de ensamble teórico): 78 operadores directos.

Los indicadores principales son:

Indicador	Antes de la transformación
Líneas de producción	8
Espacio utilizado	122 m ²
Cumplimiento del programa (promedio mensual del año en curso)	70%
Operadores	78
Productividad (pza. por trab / hora)	82

Tabla 5.1. Indicadores principales.

La plantilla o distribución de operadores es la siguiente:

Distribución de Mano de Obra	
Área	No. Op. Líneas
Sub. ensambles	4
Ensamble	58
Empaque	16
Total	78

Tabla 5.2. Plantilla de operadores.

En cualquiera de las líneas se puede producir alguno de los 226 productos del catálogo, por lo que no hay un enfoque a la demanda del cliente, esto es, si son de alto o bajo requerimiento o de tipo fabricación contra pedido. Adicionalmente, no se tiene a ciencia cierta conocimiento de cuantos operadores forman la plantilla asignada por línea y para cada catálogo. Se “asigna” al personal operativo de acuerdo con las urgencias de producción.

Otras condiciones de operación:

- Los tiempos de ensamble de cada operación se han definido con datos históricos sin una base metodológica de ingeniería industrial o de Lean Manufacturing (como la que se utilizará en este Estudio de Caso descrita en 7. Procedimiento Metodológico 7.3 Crear flujo).
- Los operadores se retiran de su posición para surtirse de material.
- La asignación de la línea en la que se fabrica la orden del cliente depende de la disponibilidad de las líneas.

- El tiempo promedio para cambiar de producto en una línea (“Line Clearance”) es de 30 min.
- El Tiempo de Entrega (Lead Time) de una orden de producción es en promedio 1.5 días (orden de 500 pza. con 4 operadores).
- Hay tiempo no productivo.
- La asignación de actividades para cada operador es deficiente por lo que no se cumple con el tiempo estándar de fabricación definido.
- Tiempo ciclo promedio (tiempo de ejecución) de ensamble es 0.04437 horas.

Problema.

En la unidad de Infusion Disposables hay que incrementar la productividad.

6. Marco Conceptual.

6.1 Lean Manufacturing.

Lean Manufacturing, es una estrategia que enfatiza la minimización de la cantidad de recursos (incluyendo el tiempo) usados en la realización de todos los procesos de la compañía. Implica la identificación y eliminación de todas las actividades que no agregan valor, desde la concepción del producto/servicio hasta su entrega.

Podemos hablar de 4 grandes eventos o “revoluciones” en la industria que han cambiado la gestión de operaciones para maximizar los resultados de las compañías (Ref. Lean Overview, Lean Manufacturing Series, 2013 Gemba Academy LLC.):

- 1) El nacimiento de la organización científica del trabajo por Frederick Winslow Taylor. El Taylorismo en organización del trabajo, hace referencia a la división de las distintas tareas del proceso de producción. Fue un método de organización industrial, cuyo fin era aumentar la productividad y evitar el control que el obrero podía tener en los tiempos de producción. Está relacionado con la producción en cadena. El Taylorismo elaboró un sistema de organización racional del trabajo expuesto en la obra *The Principles of Scientific Management* (1911), Dover Publications.
- 2) El desarrollo de la cadena de montaje. En 1910 Henry Ford lanzó la moderna línea de montaje para su fábrica en Highland Park, en las afueras de Detroit, con la que consiguió reducir los costes de la producción al usar partes estandarizadas y un

montaje más eficiente. Además, consiguió llevar el lujo, la comodidad y la libertad del automóvil a las masas. Dijo algo muy importante para la eliminación de desperdicio: “La clave es mantener todo en movimiento y llevar el trabajo hacia el hombre y no el hombre al trabajo. Este es un principio real de nuestra producción y los transportadores son solo uno de tantos medios para alcanzar un fin.”

- 3) Taiichi Ohno en 1949 desarrolla el concepto de "eliminación de desperdicios". En 1951 Ohno refina el Sistema de Producción Toyota para incluir control visual, el sistema de sugerencias de empleados, la reducción del tamaño de lotes y el sistema de Kanban. En el hemisferio occidental es conocido como Lean Manufacturing con la primera traducción al inglés en 1975.
- 4) Masaaki Imai en 1986 publica su libro Kaizen: The key to Japan's competitive success. New York, Ltd.: McGraw-Hill, en el que define la metodología para los grupos de alto impacto enfocados a resolver problemas y eliminar desperdicios.

Estas “revoluciones” han definido Lean Manufacturing y su filosofía de mejora continua como un medio para incrementar la productividad. Utiliza varias herramientas como: SMED (cambios rápidos de modelo), Kanban, TPM (mantenimiento productivo total), Value Stream Mapping, Kaizen entre otros. (Ref. Material de entrenamiento Lean Manufacturing, 2001 TBM Consulting Group, Inc.).

Los conceptos claves de Lean Manufacturing son:

- 1) Trabajar al ritmo del Tiempo Takt (6.2).
- 2) Trabajar en un flujo estructurado de una pieza a la vez y
- 3) Establecer el sistema de Pull (6.9).

Al eliminar los desperdicios reducimos significativamente el tiempo de entrega en toda la cadena de valor de una compañía. Las herramientas de Lean Manufacturing aplican a cualquier tipo de proceso ya sean operativos o administrativos.

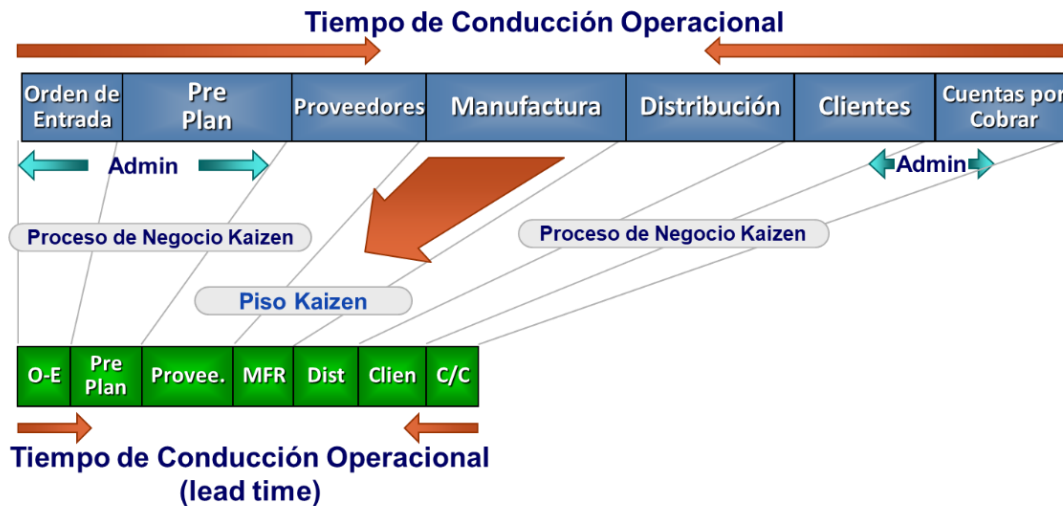


Fig. 6.1.1. Reduciendo el Tiempo de Conducción en la Cadena de Valor. Ref. propia.

La exitosa implementación de la estrategia Lean Manufacturing requiere una planeación secuencial de actividades enfocadas a la creación de valor y de flujo en toda la cadena. La siguiente es la secuencia que mayores resultados ha demostrado y que se utilizó como base conceptual en este Estudio de Caso:

- 1) Identificar la necesidad estratégica de flujo.
- 2) Definir un Líder del VS (Value Stream) y la organización: base para la sustentabilidad de Lean.
- 3) Identificar las familias de productos.
- 4) Crear un mapa de flujo de valor del estado actual.
- 5) Crear un mapa de flujo de valor de estado futuro.

- 6) Crear planes de acción detallados: Plan Maestro de Kaizen.
- 7) Iniciar la transformación del Value Stream.
- 8) Comunicar y publicar las mejoras: Gestión Diaria de la Mejora.
- 9) Regresar al VS para iniciar el proceso de nuevo: Mejora Continua.

6.2 Tiempo Takt.

Establece el “RITMO” que iguala la Producción con la demanda de los clientes. Es el “Director” de cualquier sistema de producción Lean. (Ref. Material de entrenamiento Lean Manufacturing, 2001 TBM Consulting Group, Inc.).

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo de Producción Disponible / Período}^*}{\text{Requerimientos del Cliente / Período}^*}$$

* Los períodos deben ser consistentes
(turno, día, semana . . .)

6.3 OEE (Overall Equipment Effectiveness o Efectividad total de los Equipos).

Es una razón porcentual que sirve para medir el aprovechamiento global de la maquinaria o sistema. $OEE (\%) = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad} \times 100\%$.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{T. Disponible} - \text{T. Muerto}}{\text{Tiempo Disponible}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{TCM} \times \# \text{ Partes Producidas}}{\text{Tiempo de Operación}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\# \text{ Partes Prod.} - \# \text{ Partes Defectuosas}}{\# \text{ Partes Producidas}}$$

TCM = Tiempo Ciclo de Máquina,

(Ref. Material de entrenamiento Lean Manufacturing, 2001 TBM Consulting Group, Inc.).

6.4 Cadena de Valor.

Se conoce como cadena de valor a un concepto teórico que describe el modo en que se desarrollan las acciones y actividades de una empresa. Las cadenas de valor abarcan todas las partes de un proceso. (Ref. Material de entrenamiento empresa “MSM”).

6.5 Ciclo de Valor.

El valor agregado hace referencia al valor que se aporta en un proceso tanto a un producto como a un servicio lo que trae como consecuencia que tanto el producto/servicio posea un mayor valor que al principio de un proceso productivo. Indica la capacidad de generación de valor de una empresa. (Ref. Material de entrenamiento empresa “MSM”).

Es un ciclo que no termina, es la mejora continua, los pasos son: 1) Identificar el valor (la cadena), 2) Mapear la cadena de valor, 3) Crear flujo, 4) Establecer sistema de Pull y 5) Buscar la perfección.

Ciclo de Valor



Fig. 6.4.1. Ciclo de valor. Ref. Material de entrenamiento empresa "MSM".

6.6 Manufactura Celular.

Agrupar máquinas y operaciones secuenciales, a través de las cuales se pueda producir una unidad completa, es decir, de principio a fin sin incurrir en desplazamientos, lo que reduce el inventario en proceso y mejora el flujo de la producción a través de un flujo continuo. (Ref. Material de entrenamiento empresa "MSM").

6.7 Célula de Manufactura.

Grupo de equipos basado en familias de producto con características similares de: forma, herramental, cambios de modelos y manejo de materiales. El uso de células de trabajo resulta en: reducción de tiempos de espera, simplificación del control de la producción, reducción del espacio utilizado, reducción en el movimiento de materiales, retroalimentación inmediata.

Estas ventajas llevan a: mayor flexibilidad de producción, reducción de los lotes de producción, mejoras de calidad, trabajo en equipo. (Ref. Material de entrenamiento empresa “MSM”).

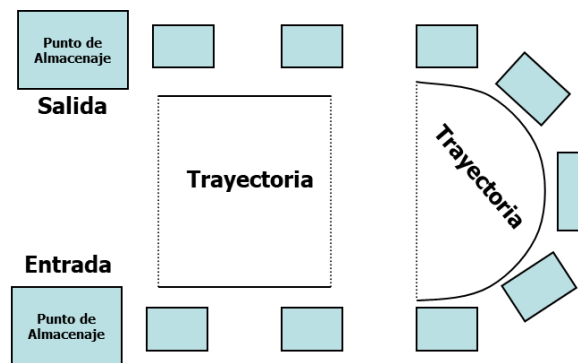


Fig. 6.6.1. Célula de manufactura. Ref. propia.

6.8 Kaizen.

Es un proceso de mejora continua que a través de grupos de alto impacto mejoran un proceso con el uso de herramientas de análisis y solución de problemas. (Ref. Masaaki Imai. Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success, ISBN-13: 978-0075543329, McGraw-Hill Education 1988).

6.9 Sistema de Pull.

Es una técnica de Lean Manufacturing para reducir el desperdicio de cualquier proceso de producción. La aplicación de un sistema pull permite comenzar un nuevo trabajo solo cuando exista una demanda de producto por parte del cliente. Esto brinda la oportunidad de reducir los gastos generales y optimizar los costes de almacenamiento. Los tamaños de las órdenes de producción son pequeños.

6.10 Operación estándar.

Es un trabajo o tarea consistente de uno o más elementos, usualmente realizado en una locación y que está asociado a un individuo, máquina, proceso, departamento o inspección.

- Es la mejor combinación de personas y máquinas al utilizar el mínimo de mano de obra, espacio, inventario y equipo al tiempo que mantiene el ritmo de producción al Tiempo Takt.
- El trabajo estándar describe los puntos clave del proceso, los procedimientos del operador, la secuencia de producción, las cuestiones de seguridad, los controles de calidad y otros pasos necesarios incluidos en el tiempo de ciclo.

6.11 Secuencia de trabajo.

Es la secuencia de pasos (elementos de trabajo) preestablecidos dentro de su ciclo de operación, es asignada a un trabajador donde el ciclo de operación esta balanceado al tiempo Takt.

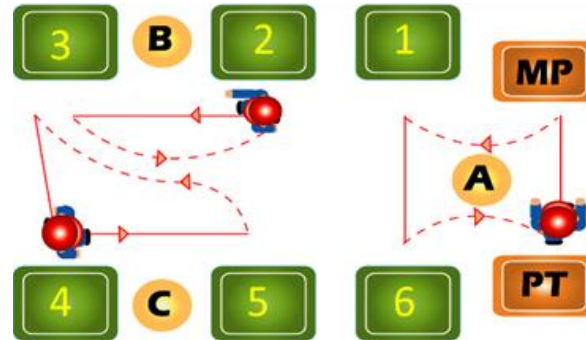


Fig. 6.10.1. Secuencia de Trabajo. Ref. propia.

En la figura anterior se muestra un ejemplo de la forma de trabajo y la secuencia de actividades en una célula de producción. En este caso el flujo de operaciones y de materiales es en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Esta célula tiene tres trabajadores, el operador A realiza 2 operaciones, la 1 en la que toma materia prima MP y la 6, al terminarla coloca el producto terminado PT en la ubicación definida. El operador B realiza las operaciones 2 y 3 y el operador C realiza las operaciones 4 y 5. Los movimientos son como lo indican las flechas. Todas las actividades se hacen dentro del Tiempo Takt.

6.12 Tiempo ciclo del operador TCO.

Es el intervalo de tiempo requerido por el operador para terminar el ciclo de sus actividades. Incluye operaciones manuales, caminar, inspeccionar, descargar o cargar máquinas, medir, etc. Incluye el tiempo ciclo automático de máquina.

6.13 Tiempo ciclo de máquina TCM.

Es el tiempo total de máquina para terminar un ciclo completo de maquinado, incluyendo carga y descarga.

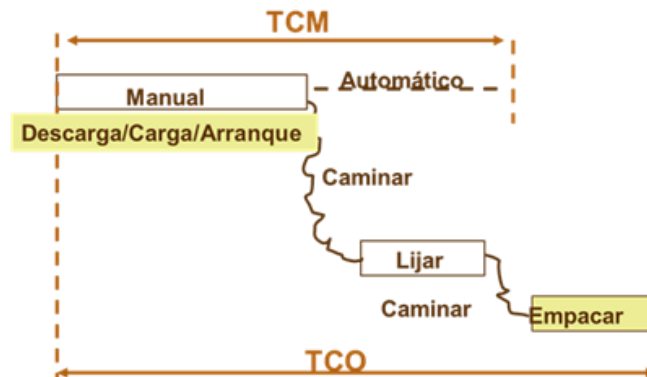


Fig. 6.12.1 Tiempo ciclo del operador, Ref. propia

6.14 Observación de tiempos.

Es la observación, medición y determinación de los tiempos relacionados a las actividades realizadas por el trabajador y la máquina. Son la base para: rutas, cálculo de capacidad, balances, costes, productividad, mejora, etc. En los estudios de tiempos y movimientos tradicionales, el tiempo estándar de una operación (tiempo requerido para que un operario trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación) se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo medio observado} + (\text{concesiones o tolerancias})$$

Las concesiones se deben a la fatiga del operador (factor de eficiencia u holgura). Normalmente en operaciones de ensambles manuales se agrega al tiempo estándar un 5% y otro 5% por necesidades personales (tomar agua, ir al baño y hasta platicar).

En la Metodología Lean usada en este Estudio de Caso no se utiliza la fórmula anterior, sino que partimos de la identificación de cada actividad que se realiza para fabricar un ensamble o producto y cronometramos 10 veces el tiempo de cada elemento. En este conjunto de observaciones siempre hay ocasiones en que la operación se realiza sin “contratiempos” esto es sin atoramientos o distracciones, situación que a lo largo del día no es consistente. El tiempo observado para estos casos tiende a ser el más rápido (menor) del conjunto. Por otro lado, hay observaciones en que habrá retrasos lo que implica un tiempo más lento, ambos casos no son representativos. Lo que necesitamos para un estándar es la consistencia y repetibilidad de las operaciones a lo largo del turno de producción. Es por esto por lo que asignamos el tiempo estándar como el menor tiempo “repetible” observado (él que debe suceder al menos 3 veces). Esta repetibilidad demuestra ser el tiempo más adecuado para ser definido como el tiempo estándar de la operación. El factor de eficiencia u holgura ya está considerado en los tiempos repetibles observados y los micro paros son eliminados con acciones correctivas y la mejora continua. Adicionalmente dejamos un margen para eventualidades (holgura) al balancear las operaciones al 90% del Tiempo Takt.

6.15 Productividad.

Productividad de acuerdo con el diccionario:

- De la real Academia Española dice,

1. Cualidad de productivo.

2. Capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, equipo industrial, etc.
3. Econ. Relación entre lo producido y los medios empleados, tales como mano de obra, materiales, energía, etc. La productividad de la cadena de montaje es de doce televisores por operario y hora.

- De APICS “Association for supply chain management”,

Una medida general de la capacidad de producir un bien o un servicio. Es la producción real de producción en comparación con la entrada real de recursos. La productividad es una medida relativa en el tiempo o contra entidades comunes (trabajo, capital, etc.).

Productividad laboral: Una medida de productividad parcial, la tasa de producción de un trabajador o grupo de trabajadores por unidad de tiempo en comparación con un estándar establecido o tasa de rendimiento. La productividad laboral puede expresarse como producto por unidad de tiempo o producto por hora laboral.

En ambos casos se establece una relación de la producción por unidad de tiempo y los recursos utilizados, en pocas palabras: $\text{Productividad} = \text{lo producido} / \text{unidad de tiempo}$

Al analizar matemáticamente la ecuación podemos tomar varios caminos para aumentar la productividad:

- 1) Hacer crecer el numerador. Producir más en el mismo tiempo. Esto se puede hacer aumentando el personal asignado, incrementar líneas de producción o comprar más equipo. En todas estas alternativas los costes se incrementan y disminuyen las utilidades.

- 2) Hacer menor el denominador. Hacer la misma cantidad de producción en menos tiempo. Alternativas pueden ser comprar equipo rápido o subcontratar proveedores. Ambas alternativas generan mayores costes.

De tal manera que nos es tan fácil aumentar la productividad simplemente haciendo más con menos.

Taiichi Ohno, inventor del Sistema de producción de Toyota y Lean Manufacturing, en su libro “Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production” Productivity, Inc. 1988, comparaba la productividad de la industria automotriz japonesa, más rezagada que la estadounidense (en aquel entonces) y hacía notar que la productividad de la industria japonesa podría incrementarse en un factor de diez veces eliminado el desperdicio en la cadena de valor. Esta idea dio inicio al Sistema de Producción Toyota.

En el contexto de Lean, la productividad va más allá de un simple pensamiento de hacer más con menos recursos o en la tradicional ingeniería industrial hacer un estudio de tiempos y movimientos para reducir el número de operadores en una línea de producción.

Lean se enfoca a la eliminación de desperdicios, crear flujo y la mejora continua en toda la cadena de valor. Debemos partir de este enfoque para desarrollar el plan táctico de la secuencia de mejoras para que la productividad sea efectiva y consistente al igualar el ritmo de producción a la demanda del cliente fabricando únicamente lo que se necesita cuándo se necesita, esto en la estrategia Lean es sincronizar las operaciones al Tiempo Takt.

La Estrategia Lean, el uso de la metodología aquí presentada y los resultados alcanzados de mejora en la productividad en 55%, la reducción de operadores en 14%,

demuestran que la eliminación del desperdicio, la mejora del flujo y sincronizar toda la cadena de valor con los requerimientos del cliente generan mejoras de productividad.

6.16 Eficiencia.

Se refiere a lograr las metas con la menor cantidad de recursos. En operaciones se utiliza:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{TCM} \times \# \text{ Partes Producidas}}{\text{Tiempo de Operación}}$$

TCM: Tiempo Ciclo de Máquina

6.17 Eficacia.

Consiste en alcanzar las metas establecidas en la empresa.

7. Procedimiento Metodológico.

La metodología usada se basa en el Ciclo de Valor (6.4 Marco Conceptual) que se describirá a continuación paso a paso a excepción de 4) Establecer sistemas de Pull y 5) Buscar la perfección que no forman parte de este Estudio de Caso.

Ciclo de Valor



Fig. 7.1. Ciclo de valor. Ref. Material de entrenamiento empresa "MSM".

7.1 Identificar el valor.

Para maximizar la eficacia en la implementación de las tareas y aumentar la productividad y el flujo de la operación debemos conocer el punto de partida del proceso.

Esto lo haremos al identificar el segmento de mercado/clientes y las líneas de producción asociadas.

Con este primer paso garantizamos una asignación de recursos y prioridades, esto es, no más problemas sin solucionar la causa raíz.

La mejor opción del segmento de mercado es aquella que tiene el mayor impacto en la operación para el cumplimiento de los objetivos de la planta. Esta decisión inicia al analizar los indicadores principales como la demanda, la rentabilidad del segmento y factores operativos.

Los datos o criterios seleccionados son:

Criterio	Descripción
Back Log.	Órdenes del cliente en firme.
Contribución de volumen %.	Contribución del segmento al volumen total de la planta.
Contribución al “Gross Margin” %.	Contribución al margen bruto de la planta.
Contribución a la eficiencia %.	Contribución a las horas productivas programadas (eficiencia) de la planta.
WIP.	Unidades de inventario en procesos (días).
LT.	Tiempo de entrega (días).

Tabla 7.1.1. Criterios de selección.

Debemos contestar a la pregunta: ¿cuál es el segmento con mayor demanda? Para contestar necesitamos conocer el volumen demandado para cada segmento de mercado, ranquear y asignar una calificación en base a su posición vs. el total de la planta.

Ejemplo, para la contribución de volumen pronosticado para los siguientes 12 meses:

Segmento	Volumen pza.	% Vol. vs. Total	Calif. Rank
Cardio	6,142,741	58%	1
Obstetrics	1,047,966	10%	3
Infusion Disponables	3,422,349	32%	2
Total	10,613,056		

Tabla 7.1.2. Contribución de volumen pronosticado.

En este caso, el segmento de Cardio esta ranqueado número 1, sin embargo, falta revisar el comportamiento de los segmentos bajo los otros criterios para hacer la selección final.

Continuando con la mecánica de ranqueo para los otros criterios en la siguiente tabla se muestra el resumen del resultado del análisis de datos. La calificación más baja del total es la que tiene mayor impacto en la cadena de valor completa, de tal manera que el segmento de mercado (al que de ahora en adelante llamaremos VS por Value Stream) seleccionado es **Infusion Disponables**.

Segmento	Back Log	Contribución de volumen %	Contribución al "Gross Margin" %	Contribución a la eficiencia %	WIP DOH	LT	Total
Cardio	2	1	3	2	3	2	13
Obstetrics	3	3	1	3	2	3	15
Infusion Disponables	1	2	2	1	1	1	8

Tabla 7.1.3. Ranqueo final de segmentos.

7.2 Mapear la cadena de valor.

7.2.1 Diagnóstico de las condiciones actuales.

Una vez que hemos seleccionado el VS a mejorar la siguiente tarea es hacer un diagnóstico o “fotografiar” la condición actual para identificar aquellos procesos que están impidiendo tener un flujo libre de desperdicios y por ende una baja productividad.

La herramienta adecuada para esto es Value Stream Mapping que a nivel estratégico y táctico nos ayuda a hacer este diagnóstico operativo. (Ref. Value. Lean Manufacturing Series, 2013 Gemba Academy LLC.).

La mecánica de Value Stream Mapping inicia con la recolección de datos operativos:

- El Tiempo Ciclo (que es el tiempo requerido por el operador/máquina para terminar el ciclo de sus actividades) de cada paso de proceso y/o operación de ensamble/máquina.
- Tiempos de cambio de herramientas y/o de producto en las líneas.
- Eficiencia por máquina y operaciones.
- Niveles de inventario en proceso y producto terminado.
- Número de operadores.
- Productividad.
- Producción por hora.
- Indicadores de calidad, desperdicio y retrabajos.

El grupo designado para hacer el mapeo, que es personal experto en el proceso, dibuja en un pizarrón de derecha a izquierda el flujo de actividades de todo el proceso iniciando por el cliente pasando por la administración de demanda o planeación de la operación, seguida por la gestión de proveedores y regresa (recorrido en sentido contrario a las manecillas del reloj) a todo lo largo del proceso productivo.

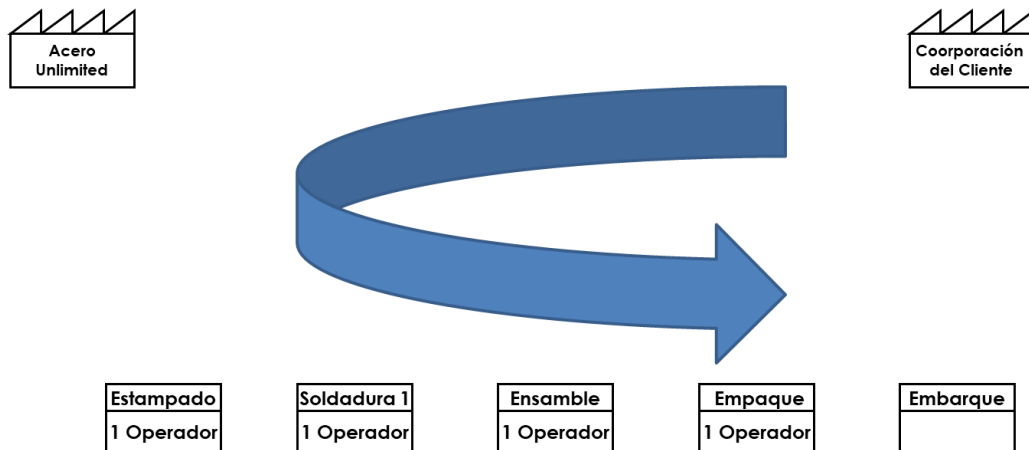


Fig. 7.2.1.1. Mapa de flujo de arriba hacia abajo. Ref. propia.

Al mismo tiempo, para cada actividad se escriben observaciones o notas que incluyen los datos recolectados como el nivel de inventario en proceso, días de compra, números de operadores.

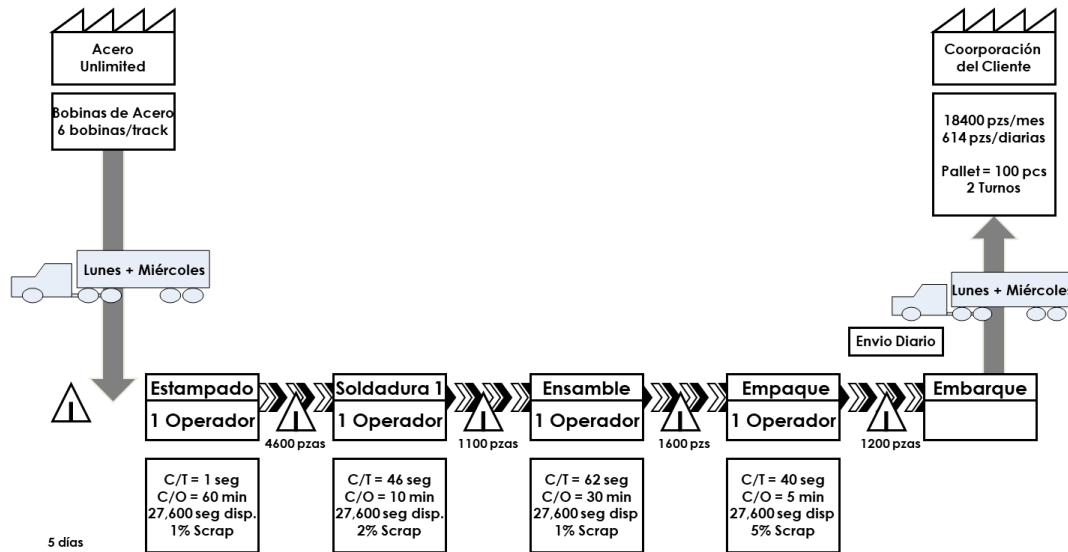


Fig. 7.2.1.2. Mapa con información de flujo de proceso. Ref. propia.

Al añadir la línea de tiempo con los datos de los tiempos de ciclo y el flujo de la información tenemos el mapeo de la condición actual de la operación del VS.

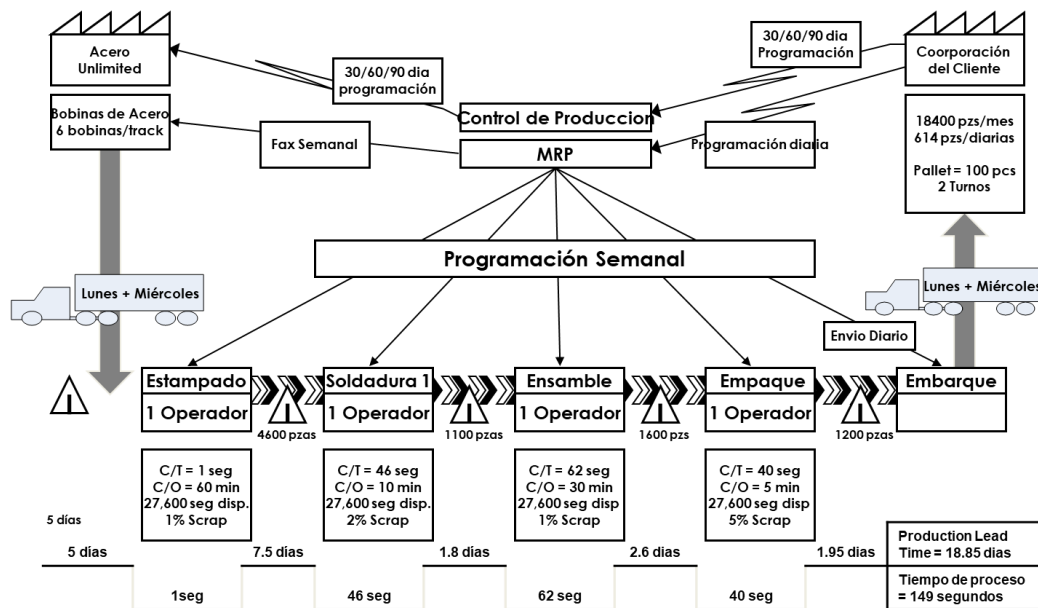


Fig. 7.2.1.3. Mapa de Valor. Ref. propia.

7.2.2 Identificar oportunidades de mejora.

El siguiente paso del mapeo de valor es la detección de oportunidades para mejorar el flujo del proceso de la cadena de valor. En equipo, al analizar los datos de la caja de información y siguiendo el flujo del mapa de valor se identifican los puntos de atención en el proceso como se muestra en la siguiente ilustración:

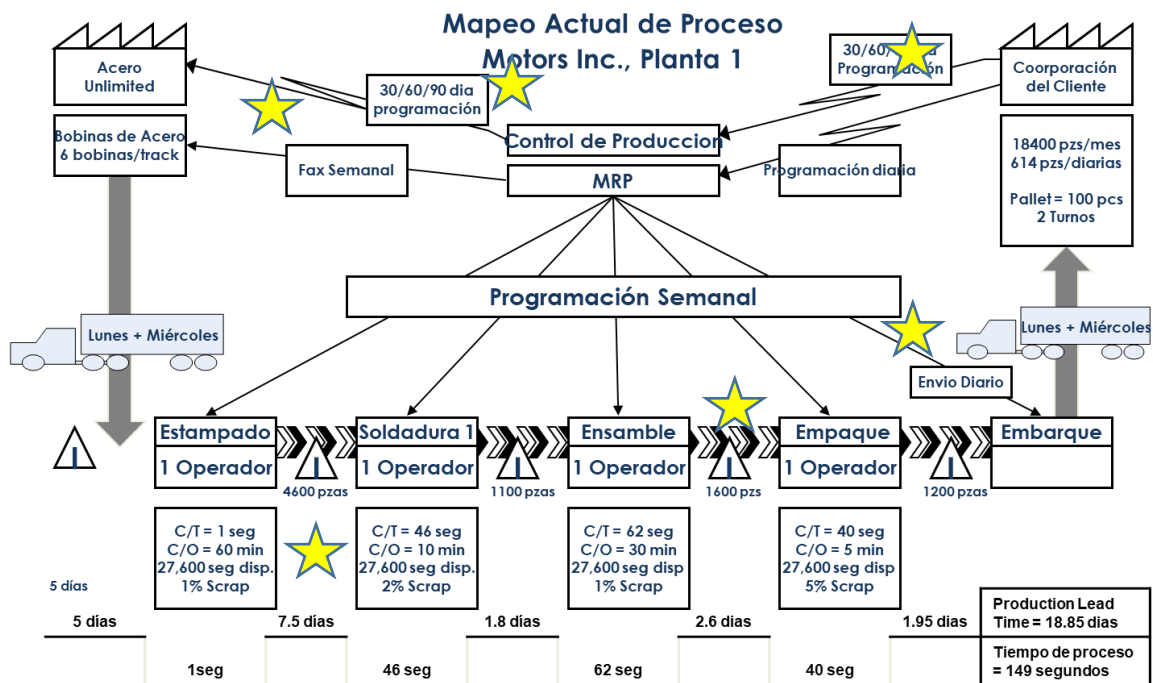


Fig. 7.2.2.1. Mapa de Valor: oportunidades. Ref. propia.

Como resultado del ejercicio en el VS de Infusion Disponibles, se identificaron los siguientes hallazgos a ser mejorados:

- El tiempo de entrega de materia prima que surte el proveedor “X” es de 56 días con valor de uso \$31,217.
- Del total de piezas plásticas utilizadas en los productos del VS Infusion Disponibles 25 de ellas se tienen que importar con altos costos y retrasos en las

entregas. En el momento del ejercicio del mapeo hay un proyecto para inyectarlas localmente, los herramientas requeridos están en proceso de transferencia desde una locación en EE. UU. El tiempo de transferencia programado de los herramientas es de 308 días.

- La máquina 64 del área de inyección de plásticos fabrica un gran número de partes para el ensamble, el tiempo de cambio de herramientas es en promedio 65.8 min. Los tiempos no productivos son 52.2 horas/semana con un desempeño de OEE (Overall Equipment Efficiency) de 52%. Esto genera falta de materiales de ensamble.
- En promedio la reposición del inventario de piezas plásticas a Infusion Disposables tiene un tiempo de 60.69 días, las transacciones tardan en procesarse 16 horas y el costo de inventario es de \$6,442 USD.
- La carpeta de documentación de la orden de fabricación “DHR” que es requisito indispensable para embarcar el producto al almacén de distribución, contiene 10 formas y tarda 5.2 días en completarse.
- No se tiene una agrupación de familias de productos acorde con su comportamiento de la demanda la que es requerida para el adecuado cálculo del número de operadores asignados.
- El tiempo de reposición del inventario de subensambles es de 4.6 días.
- El área tiene 8 líneas de ensamble, el personal trabaja sentado, hay exceso de inventario.
- El cumplimiento del programa de producción es 70%, hay tiempos muertos en la cadena de valor y la asignación de tareas para cada operador es deficiente.

Las barreras anteriores provocan falta de materiales, retrasos, exceso de personal y por consiguiente baja productividad en el área de ensamble. Es necesario resolver estos problemas eliminando los desperdicios y como consecuencia el flujo en el sistema mejorará.

El mapa desarrollado nos muestra datos importantes: en promedio el tiempo ciclo de ensamble de los productos de Infusion Disposables es de 0.04437 horas y el tiempo de entrega de todo el sistema medido desde la compra de la materia prima de mayor tiempo de entrega hasta que el producto se entrega al almacén listo para embarcar es de 60.2 días o 1,444.8 horas.

Las actividades que agregan valor son aquellas que transforman al producto en una operación mediante una máquina o mano de obra.

Como resultado de calcular el porcentaje de tiempo de valor agregado (promedio el tiempo ciclo de ensamble) 0.04437 horas vs. el tiempo de las actividades que no agregan valor 1,444.8 horas, resulta que el **0.003 % de las actividades agregan valor...** hay una gran oportunidad de mejora en el VS. Al eliminar desperdicios aumentamos la productividad.

7.2.3 Desarrollar plan estratégico de eventos Kaizen enfocados a la mejora de productividad.

Para eliminar las barreras detectadas en el mapa de valor, utilizamos la herramienta de mejora Kaizen explicada en 6.8 del Marco Conceptual. Del análisis de los datos se desarrolló el plan estratégico de eventos de mejora y la secuencia de actividades que se requieren en el VS para incrementar la productividad y mejorar el flujo del proceso.

Las prioridades se basan en el mapa de valor y el flujo del proceso, ejemplo: el proceso más largo es el tiempo de entrega del proveedor “X” por lo que es la actividad 1. El plan de mejora es el siguiente:

#	Actividad	Objetivos	Indicadores	Condición antes de mejoras	Herramienta Lean utilizada
1	Implementar Kanban con proveedor “X”.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir en 50% el tiempo de entrega y • 30% el nivel de inventario \$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de entrega días. • Inventario \$USD. 	<ul style="list-style-type: none"> • 56 • \$31,217 	Kanban: tarjetas de sincronización de procesos.
2	Plan de transferencia de herramientas de inyección.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir en 50 el tiempo de transferencia de herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Días. 	<ul style="list-style-type: none"> • 308 	Value Stream Mapping.
3	Implementar SMED en Máquina 64.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir en 50% tiempo de cambio de herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Min. 	<ul style="list-style-type: none"> • 65.8 	SMED: cambio rápido de herramientas.
4	Implementar Kanban entre plásticos y ensamble.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el tiempo de entrega en 30%. • Reducir el inventario en 50%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Días. • Inventario \$USD. 	<ul style="list-style-type: none"> • 60.69 • \$6,442 	Kanban: tarjetas de sincronización de procesos.
5	Implementar TPM en máquina 64.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el tiempo de paro en 50 %. • Aumentar OEE en 20%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Horas/semana. • OEE %. 	<ul style="list-style-type: none"> • 52.2 • 52%. 	TPM Mantenimiento Productivo Total.
6	Mejorar documentación DHR.	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el número de documentos en 30%. • Reducir el tiempo ciclo en 25%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos. • Días. 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 • 5.2 	Value Stream Mapping.
7	Implementar células de ensamble.	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la productividad en 50%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Piezas por trabajador por hora. 	<ul style="list-style-type: none"> • 82 	3P Diseño de procesos.

Tabla 7.2.3.1. Plan estratégico de eventos Kaizen de Mejora.

La ejecución y mejoras alcanzadas en los eventos Kaizen (1 al 6) son requisito indispensable para la preparación del evento 7 que es el diseño de células de ensamble base para cumplir el objetivo de este Estudio de Caso: aumentar la productividad.

La tabla siguiente (sin el nombre real de la compañía) es un documento original usado para reportar los avances del plan al grupo gerencial de la planta.

VS Infusion Disposables Kaizen Events Tracker

#	Kaizen Event	Schedule Date	Key Indicators	Before Kaizen	After Kaizen	% of Improvement
1	Implement Kanban with Vendors (Medegen, Carefusion)	May 13th-17th	Inventory \$ Lead Time	\$31,217 56	\$20,500 30	34% 46%
2	Tools Transfer plan DBL-MTY	May 16th-22th	Infusion Disp tools transfer Lead Time	308.5 days	150 days (estimated)	51 %
3	SMED Set up time reduction to <10 min Machine 64	May 20th-24th	Setup Time	65.8 min. avg.	16 min. tool setup	76%
4	Min/Max system for 15 SKU between molding and final assembly	June 3rd-7th	Inventory (FG) & Lead Time (Days) Warehouse Transaction Time (Hrs.)	\$6,443.30 60.69 16	\$1,568 42.7 1	76% 29.6% 93.7%
5	TPM Implementation Machines 55, 63, 64 & 71	June 10th-14th	Down Time OEE	52.2 hours 52%	2 hours 64%	96% 23%
6	DHR inspection/documentation simplification	June 24th-28th	Documents in DHR DHR Cycle Time	10 5.2 days	7 4	30% 23%

Tabla 7.2.3.2. Reporte de seguimiento eventos Kaizen.

Como se observa en la tabla los resultados para cada evento Kaizen se lograron. El siguiente paso de la metodología es la implementación de las células de ensamble.

7.3 Crear flujo.

Flujo es sincronizar todos los pasos del proceso para crear valor y las actividades del proceso se realicen en una secuencia lógica y rápida. Con ello vamos a lograr un proceso continuo sincronizado.

Así mismo la sincronización establece que el producto sólo se moverá o “fluirá” a la siguiente operación únicamente cuando el cliente lo requiera, esto es, balancear las operaciones al Tiempo Takt (definición en 6.2 del Marco Conceptual).

La sincronización o flujo requiere la estandarización de los procesos de las operaciones de ensamble para alcanzar desempeños operativos adecuados no solo para la producción y calidad de los productos sino también para reducir el coste de mano de obra.

Una operación estándar vincula los ciclos de operaciones manuales y de las máquinas estableciendo la mejor combinación para maximizar el valor agregado y reducir al mínimo los desperdicios. Las líneas de ensamble actuales no facilitan la implementación de estos conceptos por lo que se requiere modificarlas.

Los eventos Kaizen realizados han eliminado las barreras y desperdicios en los procesos anteriores al ensamble haciéndolos estables. Esto facilita la definición de operaciones estándar balanceadas al Tiempo Takt y calcular los operadores que se requieren.

7.3.1 Identificar grupos de producto para definir las células de producción.

Conceptos básicos de células de manufactura se explican en el 6. Marco Conceptual.

Generalmente en una célula de manufactura no se fabrican o ensamblan todos los modelos de una familia de producto. Por ejemplo, en una familia de productos electrodomésticos hay diferentes artículos como licuadoras, planchas o tostadores. Resultaría complicado y costoso que en una misma célula pudiéramos fabricar toda esta gama de productos. Para implementar células eficientes y productivas enfocadas al mercado, el primer paso que debemos hacer es agrupar productos similares identificando los elementos que los caracterizan ya sea en forma general o particular.

Las características similares que definen a un grupo en un ambiente celular son dos: su comportamiento vs. la demanda y los tiempos ciclo de ensamble. Estos datos nos darán la información necesaria para calcular el Tiempo Takt.

7.3.1.1 Comportamiento vs. la Demanda.

La demanda del mercado se puede definir como la cantidad de producto requerido por un grupo de personas con ciertos intereses, necesidades y tendencias en una ventana de tiempo determinada, en una zona geográfica.

La demanda de los segmentos de mercado de un producto (o líneas de productos), requiere de una eficiente planeación, administración y control de la operación de una compañía: gestionar el ambiente de manufactura.

El comportamiento de la demanda es diferente para cada tipo de producto, hay artículos de consumo continuo como alimentos, prendas de vestir, medicamentos como analgésicos, antigripales, etc., o artículos de menor demanda como refrigeradores o automóviles. También hay productos de poca demanda como aviones, barcos o presas hidroeléctricas. Dependiendo de estas demandas los productos son manufacturados, almacenados, diseñados y distribuidos de tal manera que maximicen el servicio al cliente. El ambiente de manufactura llega a ser tan influyente que el arreglo de máquinas o Layout de una planta puede ser modificado. Tal será un resultado de este Estudio de Caso. Los ambientes de manufactura básicos son:

- **Make To Stock (MTS).** Es un ambiente en el que la empresa manufactura de forma continua artículos con una demanda consistente por parte del cliente. Los productos manufacturados bajo este esquema se caracterizan porque no se

necesita una orden especial para fabricarse y se envían a almacenaje La planeación de la producción MTS se basa en pronósticos de demanda, es decir, con base en el comportamiento histórico, se pronostica cual será la demanda de los siguientes períodos. Dentro de este ambiente hay dos comportamientos de la demanda que son:

- **Low Runners.** Los volúmenes de demanda son mayores y los pedidos son más continuos. La variación o mezcla es poca en este grupo de productos.
- **High Runners.** Es un grupo de productos con alta demanda, los pedidos son continuos. La variabilidad entre los productos es muy baja y generalmente se fabrican a altos volúmenes para mantenerlos en inventario disponibles para los clientes.
- **Make to Order (MTO).** Representa un escenario de una empresa de manufactura que produce determinado artículo sólo bajo pedido. El diseño del producto ya está hecho y no se trata de una solución particular a un problema del cliente.

- **Assembly To Order (ATO).** Los productos que caen en esta categoría se caracterizan por estar previamente diseñados, y sus partes constitutivas construidas, pero no ensambladas (al menos no todas). Sólo es hasta que el cliente define las últimas características del producto que el ensamble se lleva a cabo.

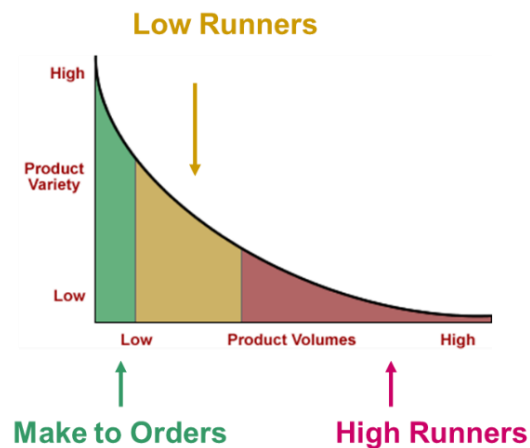


Fig. 7.3.1.1.1. Comportamiento Producto/Demanda. Variedad vs. Volumen. Ref. propia.

La demanda define el ritmo de producción, el tiempo ciclo de fabricación de los productos y en consecuencia las operaciones estándares.

Para identificar los grupos que hay en el VS de Infusion Disposables de acuerdo con su compartimiento de demanda se realizó un análisis de los 226 diferentes productos en la familia.

Se consideró la proyección (pronóstico) de ventas para un año, por lo que los grupos quedan de la siguiente forma:

Demanda en unidades	Frecuencia de pedidos	Market Segment	# Items
2,419,310	Alta	High Runners/Low Mix, Make to Stock	31
581,461	Mediana	Low Runners/High Mix, Make to Stock	59
421,578	Baja	Make to Order	136
3,422,349			226

Tabla 7.3.1.1.1. Segmentos de mercado VS Infusion Disponibles.

Los tres grupos anteriores son los que definirán como punto de partida el número de células, los productos a fabricar en ellas, así como el arreglo del equipamiento para cada célula. El número de operadores es calculado una vez que se identifica el Tiempo Takt de los diferentes grupos de producto.

7.3.1.2 Tiempo ciclo de ensamble, herramientas/fixtures.

Después de identificar los segmentos de mercado, el siguiente paso es conocer a detalle los requerimientos físicos necesarios para ensamblar cada producto. Es requisito que en las células de manufactura se ensamblen únicamente aquellos ítems con características similares en el uso de las herramientas y/o fixtures y que el tiempo ciclo de ensamble sea también similar.

Un ejemplo de esto es una célula de empaque de paquetes de galletas de chispas de chocolate de 5 cm de diámetro y 1 cm de ancho. Hay paquetes unitarios, con 4 y con 6 galletas, además de cajas con 20 paquetes de 4 galletas. La posible configuración es:

Célula de empaque	No. De operadores	Máquina de empaque	Tiempo ciclo de empaque
1 galleta	1	1 pequeña	3.5 s.
4 galletas	2	1 mediana	3.8 s.
6 galletas	3	2 medianas	4.5 s.
Caja/20 paquetes de 4 galletas	3	1 mediana, 1 cerradora caja	5.5 s.

Tabla 7.3.1.2.1. Ejemplo de fábrica de galletas.

Esta configuración nos muestra en forma simple la relación mano de obra, equipo y ciclos para las diferentes configuraciones de producto.

Para los 226 productos de Infusion Disposables se realizó un análisis de los herramientas/fixtures utilizados en la fabricación con la información de los dibujos de ingeniería, inventario físico, método real de ensamble y en el caso del tiempo ciclo se usaron los datos que están en la base de datos oficiales de la compañía.

La siguiente tabla muestra los resultados:

Grupo	Segmento de Mercado	Fixture ensamble	Prensa	Tiempo ciclo promedio segundos	# Items
1	High Runners/Low Mix, Make to Stock	1	---	87.4	10
2	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2	---	131.1	7
3	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2	1	174.8	14
4	Low Runners/High Mix, Make to Stock	1	1	186.3	59
5	Make to Order	2	1	193.2	136

Tabla 7.3.1.2.2. Subgrupos por uso de fixtures/herramientas.

Del análisis se concluye que se requieren 5 células dedicadas a los segmentos indicados en las que se ensamblarán los ítems del grupo definido también en la tabla anterior.

7.3.2 Tiempo Takt y células.

La productividad es directamente proporcional al flujo, entre mayor sea el flujo mayor será la productividad ya que al eliminar desperdicios como tiempos de paro por problemas de equipo o falta de materiales el tiempo productivo aumentará. (Ref. Taiichi Ohno. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. ISBN 9780915299140. Productivity Press 1988).

Hemos estabilizado los principales procesos con eventos Kaizen, conocemos el comportamiento vs. la demanda, conocemos también los 5 grupos de acuerdo con su tiempo ciclo de ensamble y las herramientas/fixtures utilizados. Podemos ahora dar el siguiente paso que es establecer el nuevo estándar de trabajo sincronizando todas las

operaciones de ensamble al Tiempo Takt que debemos calcular para cada uno de los 5 grupos o células definidas.

Como se definió en 6.2 del Marco Teórico, el Tiempo Takt es una función de la demanda o volumen pronosticado de un producto.

Los volúmenes para cada grupo se muestran en la siguiente tabla:

Grupo	Segmento de Mercado	Demanda anual
1	High Runners/Low Mix, Make to Stock	808,454
2	High Runners/Low Mix, Make to Stock	805,479
3	High Runners/Low Mix, Make to Stock	805,377
4	Low Runners/High Mix, Make to Stock	581,461
5	Make to Order	421,578
		3,422,349

Tabla 7.3.2.1. Volúmenes anuales por grupo.

Calculemos ahora el Tiempo Takt para cada grupo. Tomemos como ejemplo para este análisis al primer grupo de productos:

Grupo	Segmento de Mercado	Demanda anual	Fixture ensamble	Prensa	Tiempo ciclo promedio segundos	# Items
1	High Runners/Low Mix, Make to Stock	808,454	1	---	87.4	10

Tabla 7.3.2.2. Volumen anual para grupo 1.

La planta trabaja 270 días al año, cinco días a la semana, dos turnos y cada turno es de 8 horas. Recordemos la fórmula del Tiempo Takt:

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo de Producción Disponible / Período}^*}{\text{Requerimientos del Cliente / Período}^*}$$

* Los períodos deben ser consistentes
(turno, día, semana . . .)

Tiempo de producción = 16 horas / día.

Por norma la unidad de tiempo es en segundos por lo que el tiempo disponible es:

Tiempo disponible de producción (en s.) = 16 * 3,600 s = 57,600 s. / día

Requerimiento del cliente para el grupo 1 por día laborable es:

Requerimiento del cliente = 808,454 pza. / 270 (días laborables al año) = 2,994 pzas/día

Por lo tanto:

$$\text{TT} = 57,600 \text{ s} / 2,994 \text{ pzas.} = 19.23 \text{ seg. /pza}$$

Esto quiere decir que cada 19.23 segundos se requiere producir un producto terminado por lo que cada operación de ensamble debe realizarse en 19 segundos (redondeando).

Al hacer este mismo ejercicio para todos los grupos de productos definidos los Tiempos Takt son:

Célula	Segmento de Mercado	Demanda por día	# Items	TT
1	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2,994	10	19
2	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2,983	7	19
3	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2,983	14	19
4	Low Runners/High Mix, Make to Stock	2,154	59	27
5	Make to Order	1,561	136	37
		12,675	226	

Tabla 7.3.2.3. Tiempos Takt por segmento/célula.

7.3.3. Balanceo de células al Tiempo Takt.

Una vez que sabemos el Tiempo Takt de cada grupo, la siguiente tarea es diseñar las operaciones de ensamble para que se realicen en ese tiempo. La forma tradicional de hacer esto es a través de estudios de tiempos y movimientos de Ingeniería Industrial. La estrategia Lean cambia esta mecánica en un procedimiento pragmático basado en la observación de las actividades y los tiempos ciclo.

A esta tarea se le llama **Balanceo de células** y que es la correcta asignación de las operaciones en las líneas/células de producción con el objetivo de asegurar el cumplimiento de los programas de producción, entrega, productividad, calidad, seguridad y reducción de costes. Para cada operación debemos seguir los siguientes principios:

- Realizadas dentro del Tiempo Takt.
- Seguras y ergonómicas.
- Los materiales siempre deben de estar disponibles y a la mano.
- Equipo dedicado a cada célula.

- Flujo de derecha a izquierda.
- Indicadores visuales de producción por hora.
- Flujo de una pieza a la vez.

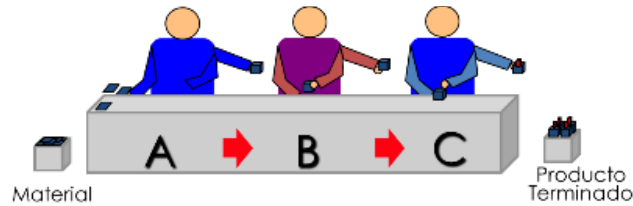


Fig. 7.3.3.1. Flujo de una pieza a la vez. Ref. propia.

La explicación de los conceptos de Operación estándar, Secuencia de trabajo, Tiempo ciclo del operador TCO, Tiempo ciclo de máquina TCM, Observación de tiempos, están en la sección 6. Marco Conceptual y los utilizaremos para el balanceo y la observación de tiempos descritos a continuación.

Como ejemplo de este método de balanceo se utilizará uno de los productos más sencillos de Infusion Disposables que está en el grupo de la célula 1: Catálogo No. 5360225C.

Célula	Segmento de Mercado	Demanda por día	Fixture ensamble	Prensa	Tiempo ciclo promedio segundos	# Items	TT
1	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2,994	1	---	87.4	10	19

Tabla 7.3.3.1. Tiempo Takt para segmento/célula 1.

El siguiente esquema es la representación de Catálogo No. 5360225C que ha sido modificado para efectos de confidencialidad de información:

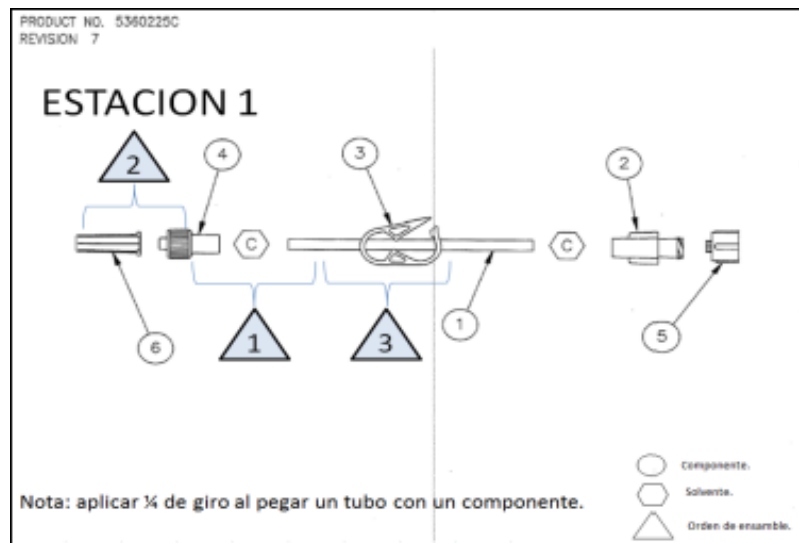


Fig. 7.3.3.4. Esquema de ensamblaje y partes Catálogo No. 5360225C., Ref. Catálogo empresa "MSM".

Observación de tiempos. Esta actividad se realiza físicamente en la línea de ensamblaje y los pasos son:

Paso 1: Identificar cada elemento de la operación: Esta actividad consiste en observar y listar todas las actividades que se ejecutan para fabricar un ensamblaje o producto, como el tomar un tubo y pegarlo con otra parte, etc.

Al observar la fabricación el catálogo anterior se identificaron los siguientes elementos:

Paso #	Elemento de la Operación	Material	Herramental	Operador	Observaciones
1	Pegar tubo de 60 a MLL	Tubo 60, MLL	Fixture de soporte	1	El contenedor del tubo mal diseñado provoca atoramientos al tomarlo. El despachador de pegamento se tapa
2	Roscar tapón a MLL (6 y 4)	Tapón A			
3	insertar tubo de 60 en Clamp (1 y 3)	Clamp			Contenedor de Clamp es difícil de tomar el material
4	Pegar tubo de 60 a FL (1 y 2)	FL		1	El despachador de pegamento se tapa
5	Roscar tapón a FL (2 y 5)	Tapón B			
6	Empacar y sellar	Empaque	Selladora	1	
Totales				3	

Tabla 7.3.3.2. Elementos de la operación de ensamble Catálogo No. 5360225C.

La tabla anterior muestra la secuencia de operaciones para el ensamble, los herramientas y materiales usados, observaciones de oportunidades de mejora y el número de operadores asignados que en este caso son 3, Falta una información que es una variable importante de la productividad: el tiempo ciclo real de cada actividad.

Paso 2: Para tener el tiempo ciclo real se usó el método de *observación de tiempos* de Lean que consiste en cronometrar en forma continua la operación. En el formato mostrado, se capturan los tiempos cronometrados de cada elemento durante el ciclo completo de la operación.

Para cada elemento hay dos renglones, el renglón blanco es el tiempo continuo observado y el renglón azul que es el tiempo ciclo del elemento, que se calcula restando el tiempo continuo (blanco) del elemento en análisis menos el tiempo continuo (también renglón blanco) del elemento inmediato anterior. Los tiempos se expresan en segundos.

De esta manera tenemos para cada elemento la información del tiempo en que se está fabricando el producto lo que nos permitirá modificar el balance actual por uno más productivo eliminando el desperdicio. El formato tiene 10 columnas para capturar los tiempos, este tamaño de muestra es válido desde la metodología de Lean.

Observación de Tiempos													
Proceso: Catálogo No. 5360225C			Operador: ARG						Fecha: 12 Oct				
									Observador: GHG				
#	Elemento de la Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Repetible	Oportunidades
1	Pegar tubo de 60 a MLL	21	1'36										El contenedor del tubo mal diseñado provoca atoramientos al tomarlo. El despachador de pegamento se tapa
		21	19										
2	Roscar tapón a MLL (6 y 4)	26	1'39										
		5	3										
3	insertar tubo de 60 en Clamp (1 y 3)	34	1'48										Contenedor de Clamp es difícil de tomar el material
		8	9										
4	Pegar tubo de 60 a FL (1 y 2)	51	2'07										El despachador de pegamento se tapa
		17	19										
5	Roscar tapón a FL (2 y 5)	57	2'11										
		6	4										
6	Empacar y sellar	1'17	2'33										
		20	22										
Cycle time with wait													
Cycle time without wait													

Tabla 7.3.3.3. Observación e tiempos para el Catálogo No. 5360225C.

b. Una vez que hemos capturado las 10 muestras, observamos los datos y seleccionamos para cada elemento el *menor tiempo “repetible”* él que debe suceder al menos 3 veces y de no ser así se tiene que hacer el ejercicio nuevamente. Esta repetibilidad de los tiempos de operación es lo que esta metodología considera como el tiempo más adecuado para ser considerado como el nuevo estándar. Del conjunto de observaciones anteriores, hay elementos con tiempos que son grandes o chicos respecto al tiempo mínimo repetible y que se consideraremos como tiempos “acíclicos”.

Como ejemplo de esto veamos el caso del elemento 1 en el que tenemos 19 como el más rápido y 26 como el más lento. La nota de la observación dice: “El contenedor

del tubo mal diseñado provoca atoramientos al tomarlo y el despachador de pegamento se tapa”.

Este comentario “dispara” una acción correctiva inmediata para cambiar el contenedor de material y el despachador de pegamento de tal manera que eliminemos estos retrasos para lograr que la operación sea consistente en tiempo y calidad. En la Ingeniería Industrial tradicional, normalmente al tiempo de las operaciones se le agrega un tiempo que sería como concesiones al operario por fatiga, monotonía y en su caso retrasos inevitables como son la limpieza y el acomodo (micro paros). Esto cambia en Lean Manufacturing y este método de observación de tiempos. El factor de eficiencia u holgura ya está considerado en los tiempos repetibles observados y los micro paros son eliminados con las acciones correctivas y la mejora continua (más detalle en 6.14 Observación de tiempos).

La siguiente tabla es el resumen de las observaciones en donde se muestra en sombreado azul los “nuevos” tiempos ciclo de para cada elemento.

Observación de Tiempos													
Proceso: Catálogo No. 5360225C			Operador: ARG				Fecha: 12 Oct						
							Observador: GHG						
#	Elemento de la Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mínimo Repetible	Oportunidades
1	Pegar tubo de 60 a MLL	21	1'36	2'56	1'17	2'23	3'41		21	1'36	24		Contenedor del tubo mal diseñado provoca atoramientos al tomarlo. Despachador de pegamento se tapa
		21	19	23	26	23	21	30	21	21	24	21	
2	Roscar tapón a MLL (6 y 4)	25	1'39		1'23	2'46	3'45	5	26	1'42	29		
		4	3	M	6	5	4	5	5	6	5	5	
3	insertar tubo de 60 en Clamp (1 y 2)	34	1'48	12	1'29	2'51	3'53	11	34		37		Contenedor de Clamp es difícil de tomar el material
		9	9	12	6	7	8	6	8	M	8	8	
4	Pegar tubo de 60 a FL (1 y 2)	51	2'07	27	1'46	2'58		28	50	20	56		El despachador de pegamento se tapa
		17	19	15	17	16	M	17	16	20	19	17	
5	Roscar tapón a FL (2 y 5)	57	2'11	32	2'03	3'14	6	45	55	27	1'04		
		6	4	5	7	6	6	7	5	7	8	6	
6	Empacar y sellar	1'17	2'33	51	2'10	3'20	26		1'15		1'24		
		20	22	19	13	23	20		20	5'20	20	20	
Tiempo Ciclo con espera								30		5'20			Falta de contenedores y despachadores atorados
Tiempo Ciclo sin espera		77	76	74	75	80	59	65	75	54	84	77	

Tabla 7.3.3.4. Tiempos ciclo mínimos repetibles.

d. El siguiente paso es hacer una **visualización de estos tiempos de ciclo mínimos repetibles vs. el Tiempo Takt**, que recordemos es la base de la sincronización. La gráfica nos ayuda a identificar oportunidades de mejora:



Fig. 7.3.3.5. Gráfica de Tiempos Ciclo vs. Takt Time. Ref. propia.

Se observa “un desbalance” de los tiempos de las operaciones respecto al Tiempo Takt (TT) que para esta célula es de 19 segundos representado por la línea roja. Esto quiere decir que hay operaciones que detienen el flujo: las que están arriba del TT.

Las actividades 1,2 y 3 las realiza un operador, las actividades 4 y 5 el segundo operador y el operador 3 sólo hace una actividad que es la 6.

Se dice entonces que el operador 1 tiene más “carga de trabajo” respecto al TT, el operador 2 tiene “tiempo de sobra” y el operador 3 al igual que el primero tiene “sobre carga” o está deteniendo el flujo. Este desbalance afecta directamente a la productividad.

- e. El siguiente paso es *eliminar desperdicios* al resolver los problemas anotados en las observaciones hechas en la toma de tiempos como cambiar y mejorar contenedores de materiales y dispensadores de pegamento.

Es importante que los tiempos ciclo estén al 90% del TT. Por qué al 90%? El 10% es la “holgura” de tiempo de la operación.

Este 10% ayuda a tener consistencia en el ensamble ya que se cuenta con un poco más de tiempo para atender eventos no planeados como caída de un material, etc.

Al eliminar desperdicios e implementar mejoras, los nuevos tiempos ciclo quedan como se muestran en la nueva gráfica en la que la operación 2 se ha incluido en la 1 mejorando el flujo.



Fig. 7.3.3.6. Gráfica de Tiempos Ciclo eliminando desperdicios y operación 2. Ref. propia.

- f. Una importante contribución de Lean es la fórmula del *cálculo de los operadores* necesarios:

$$\# \text{ Operadores} = \frac{\sum \text{Tiempo Ciclo}}{\text{Tiempo Takt}}$$

Ref. Procesos, Estrategias y Operaciones. www.javuersole.com

Al sumar el tiempo de cada actividad $8+5+12+6+12 = 43$ el resultado es el tiempo ciclo de esta operación. El cálculo de operadores es:

$$\# \text{ Operadores} = 43 / 19 = 2.26$$

Si redondeamos la cifra hacia abajo significa que necesitamos dos operadores en lugar de tres, una mejora de productividad del 33% medida en número de operadores.

Este es un paso importante en el cumplimiento de los objetivos de este Estudio de Caso.

Al continuar con mejoras al proceso y al reasignar actividades a los dos operadores que hemos calculado, la nueva gráfica balanceada al 90% del TT queda de la siguiente forma:

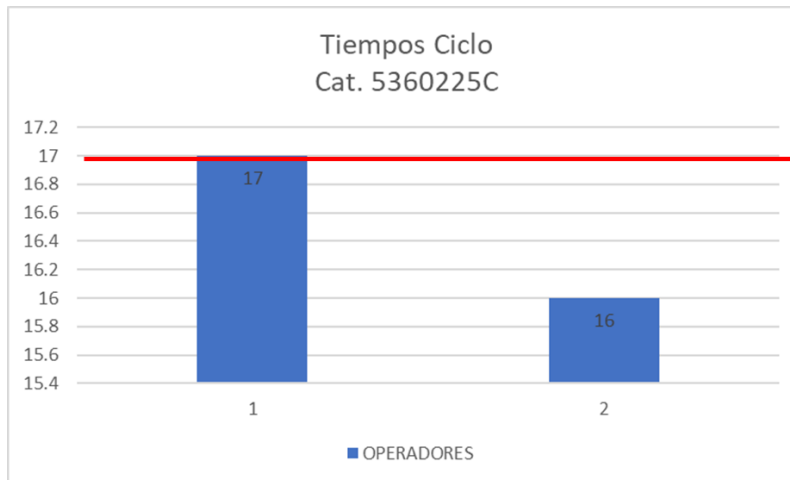


Fig. 7.3.3.7. Gráfica de nuevo balance. Ref. propia.

Por lo anterior, la nueva asignación de actividades “operación estándar” por operador queda:

Paso #	Elemento de la Operación	Material	Herramental	Operador	TC s.
1	Pegar tubo de 60 a MLL	Tubo 60, MLL	Fixture de soporte	1	17
2	Roscar tapón a MLL (6 y 4)	Tapón A			
3	insertar tubo de 60 en Clamp (1 y 3)	Clamp			
4	Pegar tubo de 60 a FL (1 y 2)	FL		1	16
5	Roscar tapón a FL (2 y 5)	Tapón B			
6	Empacar y sellar	Empaque	Selladora		
Totales				2	33

Tabla 7.3.3.5. Nueva asignación de actividades por operador.

Infusion Disposables tiene 226 productos lo que hace que el rebalanceo de las operaciones para cada artículo una tarea que tomaría mucho tiempo. Recordemos que cada célula tiene catálogos con herramientas y tiempos de ciclo similares, eso nos

permite hacer este ejercicio de rebalanceo más ágil al seleccionar de cada grupo catálogos representativos.

De esta manera los nuevos tiempos ciclo y el número de operadores necesarios para cada célula quedan de la siguiente manera:

Célula	Segmento de Mercado	Demanda por día	# Items	TT	No. Operadores	TC s. Mejorados
1	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2,994	10	19	2	38
2	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2,983	7	19	3	57
3	High Runners/Low Mix, Make to Stock	2,983	14	19	4	76
4	Low Runners/High Mix, Make to Stock	2,154	59	27	3	81
5	Make to Order	1,561	136	37	4	84
		12,675	226		16	

Tabla 7.3.3.6. Nuevos tiempos ciclo,

Estos nuevos balances de actividades y tiempos ciclos sincronizados al TT, permiten asignar adecuadamente la plantilla de operadores por célula / grupo de productos.

La nueva plantilla de mano de obra con una **reducción de 11 operadores** de ensamble es:

Distribución de Mano de Obra			
Área	No. Op. Líneas	No. Op. Células	Dif.
Sub. ensambles	4	4	0
Ensamble			
Líneas de ensamble (8)	47		
Células (5)		37	
Movedores	4	5	
Líderes de grupo	7	5	
Empaque	16	16	0
Total	78	67	11

Tabla 7.3.3.7. Nueva plantilla: distribución de mano de

7.3.4 Resultados.

En este Estudio de Caso se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general: Aumentar la productividad en la unidad de negocio de Infusion

Disponibles al menos en 50%.

Objetivos específicos:

- 3) Desarrollar plan estratégico de eventos de mejora.
- 4) Reducir el número de operadores asignados en 10% balanceando las operaciones de ensamble.

Esta metodología de mejora de productividad se aplicó en una unidad de negocio que cuenta con 8 líneas de producción, con un total de 78 operadores, con 226 catálogos y que trabaja 2 turnos al día, 270 días del año.

La implementación completa de todas las actividades definidas desde la Identificación del VS hasta la implementación de la última célula tomó 8 meses con los siguientes resultados de mejora de productividad:

Indicador	Antes de las mejoras	Después de las mejoras	% de mejora
Productividad (Pza. por trab/hora)	82	127	55%

Tabla 7.3.4.1. Indicador de productividad,

Beneficios adicionales derivados de la implementación de toda la estrategia Lean:

Indicador	Antes de las mejoras	Después de las mejoras	% de mejora
Número de operadores	78	67	14%
Reducción de tiempo ciclo del VS	56 días	30 días	46%
Reducción de espacio utilizado	122 m ²	66 m ²	46%
Líneas de producción	8	5	38%
Tiempo muerto en líneas	1.9 horas	.90 horas	52%
Tiempo ciclo promedio de ensamble	155 s.	67 s.	57%
Cambio de modelo "Line Clereance"	30 min.	5 min,	83 %

Tabla 7.3.4.2. Beneficios,

La implementación de las 5 células requirió de equipamiento "diseñado a la medida", seguro, de cambios rápidos, grado médico y ergonómico. La tabla siguiente muestra beneficios monetarios en dólares base anual netos:

Ahorros en mano de obra	\$77,000
Inversión	\$20,494
Gastos	\$5,623
Beneficios	\$50,883

Tabla 7.3.4.3 Ahorros de mano de obra vs. Inversión,

Fue necesario hacer otros cambios importantes para garantizar el éxito de la implementación de la estrategia Lean y consecuentemente la productividad:

- Cambio en la estructura organizacional de funcional a Value Stream en la que el gerente del VS es responsable del negocio con los recursos necesarios para la gestión y mejora continua.

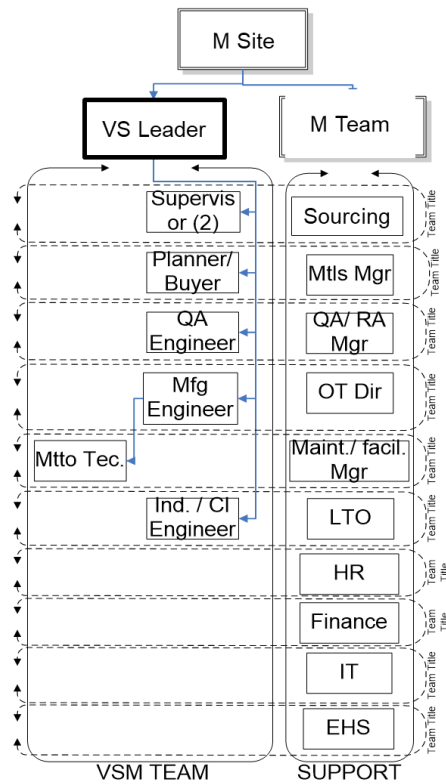


Fig. 7.3.4.1. Estructura organizacional por Value Stream. Ref. propia.

8. Alternativa de solución.

Tener mejoras en productividad puede lograrse por varias acciones como pueden ser:

- De tipo financiero.
 - Bajar sueldos y prestaciones.
 - Reducir gastos operativos.
 - Modificar el costo estándar de los productos.
- De tipo mercadológico.
 - Aumentar ventas bajando precios.
 - Direccionando productos a mercados de bajo costo.
- De tipo operativo.
 - Contratar más personal operativo para producir más.
 - Tiempo extra.
 - Subcontratando.
 - Comprando máquinas más caras.
- De tipo “lo que está de moda”.
 - Círculos de calidad para resolver problemas.
 - Herramientas de Calidad Total como: Análisis de modos de fallas y efectos, Plan de Acción 5W2, Ciclo Plan, Hacer, Controlar y Actuar, Diagrama de Pareto.
 - Justo a tiempo reduciendo el inventario.

- Eventos Kaizen realizados sin estructura.
- Reingeniería (establecer interacciones nuevas en los procesos).
- Contratar grupos consultores de gran renombre. Con amplia experiencia en el tema,

La compañía “MSM” intento opciones del tipo “lo que está de moda” sin resultados permanentes ni generaron un impacto importante.

La gran diferencia de la Estrategia Lean respecto a las alternativas anteriores es por ser un sistema metodológico y estructurado basado en la eliminación del desperdicio.

9. Conclusiones.

La productividad es más que la simple relación de lo producido en un periodo de tiempo dado, también es el bienestar de todo el negocio desde el factor humano, la operación misma hasta el cliente.

En este Estudio de Caso se explica no solo la metodología utilizada para lograr el objetivo del aumento de productividad en 55% en el VS de Infusion Disposables, sino también de muestra todos los logros adicionales que van desde mejorar el bienestar de personal operativo al cambiar su forma de trabajo de hacerlo sentados a hacerlo de pie con movimiento, el cambio organizacional a unidades de negocio enfocadas a segmentos de mercado hasta cambios culturales para resolver problemas en una forma estructurada.

La mejora continua no termina nunca, lo que se logró en Infusion Disposables es un paso para lograr la visión de la Estrategia Lean: Implementar Sistema de Pull y la búsqueda de la Perfección.

El liderar la implementación de este aumento de productividad, fue para mí más que un aprendizaje, el comprobar que la transformación de una operación para llevarla hacia la excelencia inicia cuando se identifica el valor o el punto de partida del proceso, creando con ello el flujo para sincronizar toda una compañía al ritmo que va marcando la demanda.

10. Fuentes de Consulta.

Jeffrey K. Liker. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. ISBN:0071392319. McGraw-Hill © 2004.

Art Byrne. The Lean Turnaround: How Business Leaders Use Lean Principles to Create Value and Transform Their Company. McGraw-Hill; 2012.

Taiichi Ohno. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. ISBN 9780915299140. Productivity Press 1988.

Masaaki Imai. Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success, ISBN-13: 978-0075543329, McGraw-Hill Education 1988.

Frederick Winslow Taylor The Principles of Scientific Management (1911), Dover Publications.

Procesos, Estrategias y Operaciones. www.javuersole.com

Lean Overview, Lean Manufacturing Series, 2013 Gemba Academy LLC.

Standard Work, Lean Manufacturing Series, 2013 Gemba Academy LLC.

Value. Lean Manufacturing Series, 2013 Gemba Academy LLC.

Material de entrenamiento Lean Manufacturing, 2001 TBM Consulting Group, Inc.

Material de entrenamiento empresa "MSM".