



**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**  
**Facultad de Contaduría y Administración**  
**División de Estudios de Posgrado**



## **Tesis**

**“Efectos de Implementación de la Manufactura Esbelta en  
Una línea de Ensamble de la Industria Automotriz”**

Que presenta:

**José Daniel Limón De los Santos**

Para obtener el grado de:

**Maestro en Administración con Énfasis en Negocios**

Director de tesis

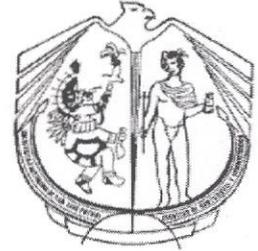
**M.A. Marco Antonio Villa Cerda**

San Luis Potosí, S.L.P.

29 Septiembre 2015



**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**  
**Facultad de Contaduría y Administración**  
**División de Estudios de Posgrado**



## **Tesis**

**“Efectos de Implementación de la Manufactura Esbelta en  
una Línea de Ensamble de la Industria Automotriz”**

Que presenta

José Daniel Limón De los Santos

**Para obtener el grado de:  
Maestro en Administración con Énfasis en Negocios**

**M.A. Marco Antonio Villa Cerda**  
**Director**

**Dra. Martha Luis Puente Esparza**  
**Asesora**

**Dr. Armando Medina Jiménez**  
**Asesor**

San Luis Potosí, S.L.P.  
29 de Septiembre 2015



**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**

**Sistema de Bibliotecas**

**Dirección de Biblioteca Virtual**

Zona Universitaria C.P. 78290 Tel. 8262306,

San Luis Potosí, S.L.P. México



El que suscribe Jose Daniel Limón De los Santos, y en mi carácter de autor y titular de la tesis que lleva por nombre: "Efectos de implementación de la Manufactura Esbelta en una línea de ensamble de la industria automotriz", en lo sucesivo "La Obra", autorizo a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí para que lleve a cabo la divulgación de la obra en formato físico y electrónico, y sin fines de lucro.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se compromete a respetar en todo momento mi autoría y a otorgarme el crédito correspondiente.

San Luis Potosí, S. L. P. a 29 de Septiembre del 2015.

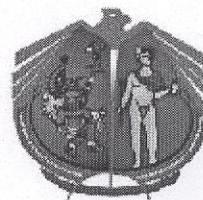
Atentamente

---

José Daniel Limón De los Santos



**Universidad Autónoma de San Luis Potosí**  
**Facultad de Contaduría y Administración**  
**División Estudios de Posgrado**



**Aclaración**

El presente trabajo que lleva por título: **“Efectos de implementación de la Manufactura Esbelta en una Línea de Ensamble de la Industria Automotriz”**. Se realizó entre Mayo de 2014 y Agosto de 2015, bajo la dirección del Maestro Marco Antonio Villa Cerda.

**Originalidad**

Por este medio aseguro que he realizado este documento de tesis para fines académicos sin utilizar otros medios más que los indicados y sujetándome a la normativa de la institución.

Las referencias e información tomadas directa o indirectamente de otras fuentes se han definido en el texto como tales y se ha dado el debido crédito a las mismas.

El autor exime a la UASLP de las opiniones vertidas en este documento y asume la responsabilidad total del mismo.

Este documento no ha sido sometido como tesis a ninguna otra institución nacional o internacional en forma parcial o total.

Sí se autoriza a la UASLP para que divulgue este documento de tesis para fines académicos.

Atentamente

---

José Daniel Limón De los Santos

## ***Dedicatoria***

A Eliza, mi esposa, amiga, alma gemela, e incondicional compañera, por tu tiempo, paciencia, comprensión y apoyo en los momentos más difíciles, demostrándome en este último año, todo lo que puedes hacer y dejar por nosotros. Tu eres la base de esta familia, ojala pueda estar siempre a tu altura

A mis hijos Emilio y Natalia, por todo el tiempo sacrificado lejos de ellos. Son y serán siempre mi más grande motivo de orgullo pero sobre todo saben que los amo por lo que son. Gracias por su comprensión y amor este último año en Monterrey, sin ustedes no hubiera sido posible.

A mis padres por siempre brindarme una palabra de apoyo y un hombro donde poder recargarme cuando más los he necesitado. Los amo y nunca podre retribuirles todo lo que me han dado y me siguen enseñando.

## ***Agradecimientos***

Al Maestro Marco por su apoyo, disponibilidad y dedicación para la realización de este trabajo de investigación.

A la Dra Martha, por su paciencia y comprensión a lo largo de tantas revisiones que tuvimos, mis respetos y mi más grande admiración.

A mi padrino Gabriel por su apoyo incondicional al inicio de mis estudios. Esta distinción es también tuya.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y sus Maestros, que me permitieron terminar mis dos últimas materias de posgrado con ellos.

# Efectos de Implementación de la Manufactura Esbelta en una línea de ensamble de la industria automotriz

## INDICE

Abstracto.....	6
----------------	---

## CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.....	7
1.2 Planteamiento del Problema.....	10
1.3 Objetivos General.....	12
1.3.1 Objetivo Especifico.....	12
1.4 Justificación.....	13
1.5 Diseño de investigación.....	14

## CAPITULO II ANTECEDENTES

2 Antecedentes.....	16
2.1 Administración en el proceso de investigación.....	17
2.2 Terminología clave manufactura esbelta.....	20
2.2.1 Orígenes de la manufactura esbelta.....	32
2.2.2 Antecedentes de la manufactura esbelta.....	37
2.2.3 Sistemas de manufactura esbelta en la literatura internacional.....	43
2.3 Procedimiento para la implementación de lean.....	106
2.4 Objeto de estudio.....	129
2.5 Como se calcula el O.E.E.....	131

## CAPITULO III DISEÑO METODOLÓGICO

3 Metodología de Investigación.....	134
3.1 Operacionalización de variables.....	136
3.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	141
3.2.1 Desarrollo del instrumento de recolección de datos.....	143

## CAPITULO IV RESULTADOS

4.1 Monitoreo a indicadores claves del proceso.....	149
4.1.1 Eficiencia total del equipo .....	151
4.1.2 Reducción de tiempos de entrega .....	153
4.1.3 Rotación de inventarios de materias primas, productos en proceso y productos terminados.....	155
4.2 Cuestionario de Implementación de Manufactura Esbelta .....	156
4.2.1 Constructo 1: Mapeo de la cadena de valor.....	161
4.2.2 Constructo 2: Trabajo Estandarizado .....	163
4.2.3 Constructo 3: Kaizen .....	166
4.2.4 Constructo 4: Cambio de Modelo.....	168
4.2.5 Constructo 5: Pull System .....	171
4.2.6 Constructo 6: Solución de Problemas.....	173

## CAPITULO V CONCLUSIONES

5.1 Implementación de un Sistema de Manufactura Esbelta en una línea de la industria automotriz.....	176
5.2 Cuestionario para medir el grado de implementación de herramientas de Manufactura Esbelta en Industrias de la Transformación .....	180

## Índice figuras

Figura 2.1 Flujo implementado con la utilización de Jidoka.....	25
Figura 2.2 Esquema descriptivo de las 5's .....	28
Figura 2.3 Criterios de selección procesos de manufactura .....	58
Figura 2.4 Calculo del número de tarjetas de Kanban.....	88
Figura 2.5 Modelo de relación ajustado .....	97
Figura 2.6 Representación gráfica de un flujo de materiales e información .....	108
Figura 2.7 Clasificación de actividades en productivas y no productivas.....	109
Figura 2.8 Formato de toma de tiempo de elementos.....	112
Figura 2.9 Yamazumi de una línea de ensamble de 13 operadores.....	113
Figura 2.10 Tabla de trabajo combinado .....	114
Figura 2.11 Gráfica de trabajo estandarizado.....	115
Figura 2.12 Simbología empleada en el mapeo de la cadena de valor .....	117
Figura 2.13 Simbología puesta en práctica en un mapeo .....	119
Figura 2.14 Formato de kaizen para evitar desplazamientos.....	120
Figura 2.15 Consideraciones para cambios de modelo .....	122
Figura 2.16 Representación optimizada de cambio de modelo .....	123
Figura 2.17 Yamazumi cambio de modelo.....	124
Figura 2.18 Calculo Eficiencia Total del Equipo .....	133
Figura 3.1 Operacionalización de variables .....	140
Figura 3.2 Cálculo de rho de spearman .....	147
Figura 4.1 Clasificación de procesos de acuerdo a su O.E.E. ....	150
Figura 4.2 Evolución Eficiencia Operativa 2012 - 2014 .....	151
Figura 4.3 Evolución Disponibilidad Operativa 2012 - 2014 .....	152
Figura 4.4 Evolución Eficiencia del Desempeño 2012 - 2014 .....	152
Figura 4.5 Tasa de Calidad 2012 - 2014.....	153
Figura 4.6 Mapeo del progreso productivo en el estado actual, Oct 2012 .....	154

Figura 4.7 Mapeo del progreso productivo en el estado actual, Oct 2014 .....	155
Figura 4.8 Mapeo comparativo entre 2012 y 2014.....	156
Figura 4.9 Frecuencia Mapeo de la Cadena de valor .....	157
Figura 4.10 Frecuencia Trabajo Estandarizado .....	157
Figura 4.11 Frecuencia Kaizen.....	158
Figura 4.12 Frecuencia Cambio de Modelo .....	158
Figura 4.13 Frecuencia Pull System .....	159
Figura 4.14 Frecuencia Solución de Problemas .....	159
Figura 4.15 Participación Geográfica.....	160
Figura 4.16 Participación por Sector Productivo.....	160
Figura 4.17 Constructo Mapeo de la cadena de valor .....	161
Figura 4.18 Alfa de Cronbach, Mapeo de la cadena de valor .....	161
Figura 4.19 Correlaciones Bilaterales de Spearman, Mapeo de la cadena de valor.....	162
Figura 4.20 Histograma y grafico de frecuencia para Mapeo de la cadena de valor.....	163
Figura 4.21 Constructo Trabajo Estandarizado .....	163
Figura 4.22 Alfa de Cronbach, Trabajo Estandarizado .....	164
Figura 4.23 Correlaciones Bilaterales de Spearman, Trabajo Estandarizado.....	165
Figura 4.24 Histograma y grafico de frecuencia Trabajo Estandarizado .....	165
Figura 4.25 Constructo Kaizen.....	166
Figura 4.26 Alfa de Cronbach, Kaizen.....	166
Figura 4.27 Correlaciones Bilaterales de Spearman, Kaizen .....	167
Figura 4.28 Histograma y grafico de frecuencia Kaizen .....	168
Figura 4.29 Constructo Cambio de modelo.....	168
Figura 4.30 Alfa de Cronbach, Cambio de modelo.....	169
Figura 4.31 Correlaciones Bilaterales de Spearman, Cambio de modelo .....	170
Figura 4.32 Histograma y grafico de frecuencia Cambio de modelo.....	170
Figura 4.33 Constructo Pull System.....	171
Figura 4.34 Alfa de Cronbach, Pull System .....	171
Figura 4.35 Correlaciones Bilaterales de Spearman, Pull System .....	172
Figura 4.36 Histograma y grafico de frecuencia Pull System .....	173
Figura 4.37 Constructo Solución de Problemas .....	173

Figura 4.38 Alfa de Cronbach, Solución de Problemas .....	174
Figura 4.39 Correlaciones Bilaterales de Spearman, Solución de Problemas.....	175
Figura 4.40 Histograma y grafico de frecuencia Solución de Problemas .....	175
Figura 5.1 Evolución Eficiencia Total del Equipo 2012-2014.....	177
Figura 5.2 Reducción tiempo para procesar orden del cliente 2012-2014 .....	178
Figura 5.3 Reducción en almacenes de materias primas, producto en proceso y ensamble 2012 - 2014.....	179
Figura 5.4 Gráfico global herramientas implementadas de la M.E. ....	182

## **1 ABSTRACTO**

En los 8 años que he trabajado en procesos de transformación, mi experiencia en el área de manufactura o procesos, ha sido la parte más desafiante de mi carrera profesional, pero la que más he disfrutado y me ha dejado la mayor cantidad de enseñanzas.

Comúnmente se enuncia que el dinero de las organizaciones, se genera en las líneas de producción, por lo cual, las exigencias y demandas son constantes e intensas. Las continuas fluctuaciones en demanda o consumo de mercado, resultan en diversos esquemas de trabajo, a diferentes velocidades de operación, la constante reducción de costos (sin mermar la calidad de los productos) y el costo de  $m^2$  desperdiciados en inventarios, son elementos que deben monitorearse y mantenerse turno a turno.

Conocer que existen procesos de manufactura de ensamble, que permiten mejorar las eficiencias totales de los equipos, reducir los tiempos de entrega, nivelar las producciones, incrementar la rotación de los productos, disminuir los  $m^2$  de inventarios, es algo que se debe investigar, plantear y llevar a la práctica, por lo cual esta investigación busca desarrollar este proceso productivo, en un caso de estudio en una línea de ensamble de partes estructurales de la industria automotriz.

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La industria automotriz, una de las más dinámicas y automatizadas de la época actual, se encuentra localizada en uno de los sectores productivos de elite a nivel mundial. Destaca la participación de corporativos transnacionales y la conformación de tres grandes polos, concentrados en tres regiones geográficas: Europa (con la unión europea), Estados Unidos y Japón, demandando estrategias competitivas innovadoras,

que han desencadenado en alianzas-fusiones para adquirir rápidamente capacidades, accesos a nuevos mercados y evitar la competencia (Álvarez, 2002).

A nivel mundial se fabrican más de 60 millones de autos anuales, generando un ingreso estimado de 1.9 trillones de euros, empleando directamente más de 8 millones de personas, e indirectamente a más de 50 millones. 52% del mercado se encuentra cautivo con 6 fabricantes (Toyota, General Motors, Volkswagen, Ford, Honda y Nissan). El 44% de esta producción se encuentra concentrada en el continente asiático, siendo China el mayor productor de autos con 13.7 millones (Bentes, 2010).

A nivel global, México está posicionado como el octavo productor de vehículos ligeros. En dos años, escaló dos posiciones, dejando atrás a la producción de Francia y España. Actualmente, el sector automotriz representa el 6% del PIB nacional y el 18% de la producción de manufactura. Se estima que la industria automotriz mexicana continuará creciendo en el futuro. Los pronósticos indican que la producción alcanzará 4 millones de unidades en 2018 y 5 millones en 2020 (AMIA, 2015).

En el 2011, quince de cada cien vehículos ligeros producidos en México, fueron exportados a países Latinoamericanos. Los destinos principales para estas exportaciones fueron Brasil, Argentina, Colombia y Chile. Europa es otro destino importante para las exportaciones de la industria automotriz mexicana: diez de cada cien vehículos ligeros exportados en 2010 iban dirigidos hacia el mercado Europeo (<http://www.automotivemeetings.com/mexico/index.php/es/industria-automotriz-en-mexico>, 2015)

Las empresas de la industria de vehículos ligeros, tienen un total de 22 complejos de producción localizados en 11 estados de México, en donde se realizan actividades que

van desde ensamblado y blindaje, hasta fundición y estampado de vehículos y motores. En el 2015, se inició la construcción de tres nuevas plantas, B.M.W. en San Luis Potosí (inversión 1,000 mdd), KIA en Nuevo León y Mercedes-Benz-Infiniti (inversión 1,360 mdd) en Aguascalientes (<http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/04/09/jaguar-se-unira-las-armadoras-alta-gama-mexico>, Morales 2015).

La manufactura esbelta, ha sido estudiada y analizada en diversas literaturas por más de 30 años, en diferentes regiones geográficas del mundo, donde se hayan implementado técnicas, herramientas, talleres o sesiones de entrenamiento, sin poder determinar en donde radica el éxito de este sistema de producción o sistema de herramientas, que mantiene a las organizaciones o corporativos en la élite mundial de los procesos de transformación.

Existen dos premisas medulares de este sistema de producción: **1) incrementar la productividad y 2) reducir los costos.** Esto se logrará, mediante la reducción de los tiempos de ciclo, incrementando la flexibilidad, reduciendo los niveles de inventarios (almacenes y líneas de producción) y acortando el tiempo requerido en los cambios de modelo.

La Implementación de diversas prácticas y herramientas de Manufactura Esbelta, requieren de un compromiso integral de la organización, donde un solo sistema sea difundido por una sola voz, es decir que no existan descarriladores o barreras que mengüen los esfuerzos de dirigir esta inercia.

Los fundamentos y principios deberán ser creados y reproducidos a través de una constante y profunda campaña de concientización y sensibilización, con el propósito fundamental de que se arraiguen, todo esto con la finalidad de soportar la estrategia de

negocio de la compañía. Estos, deberán estar en línea con la visión corporativa, misión, valores y la planeación estratégica.

Los resultados o métricas de las herramientas, deberán ser determinados y evaluados por la administración, siendo cuestionadas y comparadas constantemente contra las ofertas operativas existentes en el mercado, consiente de las capacidades de la empresa y sin perder el enfoque de los que se persigue, para seguir desafiando los paradigmas y obstáculos que retardan la reconstrucción de los procesos productivos.

El propósito de esta investigación, es exponer la transición de un proceso productivo convencional, a un proceso de manufactura esbelta (denominado lean), situado en un caso de estudio de una línea de ensamble de la industria automotriz. El indicador clave del proceso definido para empresas de clase mundial es: Eficiencia Total del Equipo, resultado de la multiplicación de la Eficiencia de desempeño, Disponibilidad Operativa y Tasa de Calidad.

Por otra parte, los sistema de manufactura esbelta consideran: tiempos de entrega (lead time) y rotación de inventarios de productos en proceso, materias primas y producto terminado. En esta investigación revisaremos ambos indicadores (empresas de clase mundial y manufactura esbelta).

La consecución de estos indicadores, sin embargo está relacionada directamente a las circunstancias que envuelven cada organización, tales como: tamaño, complejidad en sus procesos y grado de madurez de su fuerza de trabajo.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La transformación que han sufrido los procesos de producción a lo largo del tiempo, es un reflejo de la evolución de los canales de comercialización y la diversificación tan amplia de los consumidores finales. Los sistemas productivos de pequeña y gran escala, requieren de herramientas, metodologías y soluciones para este mercado globalizado al que se enfrentan, donde todas aquellas actividades que no agreguen valor al producto no podrán ser costeadas en el precio final del producto, orillando a las empresas a convertir sus líneas de producción en sistemas esbeltos y adaptables a la mezcla de productos y volúmenes.

Como se mencionó previamente, la premisa que persiguen las organizaciones hoy en día, es eliminar aquellos desperdicios o estancamientos ya sea de material, información o gente que se encuentre a lo largo de su cadena productiva.

En la organización bajo estudio, el problema principal se centra en incrementar la efectividad total del equipo, reducir tiempos de entrega, incrementar la rotación de inventarios y disminuir los días de inventario en el almacén de producto terminado. Por lo cual se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿La implementación de un sistema de manufactura esbelta en una línea de ensamble de la industria automotriz, permitirá obtener evidencia del incremento de la efectividad total del equipo (%), reducción de tiempos de entrega (horas), incremento en la rotación de inventario de productos en proceso y materias primas (días), reducción de la cantidad de inventario de producto terminado (días)?

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

El objetivo central de esta investigación, es el analizar y documentar la transición de los tres indicadores claves del proceso que conforman la eficiencia total del equipo para empresas de clase mundial, como lo son: Eficiencia de desempeño, Disponibilidad Operativa y Tasa de Calidad, a través de la materialización de los conceptos (justo a tiempo, tiempo tacto, sistema de producción jalar, etc...) y cuantificar los efectos de la implementación de herramientas de la manufactura esbelta (kaizen, cambios de modelo múltiples, trabajo estandarizado, mapeo de la cadena de valor, etc..., tanto los conceptos como las herramientas serán explicadas posteriormente en el marco teórico) aplicada a una línea de ensamble de una empresa de la industria automotriz.

#### **1.3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Esta investigación cuenta con 3 objetivos específicos:

1.- Documentar de manera explícita los impactos, tanto positivos como negativos, de la comparativa entre el desempeño operativo del sistema de producción empujar (actualmente en producción) y el sistema de producción jalar (propuesto en la pregunta de investigación). Se evaluarán la Disponibilidad Operativa, Eficiencia de desempeño, Tasa de calidad y por ende la Eficiencia Total del Equipo.

2.- Generar una investigación en lengua no anglosajona, ya que en la literatura internacional no se encontraron suficientes fuentes de consulta en español, lo cual colocaría a esta investigación en un nicho muy específico de consulta.

3.- Aunado a esto, mediante un instrumento de consulta denominado: “Cuestionario de Implementación de Manufactura Esbelta”, buscaremos cuantificar el grado de implementación de herramientas de manufactura esbelta con el que cuentan diversas organizaciones de diferentes ramos productivos. Este instrumento será discutido y analizado en el capítulo 4.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

En las publicaciones internacionales se encuentran numerosas investigaciones de manufactura esbelta o lean, desarrollados desde un enfoque teórico, sin embargo, de forma aplicativa a un caso específico en países latinoamericanos es muy limitado.

Hasta donde se ha investigado, se ha encontrado escasa evidencia de un procedimiento lógico y estructurado, que permita documentar la transición de un proceso productivo “empujar” a “jalar”, que establezca lineamientos y métricas en los indicadores claves del proceso (Calidad, Eficiencia y Disponibilidad), que permitan identificar avances o progresos hacia esta transformación, asegurando el entendimiento de los conceptos, así como la correcta puesta en práctica de las herramientas y técnicas, que la manufactura esbelta puede ofrecer a cualquier proceso productivo u administrativo.

Esta investigación provee una contribución exploratoria en el campo de la implementación de la manufactura esbelta en procesos productivos. Un caso de estudio práctico que ilustra los resultados de la transformación de una línea de ensamble de autopartes. El estudio resalta la importancia del vital conocimiento de la cadena de valor y el flujo de información y materiales a lo largo del proceso.

## **1.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación, es la lógica de cómo se desarrollara el caso de estudio, y se documentaran la evolución de los indicadores claves del proceso a lo largo de la implementación de las herramientas de lean. El diseño de la investigación experimental, es netamente explicativo, por cuanto su propósito es demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente. Es decir, establecerá como la puesta en práctica de conceptos fundamentales de manufactura esbelta, influyen en la transformación de los indicadores claves del proceso.

En el capítulo 1 y 2 de esta investigación, se presentaran los antecedentes de la industria automotriz, así como su evolución a través de las dos revoluciones industriales que experimentó, y los sistemas o modelos de producción que dominaron, profundizando en los que predominan hoy en día. Se fundamentaran las características principales de la manufactura esbelta. Se establecerá el estado del arte, que soportara los conceptos y teorías revisados en la literatura internacional, siendo utilizadas para formular y desarrollar toda la investigación acerca de la manufactura esbelta. Se explicara de manera detallada, como evolucionar de manera paulatina a un sistema de manufactura esbelta o lean.

En el capítulo 3, se presentaran las premisas tomadas y el marco en que se ha efectuado la investigación, así como la metodología de investigación realizada. Con la operacionalización de las variables a analizar, interpretaremos los efectos de la manufactura esbelta al sistema y como mediremos e interpretaremos los mismos. Las técnicas de recolección de datos serán revisadas, para fundamentar el desarrollo del

instrumento de medición buscando determinar el grado de adopción de las métricas definidas.

En el capítulo 4, se desarrollará el caso de estudio bajo los estándares establecidos en el diseño metodológico (capítulo 3) y las premisas y conceptos de la manufactura esbelta (capítulo 2), que permitirán exponer las comparativas de los resultados previos y los obtenidos, una vez implementadas las herramientas.

Finalmente en el capítulo 5, se establecerán las conclusiones y reflexiones de esta investigación, tomando como parámetro fundamental el comportamiento de las métricas definidas. A su vez, se detallarán los resultados obtenidos del cuestionario de implementación de herramientas de manufactura esbelta en las industrias de la transformación.

## 2 ANTECEDENTES

Para el establecimiento del marco teórico, se revisaron las aportaciones administrativas que fundamentan los objetivos y las preguntas de investigación, mismas que constituyen la base para el diseño y el desarrollo de los sistemas de manufactura esbelta. Se definirán y establecerán fundadores, origen, desarrollo, descarriladores, maduración y mejora continua de la manufactura esbelta en la industria automotriz.

Se presentaron términos claves de la manufactura esbelta puestos en práctica de manera ejemplar por Toyota en sus plantas armadoras, tales como: Just in Time, Jidoka, Heijunka, Tiempo tacto, Tiempo ciclo, Gemba, Genchi Gentbutsu, actividades que agregan valor, actividades que no agregan valor y actividades que no agregan valor pero son necesarias etc...,

De igual manera se definieron herramientas que permitan facilitar el entendimiento y alcances del mismo: trabajo estandarizado, organización del área de trabajo (5's), fabrica visual, kanban, kaizen, cambios de herramientas de un minuto (Single Minute Exchange Die), flujo de una pieza, tiempo tacto, mapeo de la cadena de valor (Value Stream Mapping), Administración Total de la Calidad (Total Quality Management), Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance) y Eficiencia Total del Equipo ( Overall Equipment Effectiveness).

Para fines prácticos y evitando caer en la redundancia de enunciar la manufactura esbelta o Lean Manufacturing, utilizaremos la abreviación M.E., por lo tanto, cada vez que encontremos estas siglas nos estaremos refiriendo a este concepto productivo.

## **2.1 ADMINISTRACIÓN EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

Es importante entender las relaciones estrechas existentes entre la Administración y la consecución de muchos objetivos y metas trazadas por las compañías en cualquier sector productivo, ya que los procesos administrativos regulan el accionar de nuestro entorno, decidiendo con anticipación lo que se quiere lograr y el cómo se lo va a lograr, para luego, utilizar los recursos disponibles y ejecutar las actividades planificadas con la finalidad de lograr los objetivos o metas establecidos, haciendo lo que debe hacerse con la menor cantidad de recursos posible. Este concepto de la administración, tiene una fuerte similitud con los conceptos revisados cuando definimos las características de la Manufactura Esbelta.

La palabra Administración deriva latín ad (dirección para, tendencia para) y minister (subordinación u obediencia). Aquél que realiza una función bajo el mando de otro, que presta un servicio a otro (Chiavenato, 2004). Es el proceso de diseñar y mantener un entorno en el que, trabajando en grupos, los individuos cumplan eficientemente objetivos específicos. Según Chiavenato (2004), la administración es "el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar el uso de los recursos para lograr los objetivos organizacionales".

Basado en estos preceptos define a la Administración: como el proceso de planificar, organizar, dirigir y controlar el uso de los recursos y las actividades de trabajo con el propósito de lograr los objetivos o metas de la organización de manera eficiente y eficaz.

Esta definición se subdivide en cinco partes fundamentales que se explican a continuación:

1.- Proceso de planear, organizar, dirigir y controlar: Es decir, realizar un conjunto de actividades o funciones de forma secuencial, que incluye:

- **Planificación:** Consiste básicamente en elegir y fijar las misiones y objetivos de la organización. Después, determinar las políticas, proyectos, programas, procedimientos, métodos, presupuestos, normas y estrategias necesarias para alcanzarlos, incluyendo además la toma de decisiones al tener que escoger entre diversos cursos de acción futuros (Diez de Castro 2001 citado por Chiavenato, 2004). En pocas palabras, es decidir con anticipación lo que se quiere lograr en el futuro y el cómo se lo va a lograr.
- **Organización:** Consiste en determinar qué tareas hay que hacer, quién las hace, cómo se agrupan, quién rinde cuentas a quién y dónde se toman las decisiones.
- **Dirección:** Es el hecho de influir en los individuos para que contribuyan a favor del cumplimiento de las metas organizacionales y grupales; por lo tanto, tiene que ver fundamentalmente con el aspecto interpersonal de la administración (Koontz 2000, citado por Chiavenato, 2004).
- **Control:** Consiste en medir y corregir el desempeño individual y organizacional, para garantizar que los hechos se apeguen a los planes. Implica la medición del desempeño con base en metas y planes, la detección de desviaciones respecto de las normas y la contribución a la corrección de éstas.

2.- Uso de recursos: Se refiere a la utilización de los distintos tipos de recursos que dispone la organización: humanos, financieros, materiales y de información.

3.- Actividades de trabajo: Son el conjunto de operaciones o tareas que se realizan en la organización y que al igual que los recursos, son indispensables para el logro de los objetivos establecidos.

4.- Logro de objetivos o metas de la organización: Todo el proceso de planear, organizar, dirigir y controlar la utilización de recursos y la realización de actividades, no son realizados al azar, sino con el propósito de lograr los objetivos o metas de la organización.

5.- Eficiencia y eficacia: En esencia, la eficacia es el cumplimiento de objetivos y la eficiencia es el logro de objetivos con el empleo de la mínima cantidad de recursos.

## **2.2 TERMINOLOGÍA CLAVE DE LA MANUFACTURA ESBELTA**

Para tener un mejor entendimiento de los procesos, filosofías e ideologías que serán expuestas, es preciso revisar algunos términos o conceptos claves de la M.E.

Davies (2009) define los siguientes conceptos de M.E.:

Flujo continuo: movimiento de productos a través de un sistema de producción sin separarlos en lotes. Básicamente, una vez que comienzan a producir un producto, este debe mantenerse en movimiento a través de la corriente de valor, sin colocarlo en una zona de espera para su posterior procesamiento. Esto ayuda a evitar el procesamiento por lotes y el aumento de los niveles de inventario.

Tiempo ciclo: tiempo que se necesita para hacer una repetición de cualquier tarea, típicamente se mide desde un punto de partida fijo, ya sea un botonazo, una caminata,

una carga, o algún elemento constante en la operación, hasta el inicio del procesamiento de un nuevo producto en la misma estación.

Just-in-Time (J.I.T.): El método justo a tiempo, es un sistema de organización de la producción para las fábricas, de origen japonés. Permite reducir el costo de la gestión y por pérdidas en almacenes debido a acciones innecesarias. De esta forma, no se produce bajo suposiciones, sino sobre pedidos reales. Una definición del objetivo del Justo a Tiempo sería: “producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan” ([http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_justo\\_a\\_tiempo](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_justo_a_tiempo) 2015).

Trabajo estandarizado: herramienta enfocada en personas con la idea de documentar funciones de trabajo efectuadas en secuencia repetida, que son acordadas, desarrolladas y mantenidas por cada miembro del equipo, ya sea en el piso de producción o dentro de algún centro de servicio y ambiente de oficinas administrativas.

El propósito del Trabajo Estandarizado, es establecer una base repetitiva y previsible para una mejora continua y para involucrar al equipo laboral en los progresos iniciales y actuales, para después lograr los niveles más altos de seguridad, calidad, proyección y productividad (<http://www.incito.com/es/capacitaciones/trabajo-estandarizado> 2014).

Tiempo Tacto: Adaptación de la tasa de producción al ritmo de ventas o consumos. A menudo se compara con un metrónomo, que simboliza el ritmo al que debe acompasarse la música. En su sentido más puro, se utiliza para producir sólo exactamente lo que los clientes consumen, nada más y nada menos. En la aplicación práctica, saber el tiempo tacto para un producto específico, puede ayudar a entender el nivel de esfuerzo que tendrá que ejercer para satisfacer la demanda de sus clientes.

Utilizando un ejemplo matemático sencillo: si el cliente desea comprar 10 productos de usted todos los días, y el cambio de la producción normal es de 10 horas, entonces el tiempo de procesamiento es de 1 parte por hora. Producir sólo 9 piezas por día crearía un déficit y dejaría a su cliente deseando un producto más. La producción de 11 piezas por día crearía el exceso de inventario y todos los problemas inherentes que vienen con exceso de inventario, uno de los 7 desperdicios que revisaremos posteriormente.

Acharya (2011), define los siguientes conceptos:

Actividades que agregan valor: son las actividades que transforman los materiales en el producto exacto que el cliente requiera.

Actividades que no agregan valor al producto: son actividades que no son necesarias para la transformación de los materiales en el producto que el cliente quiere. Cualquier cosa que no es de valor agregado puede ser definida como desperdicio.

Actividades que no agregan valor al producto pero son necesarias: son actividades que no agregan valor desde el punto de vista del cliente, pero que son necesarias para producir el producto a menos que el suministro existente o proceso de producción sea cambiado radicalmente (ejemplo: movimiento de material entre almacenes).

Cadena de valor: La cadena de valor involucra todas las actividades requeridas para diseñar y manufacturar un producto y entregarlo al cliente final.

Mapeo de la cadena de valor (V.S.M. por sus siglas en inglés): es una herramienta de lápiz y papel, que permite a la administración entender el flujo del material, proceso e información a lo largo de su cadena de suministro, detectando estancamientos de material

e información, para su mejor entendimiento utiliza símbolos que faciliten el plasmado del mismo.

Yu-Lee (2011) expone los 7 desperdicios considerados por Toyota:

1.- Sobreproducción: Cuando se reduce la sobreproducción, se reduce la utilización de mano de obra y la capacidad material. La oportunidad de la mejora en el costo de la mano de obra, se presenta al pagar menos horas laboradas. Esto puede significar pedirles que trabajen menos tiempo, pudiendo empleárseles en actividades tales como 5's o mantenimientos autónomos que reduzcan la necesidad de personal excedente en otros lugares.

2.- Inventario: La capacidad de entrada creada cuando se reduce el inventario, es principalmente a través de la disponibilidad de espacio. Si una cantidad sustancial de inventario se reduce, espacios enteros pueden ser liberados, lo que elimina el costo de almacenar.

3.- Excesivo procesamiento: Sobre-procesado es complicado en términos tangibles de cómo se define. Por ejemplo, existe la fabricación actual de una pieza donde se está invirtiendo demasiados recursos a un producto para su fabricación. También hay actividades tales como el etiquetado y envasado consideradas como desperdicio. En el caso de los maquinados, reduciendo el sobre procesamiento puede impactar la compra de herramientas y maquinaria.

4.- Defecto: Todo aquel producto o mercancía fuera de las especificaciones establecidas por el cliente. Los defectos pueden tener un impacto sustancial en las capacidades

productivas, ya que todo aquel producto que no pueda cumplir con su propósito fundamental, no puede ser considerado como material productivo, mermando las existencias de productos finales en los inventarios de venta, generando posible sobreprocesamiento para llevarlo dentro de los rangos permisibles por la norma.

5.- Movimiento: Considerado como traslados o caminatas innecesarias entre estaciones, almacenes y procesos. Si se revisa el trabajo estandarizado, será todo aquello adicional que el operador realice una vez que no esté en contacto con el producto o mercancía.

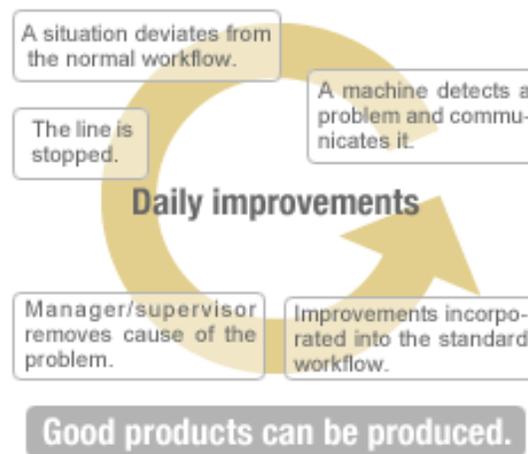
6.- Espera: La fuente de ahorro de costos es la capacidad de trabajo desperdiciada. Esto podría indicar un exceso de capacidad de salida de una línea no balanceada. Por ejemplo, tal vez se tiene una operación que tiene la capacidad de salida de cuatro unidades por hora, y una capacidad de alimentación de 12 unidades por hora. La segunda operación a menudo tiene que esperar a ser alimentado de material.

7.- Transporte. Esta actividad es normalmente inherente a la planta o cualquier proceso productivo, especialmente si existe una cantidad excesiva de manejo de materiales en piso. Existe también la posibilidad de reducir la capacidad de manejo de materiales, cuando se re-balancean los procesos y las cargas de trabajo.

Jidoka: “Automatización con toque humano”, el termino Jidoka utilizado en el T.P.S. por sus siglas en inglés (Toyota Production System), tiene sus raíces en la invención del telar automático por Sakichi Toyoda, fundador del grupo Toyota. El término “jido” es aplicado en el japonés tradicional para describir a una máquina que tiene movimientos propios, mediante la supervisión y monitoreo de un operador. El termino Jidoka, permitió que las

maquinas se detuvieran cuando un problema surgía, sin permitir producir una mayor cantidad de piezas defectuosas, esto significaba que un solo operador podría encargarse de varios telares, resultando en una tremenda mejora en productividad (<http://www.toyota-global.com> 1995-2015).

**Fig. 2.1 Flujo implementado con la utilización de Jidoka.**



**Fuente: Toyota Global Official Site (2015)**

Heijunka: palabra japonesa que designa el alisamiento del programa de producción por el volumen y la mezcla de productos fabricados, durante un tiempo dado. Permite amortiguar las variaciones de la demanda comercial produciendo, por pequeños lotes, varios modelos diferentes en la misma línea de producción. Con este sistema, los productos no se fabrican directamente según las necesidades de los clientes. La cartera de pedidos de un periodo dado, esta distribuida para poder fabricar cada día la misma cantidad y con la misma mezcla. Optimizando la repartición de las tareas y normalizándolas, Heijunka permite: optimizar el uso de los recursos humanos disponibles y reducir las demoras atreves de la normalización del trabajo.

Genba ó Gemba: Término japonés que significa el “Lugar Real”. En la industria, gemba se refiere al lugar donde el valor es creado, en otros términos en las líneas de producción. Taiichi Ohno, un ejecutivo de Toyota, lidero el desarrollo del concepto caminatas Gemba. La caminata Gemba es una oportunidad para que el staff, salga de la cotidianidad de su rutina diaria, para realizar recorridos en las líneas de producción, permitiéndole identificar actividades de desperdicio, entender la cadena de valor y sus problemas y no limitarse a solo revisar resultados y realizar comentarios superficiales (<http://www.manufacturainteligente.com/lean-manufacturing-gemba-walk> 2008-2015).

Genchi Genbutsu: Término de origen japonés, que significa “dirigirse a la fuente para encontrar los hechos que lleven a tomar las decisiones correctas, crear un consenso, y alcanzar objetivos de la forma más rápida posible”. En otras palabras, el concepto Genchi Genbutsu, describe cómo el único medio de comprender en profundidad una situación es “ir y ver”. Dicen los japoneses: “Piense y hable en base a información y datos que haya verificado personalmente”. Consecuencia inmediata: te podrás responsabilizar de la información que trasmitas. Para identificar los problemas se deben tener "hechos y datos". Sin esta información, ya sea tomada a través de observación directa del evento o medida directa o indirectamente, es imposible identificar las causas que generan las pérdidas del sistema productivo ([http://www.toyota.com.ar/experience/the\\_company/genchi.aspx](http://www.toyota.com.ar/experience/the_company/genchi.aspx) 2000).

5'S: Sistema para reducir el desperdicio y optimizar la productividad, mediante el mantenimiento de un lugar de trabajo ordenado y el uso de señales visuales, para lograr resultados operativos más consistentes. La implementación de este método de "limpia" y organiza el lugar de trabajo, es generalmente el primer método que las organizaciones

implementan. Los pilares de la herramienta de la 5'S son: Seleccionar (Seiri), Organizar (Seiton), Limpiar (Seiso), Estandarizar (Seiketsu) y Mantener (Shitsuke). En el trabajo diario de una empresa, las rutinas que mantienen la organización y el orden son esenciales para un flujo suave y eficiente de las actividades.

Este método lean, alienta a los trabajadores para mejorar sus condiciones de trabajo y les ayuda a aprender a reducir los residuos, el tiempo de inactividad no planificado y mantener el inventario en proceso. Una implementación típica 5'S daría lugar a reducciones significativas en los metros cuadrados de espacio necesario para las operaciones existentes. También daría lugar a la organización de herramientas y materiales en los lugares de almacenamiento con código de color y etiquetados, así como "kits" que contienen lo que se necesita para realizar una tarea. 5'S proporciona la base para otros métodos lean, tales como T.P.M., manufactura celular, y la producción just-in-time.

(<http://www.epa.gov/lean/environment/methods/fives.htm> 2015).

**Fig. 2.2 Esquema descriptivo de las 5'S.**



**Fuente: Environmental Protection Agency Official Site (2015)**

Mantenimiento Productivo Total (T.P.M. por sus siglas en inglés): Busca involucrar a todos los niveles y funciones, en una organización para maximizar la eficacia general del equipo de producción. Este método afina aún más, los procesos y equipos existentes, mediante la reducción de errores y accidentes. Mientras que los departamentos de mantenimiento, son el centro tradicional de los programas de mantenimiento preventivo, T.P.M. busca involucrar a los trabajadores en todos los departamentos y niveles, desde las líneas de producción hasta los altos ejecutivos, para garantizar un funcionamiento eficaz del equipo.

El objetivo es la eliminación total de todas las pérdidas, incluidas las averías, instalación de equipos y pérdidas de ajuste, paros menores, reducción de velocidad, defectos y re-trabajo, derrames y proceso de alterar las condiciones, y el arranque y las pérdidas de rendimiento. Los objetivos finales de T.P.M. son cero averías y cero defectos de los productos, que conducen a una mejor utilización de los activos de producción y capacidad de la planta (<http://www.epa.gov/lean/environment/methods/fives.htm> 2015).

Gestión de calidad total (T.Q.M. por sus siglas en inglés): Enfoque de gestión centrada en la calidad, basado en la participación de las personas de la organización y con el objetivo de éxito a largo plazo (ISO 8402: 1994). Esto se logra a través de la satisfacción del cliente, y beneficia a todos los miembros de la organización y la sociedad. En otras palabras, T.Q.M., es una filosofía de la gestión de una organización, en una forma que le permita responder a las necesidades y expectativas de los inversionistas de manera eficiente y eficaz, sin comprometer los valores éticos.

Hay varias maneras de expresar esta filosofía. También hay varios gurús cuya influencia sobre la gestión de pensamiento en esta área ha sido considerable, por ejemplo Deming,

Juran, Crosby, Feigenbaum, Ishikawa e Imai. La sabiduría de estos gurús se ha destilado en ocho principios definidos en la norma ISO 9000:2000. Los principios de gestión de la calidad son:

- Organización orientada al cliente - organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender las necesidades actuales y futuras.
- Cumplir con los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder las expectativas del cliente liderazgo - Los líderes establecen la unidad de propósito, dirección y el ambiente interno de la organización. Ellos crean el ambiente en el que la gente puede llegar a involucrarse totalmente en el logro de objetivos de la organización
- Participación de las personas - la gente de todos los niveles son la esencia de una organización y su total compromiso posibilita que sus habilidades sean usadas para el beneficio de la organización.
- Enfoque basado en procesos - un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando los recursos relacionados y las actividades se gestionan como un proceso.
- Enfoque de sistema para la gestión - identificar, entender y gestionar un sistema de procesos interrelacionados para un objetivo dado contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización.
- Mejora continua - la mejora continua es un objetivo permanente de una organización.
- Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones - decisiones eficaces se basan en el análisis lógico e intuitivo de datos e información

- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor - relaciones mutuamente beneficiosas entre la organización y sus proveedores, mejoran la capacidad de ambas organizaciones para crear valor. (<http://www.thecqi.org/Knowledge-Hub/Resources/Factsheets/Total-quality-management/> 2015).

Cambio Rápido de Herramental (S.M.E.D. por sus siglas en inglés): es un acrónimo que significa cambio de troqueles en tiempos de una cifra, es decir, por debajo de los 10 minutos. El S.M.E.D. se desarrolló originalmente para mejorar los cambios de troquel de las prensas, pero sus principios y metodología se aplican a las preparaciones de toda clase de máquinas. El tiempo de cambio de una serie u orden de fabricación comienza cuando se acaba la última pieza de una serie y termina cuando se obtiene una pieza libre de defectos de la siguiente serie (<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/> 2012).

Eficiencia Total del Equipo (O.E.E. por sus siglas en inglés): Indicador clave del proceso, ya que identifica el porcentaje de la producción total planeada que es realmente productiva. Un O.E.E. de 100% representa una producción perfecta: se produjo durante todo el tiempo disponible neto, igualando la producción teórica y la real y fabricando solo piezas productivas (cero desperdicios). El O.E.E. es útil como:

1. **Benchmarking**: es utilizado para comparar el desempeño de una línea productiva contra los estándares de la industria, otra línea de producción de interna o para comparar dos jornadas de trabajo sobre la misma línea.
2. **Punto de referencia**: puede ser utilizado para monitorear el progreso a través del tiempo en la eliminación de desperdicios sobre una línea de producción o proceso dado.

### **2.2.1 ORÍGENES DE LA MANUFACTURA ESBELTA**

El concepto de automatización Inteligente llamado “Jidoka”, uno de los elementos medulares del sistema productivo de Toyota, tiene su raíz en los telares inventados por Sakichi Toyoda fundador del grupo Toyota. Sakichi, observaba a su madre trabajar en un telar manual y comenzó a cuestionarse en maneras más sencillas de realizarlo. En 1890, inventa su primer telar manual de manejo más simple, y 50% más eficiente que su predecesor. En 1896, Sakichi crea el primer telar mecánico y continúa realizando una mejora tras otra (1914).

En 1924, Sakichi y su hijo Kiichiro logran un avance histórico, creando el primer telar de alta velocidad de trabajo continuo. Había algunas características notables de este telar, llamado modelo “G”. Contaba con delgados flotadores metálicos automáticos, que detenían el proceso automáticamente, una vez que se presentaba una anomalía, para nunca producir defectos y prevenir el desperdicio. Este fue un avance sobresaliente que marco su época. Estas innovaciones, eliminaron la necesidad de tener un operador supervisando cada telar continuamente, generando que un solo operador pudiera supervisar más de 30 telares simultáneamente.

El carácter intermedio de la palabra para la automatización llamado “Jidoka” (derivado del japonés) es “do”, que significa movimiento, pero Sakichi, reemplazo ese carácter por uno que representa “el valor agregado al trabajo” este elemento representa a la gente. Sakichi incorpora al término de Jidoka el elemento humano en la automatización.

Otro elemento medular el sistema productivo de Toyota es el “JIT manufacturing”, concepto originado en la ideas del hijo de Sakichi, Kiichiro, que lidero a Toyota a la industria de la fabricación de automóviles.

Al mismo tiempo que trabajaba con su padre en la fábrica de telares del modelo “G”, participó en la implementación del sistema de producción en masa. Estableció la fábrica de telares mecánicos de Toyota en 1926, introduciendo los métodos americanos de producción para el modelo “G”.

Kiichiro viaja a Norteamérica y Europa en 1929, para obtener licencias de patente para la tecnología de sus telares automáticos. Queda impresionado de todos los vehículos motorizados en EUA y determina que desarrollara automóviles. Los medios y la sociedad japonesa tratan de disuadir a Kiichiro, argumentando que Japón no tenía, ni la tecnología, ni el soporte económico para la industria automotriz. Ignorando las dudas, estableció un taller en una de las fábricas de telares para desarrollar pequeños motores, asumiendo el riesgo de invertir en costosos equipos de precisión.

En 1935, su equipo desarrolló un prototipo de carro para pasajeros el modelo Toyota “A1”. En el año siguiente, los primeros carros de pasajeros fueron fabricados como el modelo Toyota “AA”. Kiichiro, incorpora sus operaciones automovilísticas en 1937 y comienza a operar una planta de automóviles (Planta de Koromo, la primera planta de vehículos, actualmente la planta de Honsha).

Refinó el sistema americano de producción en masa para su planta, y desarrolló los principios de la producción justo a tiempo. La idea era eliminar el desperdicio produciendo apenas lo necesario, cuando fuera necesitado y solo en la cantidad necesitada, Kiichiro estaba encaminado a refinar su producción justo a tiempo aún más, pero el estallido de la segunda guerra mundial en 1941 interrumpió sus esfuerzos.

Japón quedó devastado después de la guerra (1945), Kiichiro pasa su sueño a su primo Eiji. Kiichiro instruye a Eiji, para que ponga en marcha la planta bajo los estándares de

tecnología americana en un período de tres años, siendo esta una tarea altamente desafiante.

La productividad en la industria automotriz americana era 8 veces más alta que en Japón, y Toyota contaba con recursos más limitados de equipo y capital. Así que aumentar la productividad era urgente. Eiji asignó un gerente para el taller de máquinas llamado Taiichi Ohno, para desarrollar un sistema de producción más eficiente.

Ambos buscaron eliminar el desperdicio e incrementar la productividad de valor agregado de todos, poniendo en práctica el concepto de Sakichi “Jidoka” de automatización inteligente en todos los eslabones de la cadena de producción. Buscaron otras maneras de eficientizar sus recursos limitados de capital y equipo, poniendo en práctica el concepto de Kiichiro de Just in Time para funcionar sistemáticamente.

Ohno, tomó como modelo la práctica de los supermercados americanos. En los sistemas de manufactura tradicional los procesos que precedían entregaban a los procesos siguientes productos sin importar lo que realmente estaba siendo requerido, generando que las partes no requeridas se acumularan convirtiéndose en grandes estancamientos de material.

Ohno, inventó un sistema de producción completamente diferente, donde los procesos (o siguiente cliente) removían tarjetas de movimiento o Kanban de los productos que habían consumido, para a su vez recolectar productos de los procesos predecesores. Estas tarjetas de movimiento o Kanban se convertían en instrucciones de fabricación para el proceso predecesor. El flujo de las tarjetas, aseguraba solo rellenar lo que había sido consumido por los procesos siguientes. Una cooperación activa de la gente en el piso era esencial para el sistema de Ohno.

Ohno, tomo la iniciativa, y en el piso enseñó a los operadores a utilizar su sistema. Eiji Toyoda apoyo con entusiasmo a Ohno, para el implementar el nuevo sistema de producción. Un nuevo sistema de producción gradualmente tomo forma con los fundamentos del Just in Time manufacturing y la automatización inteligente Jidoka, denominado el sistema de producción de Toyota, convirtiéndose en un estándar para la industria de la manufactura (1948).

El sistema de producción de Toyota, obtiene atención global después de la crisis petrolera de 1973. Toyota, se recuperó más pronto que otros fabricantes de carros de la crisis, su sistema de producción recibió el reconocimiento y los créditos de esa resistencia. En Febrero de 1984, General Motors se acerca a Toyota para trabajar conjuntamente en la fabricación de carros compactos en EUA. Ambas compañías establecieron N.U.M.M.I. por sus siglas en inglés (New United Motor Manufacturing Incorporated) en California. Las diferencias en el lenguaje y la cultura fueron un gran desafío. N.U.M.M.I., se convirtió en un símbolo de éxito de cooperación industrial entre Japón y los EUA (<https://www.youtube.com/watch?v=ME3IN0hAymA> 2014).

### **2.2.2 ANTECEDENTES DE LA MANUFACTURA ESBELTA**

Los antecedentes de la industria automotriz datan de la segunda etapa de la revolución industrial. La primera, iniciada a mediados del s. XVIII, tuvo como protagonista al sector textil, principal beneficiario de los cambios tecnológicos desencadenados por la máquina de vapor. Un siglo y medio después, a principios del s. XX, a partir del desarrollo del motor a combustión y el aprovechamiento de la nafta y el diesel como combustible, se inicia en el mundo: “la era del automóvil”.

Con la complejidad de los nuevos procesos de producción, en esta segunda fase de la industrialización, surgió la necesidad de nuevos sistemas de organización industrial, debido a que no existían procedimientos de trabajo definidos. La solución de problemas, así como la toma de decisiones, eran fundamentadas en percepciones o creencias, y los trabajadores eran colocados en los puestos con poco o ningún cuidado de acoplar sus habilidades y aptitudes con las tareas que se les exigiría realizar.

Taylor (1856 – 1915), ingeniero y economista norteamericano, tenía como premisa fundamental proporcionar un fundamento científico, basándose en la observación de los procesos, la medición y análisis de los mismos; con el objetivo de establecer la mejor manera de ejecutar los trabajos, y una vez que fueran determinados los métodos, éstos debían ser estandarizados para que fueran cumplidos por todos los trabajadores. Con esto, se buscaba maximizar la eficiencia de la mano de obra, máquinas y herramientas, mediante la división sistemática de la tarea (Barba, 2010).

Con ello, pretendía terminar con el empirismo e improvisación que predominaba por aquella época, todo esto plasmado en su obra de mayor difusión mundial “Principios de la Administración Científica”. Taylor, concibió las bases teóricas de la cadena de montaje, sin embargo ésta no se vuelve realidad, hasta años después cuando es aplicada con gran éxito por Henry Ford, en el sistema de producción en serie para la fabricación de automóviles.

Henry Ford (1863-1947), empresario norteamericano, fue el fundador de la compañía Ford Motor Company y padre de las cadenas de producción modernas, utilizadas para la producción en serie de bienes. Tan pronto los alemanes Daimler y Benz empezaron a lanzar al mercado los primeros automóviles hacia 1885, Ford se interesó por el invento y

empezó a construir sus prototipos (<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/ford/2004-2015>).

Como ejemplo de lo anterior, en 1908 cuando se introduce el Ford “T” en el mercado automovilístico, revolucionó el transporte y la industria en Estados Unidos de Norteamérica. Un automóvil, que marco un parte aguas en su época en muchos sentidos, ya que tenía el volante a la izquierda, todo el motor y la transmisión iban cerrados y los cuatro cilindros estaban encajados en un sólido bloque a diferencia de sus competidores. En cinco años, logró poner a la venta más de 25.000 unidades anuales, detonando así, toda una época para la producción masiva de automóviles.

La “cadena de montaje”, fue el término empleado para nombrar a la estrategia de producción concebida a partir de la normalización de las distintas piezas que componen el automóvil, las cuales eran fabricadas en serie, para ser ensambladas de forma ordenada en una cadena de montaje. Su primera cadena completa de montaje de automóviles se basaba en cuatro principios:

1. Racionalización de las operaciones necesarias para el montaje,
2. Empleo de bandas de transporte,
3. Procesos que facilitasen el desplazamiento de los componentes,
4. Utilización de cadenas de montaje.

Estas, permitirían trasladar los automóviles en fabricación hasta la posición que ocupan los operarios, y no al revés, reduciendo así los tiempos necesarios para su fabricación disminuyendo notablemente el precio por unidad (Barndt, 2007).

La fabricación en serie de estas cadenas de montaje, producía grandes cantidades de bienes, utilizando diseños y flujos de trabajo estandarizados. Cuando un elemento completaba su proceso en la estación de trabajo, era desplazado o trasladado a la siguiente estación de trabajo, donde se le realizaría un procesamiento posterior, ya sea productivo o de almacenaje. En estos sistemas, debido a los cambios impredecibles en la demanda o los obstáculos inherentes a la producción (defectos, re-trabajos, etc...) el trabajo se desviaba de su proceso o flujo natural, causando acumulación de inventario de material en proceso y estancamientos de producto al final de la línea de producción (Kumar, 2007).

En la actualidad, a este sistema de producción se le conoce como “Push System”, donde la producción es empujada en un plan de producción proyectado, no existe interacción alguna con el exterior, resultando en una completa ignorancia de las necesidades y gustos del mercado o cliente final. Esta idea es englobada en la máxima de Taylor que citaba: “Lo pueden pintar de cualquier color, siempre que sea negro” (Alle, 2005).

Esta evolución en los sistemas de producción de artesanal a producción en serie, fue en gran medida responsable del surgimiento y la expansión del sistema industrializado y la introducción de procesos de automatización cada vez más extensos para la fabricación de los automóviles (robots industriales de ensamblaje, soldadura, pintura, etcétera).

Ya en la antigüedad se habían practicado distintas técnicas de fabricación en serie, pero fueron probablemente los ingleses los primeros en utilizar maquinaria accionada por agua y por vapor de agua, en la producción fabril durante la Revolución Industrial, iniciada a mediados del siglo XVIII. No obstante, las técnicas modernas de fabricación a gran

escala se generalizaron y popularizaron gracias a los norteamericanos. De hecho, a la fabricación en serie moderna, se la denomina “sistema norteamericano”.

La producción en serie, atribuida a Henry Ford contaba con elementos desarrollados en el ensamble de mosquetes de Eli Whitney, en las fábricas de carne de Chicago y Cincinnati, y los molinos de harina de Minneapolis de Oliver Evans, donde se habían implementado líneas de producción automáticas a finales de la década de 1860. Sin embargo, las piezas de los mosquetes de Whitney no eran verdaderamente intercambiables, de modo que el sistema norteamericano debería atribuirse a John Hall, armero de Nueva Inglaterra que fabricó pistolas de chispa para el gobierno (Frost, 2000).

Fue determinante la manera en que Ford, combinó los elementos de éxito de cada uno de los sistemas previamente mencionados, reuniéndolos de forma espectacular, en su modelo de producción en serie, que manufacturó una cantidad anual de 2 millones de vehículos en la década de 1920, cifra récord de producción anual que se mantuvo por 32 años. Este sistema, redujo de 728 a 93 minutos, el tiempo de producción del chasis del Modelo T: cada 24 segundos salía uno de la línea, este descenso en los tiempos requeridos de producción, se reflejó en el decremento en precio de 850 dólares a 310 dólares, 40% más barato que su competidor más cercano.

Al concluir las dos primeras décadas del siglo XX, la producción en serie creó las condiciones para el desarrollo del consumo en masa, debido a que hasta ese momento la demanda había sido continua y predecible, generada por los bajos costos y el monopolio del mercado. Sin embargo, en los últimos años de la década de 1960 se presentaron una serie de factores sociales y económicos (crisis petrolera), que modificaron dramáticamente las características de la demanda, llevando a la producción en serie, a una

profunda crisis, revelando así la fragilidad, inconsistencias y restricciones del sistema de producción a gran escala.

Nuevas exigencias del consumidor, la saturación del mercado y una notable inflexibilidad a la diversificación de productos, fueron los detonantes que colapsaron el sistema de producción en serie, abriendo una brecha en los sistemas de producción para un nuevo modelo, que fuera capaz de aumentar la variedad de la gama de productos en cada segmento del mercado, mejorara la calidad, redujera los niveles de inventario y se ajustara a las demandas y fluctuaciones estacionales de los productos. Este sistema o modelo de producción, es actualmente conocido como: “Manufactura Esbelta o Lean”.

Este sistema de producción, está basado en una demanda actual del cliente (ventas), la información fluye del mercado a la administración en dirección opuesta al sistema tradicional. Un sistema de producción de este tipo, consiste en una secuencia de estaciones de trabajo donde se agrega valor al producto en cada una de ellas. Cada producto es retirado por la estación de trabajo sucesiva, es decir, la estación previa no satura de productos a su proceso contiguo, eliminando así desperdicios al empujar material no requerido a la siguiente estación (sobreproducción y esperas).

El flujo de las partes a través del proceso, es a un ritmo constante e uniforme, marcado por la demanda o requerimiento del cliente (Turbo 1996, citado por Panneerselvam, 2006). A diferencia del sistema de producción en serie, que fabricaba producto, sin importar la demanda y gusto del consumidor, sabiendo de que el producto sería consumido.

### **2.2.3 SISTEMAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA LITERATURA INTERNACIONAL**

Los sistemas de producción han sido muy estudiados desde dos diferentes enfoques: económicos y entornos productivos, pero se definirá esencialmente a los sistemas de producción como: “Cualquier actividad sistémica, que tome un insumo y lo transforme en una salida o producto con valor inherente”. Estos sistemas se han clasificado de acuerdo a:

- el grado de intensidad,
- el número y variedad de las salidas,
- según el flujo de materiales
- según la extensión temporal del proceso.

Una de las disciplinas más estudiadas, difundidas, popularizadas y perfeccionadas por todo el orbe y sectores productivos por Toyota, es la M.E. Se han encontrado en diferentes fuentes literarias internacionales, definiciones complejas para esta metodología, de acuerdo a Monden (citado por Haak, 2006): “Es un Sistema de producción que tiene como premisa fundamental, el incremento de la productividad y la eliminación de desperdicio, acuñado mediante la reducción del tiempo ciclo, incremento de la flexibilidad, reducción de los inventarios y constantes cambio de modelo”.

La M.E., combina las ventajas de la producción manual con aquellas de la producción en masa, evitando los altos costos de la primera y la inflexibilidad de la segunda. Utiliza de la producción manual, la concentración de grupos de trabajo de empleados multifuncionales, y por otra parte altos volúmenes de partes estandarizadas son

producidas con la ayuda de maquinaria flexible automatizada, (Womack, J; Jones, D., 1991 citado por Haak, 2006).

Los estudios realizados por Womack y sus colaboradores, buscaban determinar las características básicas del sistema de producción, que se hizo conocido a nivel mundial como Lean Production. Esta investigación, supondría demostrar que el M.E., cambiaría el mundo en la misma forma que la producción en masa fordista lo hizo en el pasado, de manera que todos los fabricantes de automóviles importantes, se verían obligados a adoptar el Sistema japonés.

Los resultados que arrojó el estudio, indican que aquellas empresas que practican la M.E., como parte de su sistema productivo, contarán con:

- Menos defectos en la fabricación de automóviles,
- Procesos de fabricación mucho más rápidos,
- Áreas de reparación más pequeñas,
- Existencias de material en poder de la empresa más pequeñas,
- La mayoría de los empleados trabajan en equipo,
- Trabajadores cambian con frecuencia su trabajo dentro de la empresa,
- Los trabajadores ofrecen más sugerencias y son entrenados por más tiempo, resultando en estructuras organizacionales más planas y flexibles.

Haak (2006) concluye, que la principal característica de la M.E., es que ha sido fuertemente moldeada paso a paso por el aprendizaje, y esto se expresa en su filosofía de

la mejora continua. El desafío para Toyota y sus seguidores a lo largo del mundo, en el marco de la rápida internacionalización, es continuar con esta exitosa manera de hacer negocios a nivel mundial. La metodología del "Toyota Way", se basa en el principio fundamental de "kaizen".

Ochieng (2013), establece que la M.E. desarrollada por Toyota en una planta en Japón, se ha convertido en un sistema de producción muy popular, mundialmente conocido e implementado desde 1960. Los principios de M.E., se enfocan en eliminar el desperdicio y las actividades que no agregan valor. El núcleo de los principios utilizados para alcanzar este objetivo incluyen:

- Especificar el valor desde el punto de vista del consumidor final,
- Identificar la secuencia de actividades que agregan valor al producto para cierto producto,
- Sincronizar procesos para habilitar el flujo de productos físicos e información,
- Acompasar la producción exactamente para alcanzar la demanda del cliente,
- Perseguir la perfección a través de la mejora continua.

Una variedad de específicas técnicas existen para soportar estas actividades incluyendo: mapeo de la cadena de valor (V.S.M.), mantenimiento total productivo (T.P.M.), justo a tiempo (J.I.T.), producción mediante kanban, administración total de la calidad (T.Q.M.), trabajo estandarizado, cambio de modelo, 5's y sistemas visuales.

De acuerdo con Herron y Braident (2007), las herramientas de M.E. no deben de implementarse aisladamente, fueron desarrolladas por una razón, la cual era para soportar

una estrategia global, es recomendable adoptar más herramientas lean que solo practicar una o dos de manera aislada. Los beneficios más comúnmente citados relacionados a las practicas Lean, son mejoras en productividad laboral y calidad, acompañadas de reducción en tiempos de ciclo, costos de manufactura y tiempos de entrega de productos finales a los clientes. Por lo tanto, la M.E. se entiende como un mecanismo de reducción de costos, que si se implementa correctamente puede guiar a la manufactura de clase mundial, compuesta por un conjunto de herramientas, las cuales puestas en práctica de manera conjunta, producen productos de alta calidad, acompasados a la demanda del cliente sin o muy poco desperdicio.

Un estudio realizado por Abdulmalek (2006), en un molino de acero, mostro que la implementación del mapeo de la cadena de valor, Kanban, JIT, producción suavizada, mantenimiento total preventivo, reducción en la preparación de cambios de modelo, 5's y control visual, resulto en el decremento del tiempo para procesar una orden del cliente de 48 a 15 días, una reducción de inventario en proceso de 96 a 10 rollos de acero para un proceso en particular.

Por otra parte Harris (2007), indica que cada año más y más compañías se vuelven más parecidas, teniendo este sistema en masa con todo tipo de carros, utilizando el pull system y otras muchas herramientas del T.P.S., tales como andón, tarjetas de kanban, etc... así que ahora hay más similitudes que diferencias. Sin embargo lo que diferencia a Toyota de los demás, es su cultura, mientras muchas armadoras están aún aprendiendo T.P.S. y M.E., Toyota lo lleva haciendo por 50 años y cada año se vuelve mejor.

El error más común de la gente que pretende al adoptar la M.E., es concentrarse demasiado en las herramientas, en lugar del ADN del T.P.S., "la cultura, de cómo la

gente piensa”. El T.P.S. es soportado por el entrenamiento de la gente, el trato entre ellos, una metodología sistémica de solución de problemas, y el entendimiento total de que el concepto en el corazón del T.P.S., es que: “el cliente es primero”.

La automatización deberá mantenerse al mínimo, pero cuanto debe automatizarse, es siempre una decisión difícil. De acuerdo a Steve St Angelo (2009), director de la planta de Toyota Motor Manufacturing en Kentucky (T.M.M.K.), su filosofía es básicamente sencilla: *“Los operadores se encuentran bien entrenados, ellos tienen buenos ojos, y trabajo estandarizado”, mientras instalas una parte puedes apreciar otros defectos a tu alrededor, “los robots no buscan defectos, solo harán lo que tú le programes que hagan”*.

Para Rabah Azzam (2011), el T.P.S. o M.E. es un término/concepto promovido por la compañía Toyota, que se enfoca en el flujo del trabajo y la suavidad del mismo durante los procesos de manufactura. Los procesos de M.E. practicados y promovidos por Toyota, aseguran la eliminación de los desperdicios (“Mura”, término popularizado por John Krafcik en 1988 durante su tesis en el Massachusetts Institute of Technology) para así, incrementar la eficiencia operativa. Permitiendo que los problemas de calidad sean expuestos al contar con un proceso nivelado y estable.

La efectividad de la administración del piso, se debe a simples y efectivas técnicas. Una vez puestas en práctica, se convierten en vías para la eliminación del desperdicio en el área de trabajo e incrementa la eficiencia de la fuerza de trabajo. Azzam (2011), establece seis principios básicos para la administración del piso:

- 1) El área de trabajo debe ser el núcleo
- 2) Administrar en el piso, no en la oficina

- 3) Hacer la información visual y transparente. Comprometerse a planes de acción.
- 4) Controlar el estándar y mejorar sistemáticamente.
- 5) Administradores revisan procesos críticos y ofrecen soporte a los trabajadores.
- 6) Administrador apoya la solución de problemas a través del escalamiento de los problemas.

Otro factor determinante, son los trabajadores con múltiples habilidades, los cuales representan el alma y el corazón de este peculiar sistema de manufactura. Los operadores de la línea, cuentan con el entrenamiento y la capacidad de detener la línea de producción, si una anomalía se presenta. La solución de problemas, se concibe como la manera de mejorar continuamente el sistema.

Para Novis (2011), en la mayoría de las industrias, inspeccionar productos para remover defectos antes de que sean pasados al cliente es un proceso estándar. Para alcanzar la producción ideal de productos con alta calidad y bajo costo, Toyota instituyó el sistema de producción esbelta, con este sistema de fabricación de un vehículo a la vez, se eliminan cuellos de botella, ineficiencias y los problemas resultan claramente visibles. Una vez que los defectos son visualizados, pueden ser corregidos inmediatamente por los team members (operadores) en su estación, y asegurarse de no pasar defectos a la siguiente estación. Un sistema de M.E., purga todas las fuentes de generación de defectos – remueve del sistema toda oportunidad de cometer un error- y construye la calidad directamente en su producto a lo largo del proceso productivo.

Ihuez (2011), describe al T.P.S. o M.E. como una técnica popularizada por responder a los requerimientos del cliente, que al ser aplicada para alcanzar la mejora continua a

través de la identificación y eliminación de todos los desperdicios que son inherentes a los procesos productivos, paulatinamente reducirá los tiempos de entrega, tiempo ciclo, inventarios y almacenes en proceso, costos de producción, espacio, gastos generales, e insatisfacción del cliente, factores determinantes para la rentabilidad de la compañía.

Ohno (citado por Ihueze, 2011), establece que la premisa fundamental para el incremento de la productividad en las empresas manufactureras, es producir solamente la cantidad de productos requeridos, con el mínimo número de empleados, la menor cantidad de material, menor esfuerzo de los empleados, minimizando al máximo el espacio requerido, siempre y cuando se cumplan los requisitos específicos del cliente. La eficiencia será un factor determinante cuando se haya alcanzado la reducción de costos.

Se han planteado múltiples beneficios y bondades de la M.E. para la industria automotriz, sin embargo, Rameez (2010), establece que esta práctica no es excluyente a otras industrias productivas, como las electrónicas, tiendas de bienes y servicios, aeroespaciales y construcción. Convirtiéndose de esta manera, en un hito de los procesos productivos después de la producción en masa, a su vez establece que existen cinco fundamentos principales del “Lean”:

1. Especificar el valor desde el punto de vista del cliente,
2. Identificar la cadena de valor,
3. Hacer que el valor identificado fluya,
4. Establecer el “pull system” que implica fabricar solo lo que es necesitado,
5. Perfección en producir lo que el cliente demanda, cuando sea requerido, en la cantidad correcta y minimizando el desperdicio.

Inhamdar (2010), define a la M.E. como una estrategia operacional, encaminada a alcanzar el tiempo de ciclo más corto posible, eliminando el desperdicio. Las técnicas de M.E. están basadas en la aplicación de cinco principios para guiar el accionar de la dirección hacia el éxito:

- **Valor**: entender todas las actividades requeridas para producir un producto específico, y después optimizar el proceso entero desde el punto de vista del cliente.
- **Mejora continua**: mejora incremental de los productos, procesos o servicios, con la meta de reducir desperdicio, para mejorar la funcionalidad del lugar de trabajo, servicio al cliente y el desempeño del producto.
- **Enfoque al cliente**: una empresa esbelta piensa más en las necesidades de su cliente, que en hacer correr las maquinas lo suficientemente rápido para absorber las ineficiencias, mano de obra y los gastos generales.
- **Perfección**: Existen un sinnúmero de oportunidades de mejorar la utilización de todo tipo de bienes. La eliminación sistemática de desperdicios, reducirá los costos operacionales y cumplirá los deseos del cliente, maximizando el valor de la empresa al precio más bajo.
- **Enfocado en el desperdicio**: enfocado en la eliminación del desperdicio en cada área de la producción, incluyendo la relación con el cliente, diseño del producto y redes de distribución.

Los sistemas Lean, no son la panacea para la solución de todos los problemas de las empresas manufactureras (Irani, 2011). Es cierto que la eliminación de desperdicio, es una

estrategia efectiva para impresionar a los clientes, reducir costos operacionales e incrementar los márgenes de ganancia. También es cierto, que el seis sigma, es una mezcla de administración de proyectos, control de calidad y diseño de experimentos, pero en la práctica, la teoría de restricciones de los sistemas de producción va más allá. Goldratt's (citado por Irani, 2011) establece tres reglas doradas para administrar un negocio:

- Maximiza el rendimiento,
- Minimiza los inventarios,
- Minimiza los costos operacionales.

Partiendo de la premisa que el “margen de ganancia = rendimientos – (costos de inventario + costos operacionales)”, Lean y seis sigma se centran en el segundo termino de la ecuación: “costos de inventario”

Goldratt a diferencia de Ohno, va mas allá de la reducción de costos, enfocándose en la programación, que es sin duda es la manera más difícil de asegurar entregas de órdenes en tiempo, para cualquier producto de alta mezcla-bajo volumen. De acuerdo al profesor Irani (2011), el desperdicio es cualquier elemento o actividad que no agrega valor al cliente, de la misma manera, la percepción del valor es toda aquella actividad por la que el cliente está dispuesto a pagar.

Una organización Lean, entiende el valor del cliente y lo centra en aquellos procesos claves que continuamente lo incrementen. Eliminar desperdicio es una simple y efectiva estrategia, que disminuye costos operativos e incrementa los márgenes de ganancia en empresas de mediana y gran escala. Las compañías son capaces de responder a los deseos cambiantes del cliente con una alta variación y alta calidad. El Sistema de Producción de Toyota, o M.E., fue diseñado para sistemas de baja mezcla y alto volumen.

A diferencia de Goldratt (citado por Irani 2011), Yu-Lee (2011), establece que desde sus inicios, la M.E., ha sido sobre ahorro de costos. La prueba se puede encontrar visitando el fundador del concepto. Lean tiene sus raíces en el Sistema de Producción Toyota (T.P.S.) o de fabricación just-in-time. Taiichi Ohno, y su asesor Shigeo Shingo son considerados los principales arquitectos del T.P.S.

A menudo, el precio de venta se determina sumando un margen razonable de ganancias al costo ( $\text{costo} + \text{ganancia} = \text{precio de venta}$ ). Esto, de acuerdo a Shingo (citado por Yu-Lee, 2011) no era una perspectiva realista. Él creía que el mercado determina el precio de venta. Ellos pensaban que una forma más realista de mirar el costo, era restar el costo de precio de venta para determinar la utilidad o ecuación ( $\text{precio de venta} - \text{costo} = \text{beneficio}$ ). Con este enfoque, la utilidad puede obtenerse únicamente mediante la reducción de costos".

Desperdicios en el contexto de Ohno realmente significa una de tres cosas. Usted está haciendo cosas que no hay que hacer (sobreproducción, transporte, excesivo procesamiento, movimiento, inventario), haciendo algo mal (defectos) o no hacer nada en absoluto (en espera). En todos los casos, se trata de lo que alguien está haciendo o su resultado. Posteriormente en el Marco Teórico se hará un mayor énfasis en su descripción y en los efectos que generan al sistema.

Lane (2009), asegura que Toyota no comenzó haciendo carros sobre una plataforma deslizante o estableciendo un sistema producción innovador, a pesar de ello, hoy en día la mayoría de las ideologías esbeltas alrededor del mundo están relacionadas con el sistema productivo de Toyota. Previo a la creación de este sistema, acreditado a Taiichi Ohno, Toyota estaba evolucionando sus procesos en las fábricas de telares con una variación

considerablemente mayor en el contenido del trabajo. El mayor acierto de Eiji Toyoda y Taiichi Ohno fue la adopción e implementación de la automatización inteligente y de la manufactura justo a tiempo al sistema productivo de automóviles.

El autor clasifica los sistemas de producción en dos clases:

**1) Sistemas de producción de alta mezcla- bajo volumen:** referido a compañías que tienen cientos o miles de números de parte activos, que no cuentan con una demanda prevista y el contenido de trabajo puede variar dramáticamente. Ordenes usualmente no son predecibles, y subsecuentemente la planeación es a corto plazo.

**2) Sistemas de producción bajo pedido:** cuentan con una amplia gama de productos y servicios en catálogos, pero no almacenan productos terminados. Las acciones específicas para la manufactura de los productos son planeadas una vez que el pedido se ha recibido. Cabe mencionar que el producto será fabricado al gusto del cliente, y el tamaño del lote dependerá de las necesidades del cliente.

No debe asumirse que todas las herramientas lean, aplican a todos los procesos, intente entender la idea o el beneficio detrás de ellas y se creativo en aplicar principios a su ambiente. Las herramientas tradicionales del Lean conducen enfocarse en el producto (su volumen, tiempo ciclo, y tiempo de cambio de modelo); de cualquier manera se obtendrán más beneficios al centrarse en el proceso. Una vez que se haya encontrado un método que funcione, no asumir que es el producto final: continuar modificándolo, re-crearlo, y mejorar el método constantemente. Recordar que el éxito de Toyota resulto de la continua evolución de un sistema de producción flexible y cambiante.

A medida que las empresas manufactureras perfeccionaban sus procesos productivos, la competencia en el mercado se incremento y las oportunidades de los compradores para tener opciones, debido a esto, las empresas se vieron obligadas a encontrar otras maneras de reducir costos. Basado en esa premisa, Toyota Motor Company construyó la M.E., la meta era conseguir un ambiente de manufactura impulsado por la demanda, y que solo almacenara una pequeña cantidad de inventario y productos (Bacheldor 2004, citado por Ndahi, 2006).

Este sistema, manufactura productos de calidad superior, en el momento oportuno y al costo mínimo posible, en una manera flexible, y a través de un proceso que generalmente incluye celdas de ensamble que pueden cambiar su producción rápidamente. De tal forma que los productos pueden ser manufacturados en una mayor variedad, de una manera casi personalizada.

No es de extrañarse incurrir en altos costos de puesta a punto de máquina, cuando no se cuenta con la versatilidad de los cambios rápidos de producto. El concepto Lean, promueve la utilización de máquinas versátiles que puedan ser utilizadas en la fabricación de pequeños lotes de producción. Estas máquinas no requieren ser grandes, solo deben ser flexibles. El objetivo es cumplir el tiempo ciclo. Los sistemas de manufactura esbelta inician su producción inmediatamente después que la orden ha sido recibida para cumplir con los compromisos de tiempo y calidad (Black 1995, citado por Ndahi 2006).

Con la competencia global en la manufactura de productos y el mercadeo de los mismos, el surtimiento esbelto, representa tener cadenas de distribución que trabajan de manera suave, con un enfoque diferente acerca de tecnologías de la información, colaborando con los proveedores, y centrando sus recursos en mejoras sustentables a través de la visualización

de la información, para la planeación y programación en tiempo real. Los productores que sobre producen sus bienes, normalmente encontraran que no hay mercado para ellos (Tinham, 2005 citado en Ndahi, 2006).

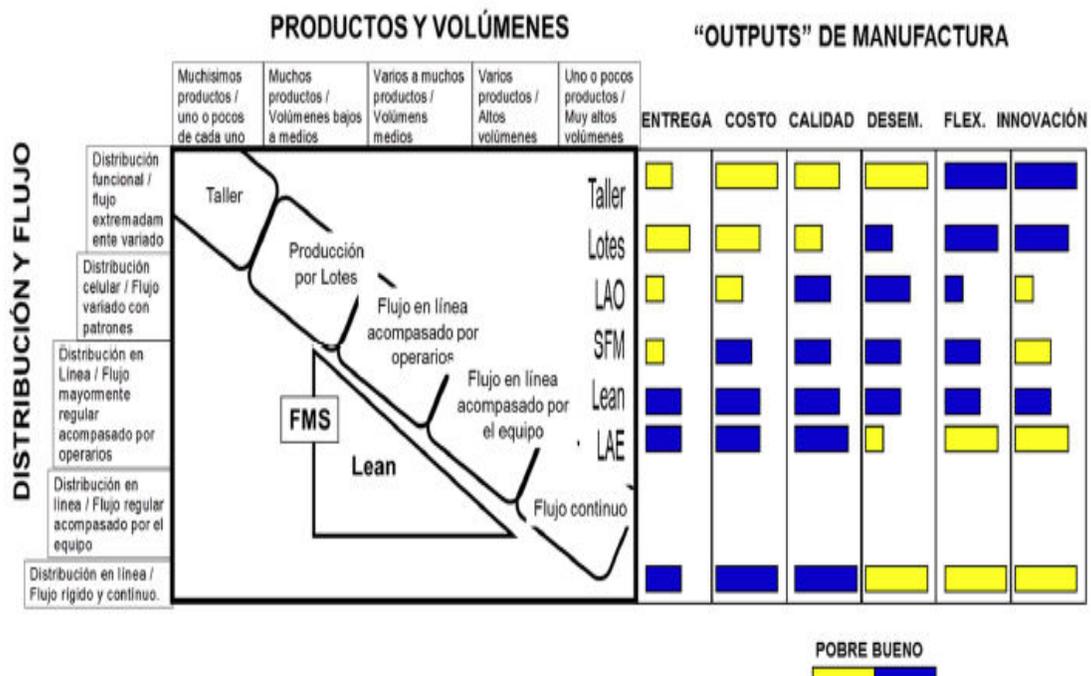
La selección adecuada del sistema de Manufactura que debe utilizarse, es una decisión compleja ya que intervienen factores, económicos, políticos, sociales, geográficos y demográficos. Uno de los métodos más completos para facilitar esta decisión, es el desarrollado por John Miltenburg (1996). Por medio del uso de hojas de criterios, nos permite seleccionar el sistema de producción, que más se adecue a nuestra estrategia de manufactura (Espinoza, 2014). Un sistema de manufactura provee 5 diferentes tipos de resultados en lo referente a:

- Costo: el costo del material, mano de obra, “overhead” y los recursos usados para producir el producto
- Calidad: el nivel al que los materiales y operaciones están de acuerdo a las especificaciones y expectativas del cliente y que tan cerradas o dificultosas son estas.
- Desempeño: las diferentes opciones que tiene el producto y el grado a que estas permiten al mismo tener un desempeño óptimo que otros productos no pueden.
- Entrega: definido como el tiempo entre la entrada de la orden y la entrega del producto al cliente final, ¿Con que frecuencia se tienen entregas atrasadas? y ¿Qué tanto se retrasan una vez que se retrasan?

- Flexibilidad e Innovación: La habilidad para introducir nuevos productos o hacer cambios de diseño a los existentes.

Miltenburg (1996), establece que existen 7 sistemas de producción (Taller, Producción por Lotes, Flujo en línea acompañado por operarios, Flujo en línea acompañado por el equipo, Flujo continuo, M.E. y Sistemas de manufactura flexible) y se pueden describir de acuerdo a 4 características: el número de productos que producen, el volumen de producción de cada producto, la distribución o arreglo del equipo y procesos usados para manufacturar los productos, el flujo del material a través del equipo y procesos.

Fig. 2.3 Criterios de selección procesos de manufactura.



Fuente: Manufactura Esbelta, Data Driven, 2014.

Alrededor de todo el mundo, fabricantes globales se enfrentan a una dura competencia con los más exigentes clientes, que buscan calidad de los bienes y servicios al precio más bajo. Para ello, los fabricantes deben ser capaces de manufacturar productos o servicios en el entorno más económico, con costos de fabricación eficientes y al mismo tiempo, capaces de producir nuevos productos o servicios con menor tiempo de entrega como fabricantes de clase mundial.

Badurdeen (2012), afirma que empresas alrededor del mundo percibieron el sistema de M.E., como el sistema para la eliminación de desperdicios, que trae consigo una era de mejora continua para obtener una mejor calidad, reducir costos y acortar los tiempos de entrega, y como una fórmula para cumplir, y hasta exceder las expectativas del cliente. El paso obvio para perseguir y entender la M.E. es ir a la fuente, Toyota.

No se cuentan con datos fehacientes, pero se estima que el éxito en la adopción de la M.E. es menor al 2%, pero ¿Por qué? Las herramientas mismas no son un misterio, es más, la mayoría de las técnicas del Sistema de Producción de Toyota adoptadas en M.E., están basadas en los fundamentos de las prácticas de la Ingeniería Industrial (Gregory, B, 2012). En el libro de Toyota Way, se enuncian los dos pilares que soportan esta filosofía principales son: 1) Mejora continua y 2) el respeto por la gente.

¿Qué es ser verdaderamente esbelto? La verdadera M.E. de acuerdo a Krefle, K. (2011), es aquella donde un grupo de individuos (por ellos mismos) aplican sistemáticamente la solución de problemas en su tramo de control para alcanzar las metas y objetivos de la compañía. Para una verdadera practica de M.E., la gente que realiza el trabajo debe seguir de forma estructurada, un acercamiento constante con la metodología de solución de problemas, y practicar de manera religiosa ese método, ya que los operadores o “Team

members” (como denomina Toyota a los operadores) son los más cercanos a los errores y problemas de producción, y son respetados lo suficientemente para ser entrenados. Esto se contrapone a lo que normalmente sucede en muchas plantas, donde los especialistas son los encargados de resolver y atender los problemas.

De esta manera el “respeto por la gente” es claramente más que un slogan. El respeto por la gente, es considerado el lado suave del sistema, ya que el desperdiciar talento humano y energía, se contrapone contra la creencia de Toyota, que establece que deberá hacerse uso completo de las capacidades de sus empleados a todos niveles, desde administradores hasta los team members en el piso.

La parte estructurada o metodológica, son las herramientas, consideradas como la parte rígida del sistema. Claramente es la parte central para la mejora continua en calidad, reducción de costo y tiempos de entrega. En un estudio realizado por Thomas Saaty’s (2011), donde jerarquiza los valores organizacionales dentro del sistema de manufactura esbelta en dos vertientes:

- Involucramiento de la gente (respeto mutuo y trabajo en equipo),
- Mejora continua (cuestionar situación actual, kaizen, genchi genbutsu).

El grupo de estudio fueron Administradores de nivel medio (M.M. por sus siglas en ingles) y los operadores (T.M. por sus siglas en ingles). El estudio arrojó que los gerentes de nivel medio, consideran la participación de las personas más importante con un 61.3%, pero los operadores eligieron la mejora continua por ser más a fin con la transformación esbelta (77.9%).

En el continente asiático por otra parte, Chen (2010), en su investigación escudriña los errores y aciertos de China en la implementación de la M.E., comenzando por definir el término "Lean Production", el cual se ha discutido con gran frecuencia en muchas literaturas desde principios de los 90's. De acuerdo con el Diccionario APICS: M.E., se define como el ambiente de negocio donde el desperdicio es identificado constantemente, y eliminado apasionadamente para alcanzar cero desperdicios y producir bienes o productos sin defectos, lo que significa el cambio de cultura. Conforme el desperdicio sea eliminado, la calidad del producto mejorara mientras la eficiencia productiva y los costos se reducen.

A pesar de que la producción en masa marco un hito en la historia de la tecnología de la producción y la administración, sus debilidades se convirtieron mas y mas evidentes posterior a la segunda guerra mundial, debido a la diversificación en la demanda del cliente, que requería pequeños lotes de producción multi-variables. Ante esta situación, el sistema de producción de Toyota desarrollado por Toyota Motor Company, surge como la piedra angular de los sistemas de producción después del vasto dominio que marco la producción de las cadenas de montaje.

China lleva estudiando y aprendiendo M.E, por más de treinta años, siendo F.A.W. (First Automobile Works) y Jialing Group, los pioneros y más activos, la división de chasis de F.A.W. redujo sus inventarios en proceso en un 70%, Jialing eficientizo la línea de maquinado y ensamble en un 44% y 21% respectivamente, los tiempos de ciclo de ambas líneas se redujeron 75% y 33%. Chen (2010), enlista los mayores problemas o descarriladores con los que se han topado las empresas chinas en el despliegue de M.E., conocidos en términos anglosajones como "*derailers*":

- 1) Solo prestan atención a las herramientas.
- 2) Esperan obtener resultados inmediatos.
- 3) Indiscriminadamente imitan y copian prácticas de otros.
- 4) Dominar el conocimiento superficial sin entender la esencia de M.E.

Como es bien sabido, Toyota ha obtenido un éxito rotundo con el T.P.S., dependiendo de su cultura única. Por otra parte las empresas americanas han obtenido éxito en su cultura de innovación. En conclusión las empresas chinas tienen que cambiar de su cultura extensiva a una cultura Lean, regidos bajo las premisas del T.P.S., donde exista un soporte visible e involucramiento de la administración, involucramiento de todo el staff, pensar lean y combinarlo con la cultura china, así como un fuerte compromiso con la producción lean y la mejora continua.

Lean, es un término popular que el sistema Justo a Tiempo japonés, empleo en los primeros años después de la segunda guerra mundial en el sistema automotriz de Toyota (Vendan, 2010). Debido a que Toyota dependía de mercados locales pequeños, su materia prima era importada, debían producir es pequeños lotes, ya que no tenían mucho capital con el cual trabajar. Con estas restricciones Taiichi Ohno, asumió el reto de alcanzar lo imposible, y con su mano derecha Shingeo Shingo por las siguientes tres décadas, se dedicaron a construir el sistema productivo de Toyota, donde la flexibilidad y la respuesta rápida deberían volverse una norma.

Para cumplir con los requerimientos competitivos y reducir costos, muchos manufactureros están volteando a las herramientas de M.E., para reducir drásticamente el tiempo de ciclo e incrementar sus ventajas competitivas. Vendan (2010), cita una

definición de Lean expuesta por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías de manufactura, como:

*“Un acercamiento sistemático a identificar y eliminar desperdicio a través de la mejora continua, que permite que el flujo del producto avance al ritmo de consumo del cliente, de la manera más rápida y más predecible en la búsqueda de la perfección”.*

Vendan (2010), presenta un caso de estudio que mediante la implementación de una mezcla de herramientas electrónicas (WITNESS & VIPPLANOUT) y conceptuales de M.E. (V.S.M.), permitió detectar desperdicios a lo largo de la cadena de valor, ocupaciones no balanceadas de maquinas, esperas de material, etc... Las herramientas electrónicas, permiten visualizar los resultados esperados a futuros con la redistribución propuesta de gente y maquinas, facilitando notablemente la toma de decisiones.

Murugesan (2011), aborda la M.E. vista desde la perspectiva de las Empresas de Manufactura de Clase Mundial (W.C.M. por sus siglas en ingles), en su investigación de la implementación de prácticas para conseguir este estatus, mediante el análisis a 150 empresas manufactureras de la región sur de la India de gran, mediana y pequeña escala.

Debido al cambiante escenario de negocios, el encogimiento del mercado y la constante innovación en tecnologías de la información, y a sus características únicas, el mercado automotriz ha puesto gran presión a las manufactureras para adoptar las estrategias de clase mundial.

Cada compañía manufacturera, se esfuerza arduamente para sobrevivir en esta creciente era de competencias básicas. El término clase mundial es atribuido a Hayes y Wheelwright (1984), para describir las habilidades desarrolladas por las compañías japonesas y alemanas. El término “Manufactura de Clase Mundial”, fue utilizado debido

al gran desempeño alcanzado por estas firmas en su competencia global. El termino cobra popularidad solo después que Schonberger (1986) lo definió como: *“termino que captura el aliento y la esencia fundamental de los cambios que se están desarrollando en las empresas industriales”*.

Los resultados de salida de su investigación, arrojaron un % de aceptación del 83.33. La mayoría de los sustentantes eran empresas de gran escala 54%, seguidas de las empresas de mediana y pequeña escala con un 30.67 y 15.33% respectivamente. En cuanto al sector productivo 36% eran de la industria automotriz, 34.4% del sector de la ingeniería, 17.6% eran del sector eléctrico y electrónico y 12% industrias químicas. Respecto a la implementación de M.E. el 13.6% contestó que lo implementan, 17.6% que están cerca, 24.8% considerados principiantes, 28% no conocen la metodología y el 16% nunca le interesaría conocerlo.

Para concluir, se encontró que 53,33% de las empresas son W.C.M.S. activamente en ejercicio y 46,67% acaban de empezar a practicar W.C.M.S. Más del 90% de las empresas, están certificadas según las normas TS 16949 y el 83% de las empresas están certificadas con la ISO 14001. Cuando se le preguntó, acerca de los atributos de manufactura de clase mundial que se consideran más importantes por los fabricantes, este estudio indica claramente que la calidad del producto fue seleccionada por dos terceras partes de los encuestados, como uno de los tres atributos más importantes de un fabricante de clase mundial.

Los resultados de este estudio, indican que los fabricantes de la India del Sur, se encuentran activos en la adopción de las prácticas de W.C.M.S. y principios para lograr la excelencia en sus operaciones de fabricación.

Cuando Henry Ford lanzó el famoso modelo “T”, comprendió que un gran negocio había nacido. Todas sus plantas y sucursales alrededor del mundo ensamblaron y vendieron el modelo “T”, siguiendo el método de ensamblaje desarrollado por Ford en Detroit, basado en la producción en masa y la economía de escala (Naruo, 2007).

Más tarde adaptando selectivamente el Fordismo, los japoneses desarrollaron el sistema de producción flexible, mediante el desarrollo y la implementación de los círculos de calidad, trabajo en equipo y el sistema pull, transformaron el “*Fordismo*” en “*Toyotismo*”, ya que tomó los cimientos de la producción en masa y obtuvo beneficios a través de la reducción de costos y la mejora continua al proceso productivo, teniendo como premisa fundamental la total eliminación de desperdicios. El T.P.S. fue la base fundamental del movimiento “Lean” ha dominado los sistemas de manufactura en los últimos 15 años.

En su investigación Naruo (2007) analiza a la empresa S.E.J., propietaria de las tiendas Seven-Eleven en Japón. Su trabajo detalla, como mediante la implementación de las herramientas de la M.E. logró la integración total en el proceso desde la orden hasta la entrega, resultando en 145 centros combinados de distribución. S.E.J. en 1974, realizaba al día hasta 70 viajes por tienda. Actualmente realiza solo 9 viajes por tienda gracias a los Centros Comunes de Distribución. La forma en que redujeron sus inventarios, fue eliminando los productos considerados muertos, y dándole un mayor auge a los existentes de mayor movimiento.

S.E.J. ha implementado tres estrategias para mantener una constitución ágil:

- El sistema de franquicias,

- Fuertes asociaciones con los centros combinados de distribución
- La utilización de terceras partes para el manejo del surtimiento y la administración.

Concluye que las compañías lean, son capaces de responder a las tendencias del mercado, entregar productos de manera más expedita y proveer productos menos costos que sus competidores no esbeltos.

Mohd (2011), en su investigación presenta los avances significativos de la industria automotriz en Malasia, con la implementación de un marco de trabajo común constituido por la Calidad Total (C.T.) y la M.E., recaba su información de un cuestionario que se distribuyó a 30 vendedores de automóviles de gran actividad en Malasia analizados por PASW Statistics 18.

Un marco de trabajo integrado por la C.T. y M.E., será de utilidad para la industria automotriz en Malasia, ayudando a las empresas a mejorar las operaciones y mantenerse competitivas, abriendo oportunidades para premios de reconocimiento global.

A pesar de contar con más de 25 años de experiencia y de múltiples apoyos gubernamentales, Malasia de acuerdo a la Organización Internacional de Manufactura de Vehículos, se encuentra lejos del fabricante de carros más grande del mundo Japón.

El cuestionario fue revisado por tres implementadores y tres académicos. La fiabilidad de los cuestionarios fue luego analizada por el paquete Ciencias Sociales v.18 anteriormente conocido como S.P.S.S. Los resultados mostraron, que todas las variables independientes y dependientes son fiables, ya que los resultados de alfa de Cronbach obtenidos, están en el rango de "0,828 a 0,978" teniendo un quórum del 93% (28 de 30 entrevistas).

Se consideraron como variables independientes:

- Prácticas de liderazgo, Prácticas de la administración de recursos humanos, Prácticas de la administración de la información, Prácticas de administración con clientes y proveedores, Prácticas de administración de procesos y Prácticas de administración de productos.

Las cinco variables dependientes consideradas fueron:

- Involucramiento del cliente y grado de satisfacción, grado de medición de la efectividad de la calidad, grado de efectividad del liderazgo, grado de efectividad de la administración de los recursos humanos y grado de efectividad de administración de los procesos.

Las mediciones del desempeño se clasificaron en financieras y no financieras, y se clasificaron en tres etapas dependiendo del grado de avance.

El 43% de los vendedores, se encontraban activamente envueltos en la implementación de M.E. con un grupo consultor llamado MAJAICO, el 57% restante no se involucro con el programa de MAJAICO, debido a su limitante capacidad de atender las juntas semanales de seguimiento. De cualquier manera, se encontraba altamente involucrado con el grupo PROTON en la implementación de las 5's. Solo los vendedores con el desempeño más alto, han implementado ambas técnicas con un porcentaje de implementación del 35.7% para la C.T. y 64.3% para M.E.

Con el precedente de la información arrojada por la encuesta, Mohd (2011) concluye que el desempeño financiero y no financiero, son necesarios para dar una evaluación organizacional más completa, referirse únicamente a indicadores financieros, ya no es

suficiente para mantener la competitividad en el feroz mercado automotriz. Esto es una buena señal para la industria automotriz de Malasia, ya que los vendedores están buscando y centrándose más en el desempeño no financiero, que es el puente para obtener un mayor rendimiento financiero. A partir de este estudio, un marco de trabajo común integrado con C.T. y prácticas M.E. se ha propuesto, que permitirá una implementación sistemática de la calidad para todos los proveedores. Esto facilitará el control y seguimiento de las iniciativas de calidad entre los proveedores, en un esfuerzo por satisfacer la mayor satisfacción del cliente.

Toyota se convertirá en algún punto en el mayor fabricante de autos del mundo, por lo cual es importante examinar la virtud oculta dentro del Sistema Productivo de Toyota, la cual es el motor detrás del crecimiento de la compañía. Towill (2006), define que esa virtud oculta, es mantenerse tan flexible o lizo como se pueda (Smooth is Smart). Para alcanzar esta meta, el primer paso esencial para aplicar el concepto de T.P.S. es poner nuestro propio sistema en orden. Es esencial, para minimizar la incertidumbre hacia nuestros clientes internos y externos, contar con un proceso confiable y consistente que responda exactamente como es requerido.

Toyota define la producción nivelada, como una distribución uniforme del volumen en el lapso de producción, lo que genera una demanda estable y consistente hacia sus proveedores, permitiéndoles mantener un pequeño inventario para cubrir fluctuaciones inesperadas en la demanda.

Liker y Wu (citados por Towill, 2006), realizaron un estudio comparativo del porcentaje de cambio en las partes ordenadas, de las principales 6 armadoras del mundo arrojando los siguientes resultados:

**1) Porcentaje de cambio en partes ordenadas con una semana de anticipación:**

GM 37%, Ford 24%, Chrysler 16%, Honda 10%, Toyota 7%, Nissan 3%.

**2) Porcentaje de cambio en partes ordenadas con tres días de anticipación:** GM

30%, Ford 5%, Nissan 5%, Chrysler 3%, Toyota 3%, Honda 2%.

**3) Porcentaje de cambio en partes ordenadas con un día de anticipación:** GM

19%, Ford 10%, Chrysler 3%, Honda 2%, Toyota 2%, Nissan 1%

Towill (2006), termina argumentando que por encima de la habilidad de entregar productos cuando y donde sean requeridos a un costo competitivo, mediante la práctica religiosa de los principios de la M.E, el negocio habrá adquirido de forma innata considerables habilidades en gestiones de cambio y eliminación de desperdicio.

Sin importar la técnica de acercamiento para desplegar mejoras (lean, seis sigma, kaizen rally, T.Q.M., etc...), invariablemente todas y cada una de ellas, se fundamenta en la mejora continua. En las cadenas de suministro actuales, las compañías deben de estar continuamente mejorando, de cualquier manera, siendo muy común detectar una falta de enfoque o un avance muy lento (Huehn-Brown, 2010). Cada compañía debe continuamente buscar mejorar su desempeño, de otra manera el riesgo de ser sustituido por la próxima generación de tecnología o sobrepasado por la competencia.

M.E., representa para la compañía, un viaje sin fin para ser la más innovadora, efectiva y eficiente, es acerca de continuamente descubrir oportunidades ocultas existentes en todas partes, los desperdicios existen y pueden ser reducidos o eliminados. La gente tiene creatividad ilimitada, pero deben ser retados, motivados, respetados e incentivados a

cambiar, la mejora continua debe ser su forma de vida (Bodek 2004, citado por Huehn-Brown, 2010).

De acuerdo con Spear y Bowen (citado por Huehn-Brown, 2010), muchas compañías encuentran difícil el decodificar e implementar el T.P.S., muchas compañías confunden las herramientas y prácticas que ven en sus plantas con el sistema mismo. Las actividades, conexiones, y flujo del producto son rígidos y estructurados, pero al mismo tiempo sus operaciones son enormemente flexibles y adaptables.

Seis sigma, fue estratégicamente desarrollado por Motorola en los 80's y popularizado por General Electric y otros en los 90's (Pande, 2000 citado por Huehn-Brown, 2010). El término "sigma" se refiere a la distribución o tendencia de la media (promedio) de cualquier proceso o procedimiento.

Huehn-Brown (2010), realizó una entrevista telefónica a 174 compañías de la industria automotriz en Missouri EUA, para determinar si utilizaban Lean o seis sigma, de las cuales solo se pudo recabar información de 86 compañías teniendo una respuesta global del 49.43%. Cuando se cuestiono las razones por las cuales no utilizaban M.E. o seis sigma, el 30% desconocía lo que eran, el 13.3% eligieron no implementar, ya fuera porque no se ajusta a su compañía (muy pequeña, privada o los dueños no quieren), 8.3% contesto que probablemente en un futuro.

Para compañías con una fuerza laboral menor a 100 empleados, la proporción de utilización de alguna de estas herramientas caía a solo 17.6%, mientras que en las compañías con 100 hasta 249 empleados la proporción se incrementaba a 64.7%. Cuando se cuestiono acerca del involucramiento de los proveedores en las iniciativas de mejora, el

56% no estuvo de acuerdo perdiendo oportunidades potenciales de mejora al integrar a sus proveedores en las cadenas de suministro Lean.

En base a estos resultados, Huehn-Brown (2010) determino que las empresas no están adecuadamente utilizando métodos de M.E. y Six Sigma para impulsar la mejora continua. Sorprendentemente, sólo el 30,23% de las empresas utiliza M.E. y / o seis sigma. Además, la ejecución de las principales características de mejora continua dentro de las empresas que utilizan estos enfoques, es inconsistente.

Por otro lado, muchas armadoras asumen que el éxito de Toyota comienza y termina con el T.P.S., es cierto, implementar T.P.S. es el primer paso para optimizar todos los procesos funcionales de la empresa. De acuerdo a John Teresko (2007), el siguiente paso competitivo es el Desarrollo del Sistema Productivo de Toyota. El secreto detrás del desarrollo del sistema productivo, es el mismo del que soporta el T.P.S., la dedicación de su gente a la mejora continua. El factor clave es la habilidad de Toyota para adaptar y mover las lecciones del T.P.S. a la parte superior de la cadena de valores en el desarrollo del producto.

M.E. es ahora, el mantra de los fabricantes de automóviles de Estados Unidos y el resto de los fabricantes de América del Norte. Pero mientras M.E. ha revisado y mejorado de manera progresiva las mejores prácticas en la planta de producción, el concepto de manufactura ha evolucionado también, de producción masiva a la personalización masiva.

Muchas compañías, dedican numerosas tareas administrativas que supongan obtener calidad, pero no cuentan con un proceso que genere calidad desde el principio, no es raro observar que los procesos de Six Sigma se encuentren incrustados en un enorme desarrollo

de productos. En Toyota, la calidad se encuentra arraigada en la manera en que piensan y trabajan. El desarrollo del producto, no se concentra mucho acerca de desarrollar productos, se centra en desarrollar conocimiento del producto. Al hacer esto correcto los productos de calidad emergerán solos. Toyota típicamente mantiene dos modelos a escala simultáneamente paralelos.

Los ingenieros desarrollan planes estructurales para múltiples estilos de diseño y son analizados en base a la factibilidad de su manufactura. Por ejemplo, las tolerancias de manufactura son definidas por los responsables de la producción de las herramientas, en lugar de que sean indicadas en los planos por los diseñadores. Posteriormente, los ingenieros de manufactura ajustan las tolerancias a las capacidades de manufactura. En contraste, muchas firmas americanas congelan sus diseños en las primeras etapas del proceso, el resultado normalmente es una drástica y constante renovación de los conceptos antes de que el producto esté listo para su producción.

Davies (2009), explica en su investigación la importancia que tiene el tiempo tacto; al ser uno de los tres elementos del trabajo estandarizado del Sistema de Producción Toyota (T.P.S.), y como es fundamental, que la velocidad real de la línea de producción esté exactamente equilibrado para satisfacer las demandas del cliente. Esta velocidad o tiempo de fabricación se denomina tiempo tacto. Takt, es la adaptación de Toyota de la palabra alemana “taktzeit”, que originalmente significa el ciclo del reloj.

El significado que Toyota le asigna es ligeramente diferente, ya que es referido al ritmo de producción. Para una línea de producto dado, este paso se determina dividiendo el tiempo permitido en el turno de producción (por ejemplo ocho horas, o segundo 28.800) entre el volumen medio de producción (por ejemplo 500 coches). El Tiempo Tacto, o la tasa de

producción, por día se convierte en 57,6 segundos, lo cual representaría la velocidad a la que la línea deberá estar entregándonos un vehículo.

El trabajo en cada operación está previsto para estar tan cerca como sea posible de esta meta. En caso que se refleje un rechazo en la demanda, el tiempo tacto deberá ajustarse disminuyendo la fuerza productiva, lo cual generara un ritmo de producción mayor. El personal que resulte optimizado del rebalanceo de carga de trabajo, es destinado a realizar proyectos de mejora por un determinado tiempo. Por el contrario, cuando las ventas se incrementan, de igual manera se incrementa la fuerza productiva, para alcanzar una mayor velocidad de producción (48 segundos) que se satisfaga la demanda del cliente.

Cualquier proceso, ya sea más rápido o más lento que la producción, generará un desperdicio. Toyota combino el tiempo tacto, con el flujo de la producción pull system y su producción nivelada para formar la base de su sistema "Justo a Tiempo". La frase "Just in Time" fue acuñada por Kiichiro Toyoda cerca de 1937.

El Tiempo Tacto, es una herramienta de análisis de trabajo centrado en los movimientos del ser humano, que limita la producción ya sea por debajo o por encima, e intenta sincronizar los procesos de modo que no haya retrasos o acumulación de inventarios. En términos de productividad, se busca maximizar la productividad de los empleados, para que no se desperdicien segundos durante el día.

Usando el tiempo tacto, en conjunción con el estudio de tiempos y movimientos, los equipos de Toyota analizan su trabajo y hacen pequeñas mejoras incrementales cada mes, en su intento de mantener el tiempo tacto estable durante un período de un mes; pero en algunos mercados, esto es imposible debido a las fluctuaciones de los clientes.

De acuerdo con Jill Jusko (2006), el éxito de Toyota deriva en gran medida de su planeación y ejecución de sistemas, llamada Hoshin Kanri (o Hoshin Planning), sistema de administración o despliegue de la administración (el cual no fue inventado por Toyota), que le permite mantenerse competitivo año tras año, manteniendo los ojos y las acciones de la organización entera, enfocados en alcanzar las mismas metas.

La frase japonesa Hoshin Kanri, se traduce como “estrategia de despliegue” o “despliegue de políticas”. El despliegue de estrategias, está dirigido a formular objetivos y metas claras, diseminando y alineando aquellos objetivos a través de todos los niveles de la organización, para después crear planes de acción que alcancen esos objetivos. Smith (citado por Jusko, 2006) establece: “Solo es cuestión de enfocarse, separar problemas triviales, de problemas realmente importantes, y entender cómo se relacionan con la estrategia de la organización”.

Los elementos claves de la Planeación Hoshin incluyen:

- Guiada por la visión de la organización, no por los problemas del día a día,
- Sistema que traduce la visión en objetivos tangibles y medibles para el cumplimiento de los avances,
- Impulsa el aprendizaje a través del proceso de revisión,
- Finalmente en el proceso denominado “catchball” (termino implementado para ejemplificar como las estrategias se trasladan hasta los niveles más bajos de la estrategia con entradas y salidas de información hacia el siguiente nivel) es donde todos estos planes son aterrizados con estrategias, responsables y fechas de entregables.

En su investigación, Jusko (2006) incluye información recabada en un censo por la revista Industrial Week, que encuentra una relación existente entre el tamaño de la planta y la probabilidad de que se despliegue una planeación estratégica (53%).

A pesar de que Toyota es líder en el desarrollo de productos, sería un error adoptar sus prácticas de manera absoluta, no importa que tan buenas sean, la empresa deberá seleccionar las herramientas que mejor se adapten a sus procesos, tal como los sastres ajusten los trajes a la persona. Las principales barreras son un ambiente caótico de trabajo. Los ingenieros normalmente, tratan de ajustar su trabajo entre juntas, caminatas y atendiendo cuestiones del día a día.

Una pobre priorización exagera esos problemas, la gente normalmente no sabe cuál es la tarea más importante del día o del proyecto, por lo cual el equipo de trabajo se enfocará en las tareas que en el momento consideren lo más adecuado. Una de las herramientas más utilizadas para la planeación, solución de problemas, y para la planeación misma es el A3, este formato guía el proceso de definir el problema, coleccionar información para cuantificar la extensión del problema, establecer metas, identificar la causa raíz, investigar contramedidas y conjuntar un plan de implementación.

En conclusión, la sobrecarga de trabajo crónica, contribuye a las dificultades para el despliegue de nuevos productos y proyectos. Esto es particularmente cierto entre las pequeñas y medianas empresas. No tienen equipos dedicados a los lanzamientos de productos. Cuando se consigue un Líder de proyecto, que trabaja en cinco o seis proyectos sin prioridades claras, no crea ningún valor. De acuerdo a la experiencia y recomendaciones de expertos en la materia, indica que el tramo máximo de control

adecuado, es de dos proyectos por cada ingeniero. Este simple cambio de política ha hecho una gran diferencia ([www.machinedesign.com](http://www.machinedesign.com) 2013)

Drickhamer (2004), va más allá del T.P.S. tradicional, argumentando que existe una tercera generación de la M.E., la cual consiste, en luchar con el reto de cómo aplicar los principios de Toyota de producción a otras áreas de la empresa, Couch (citado por Drickhamer, 2004) utiliza el término "T.P.S. 2" para enfatizar la forma de pensar diferente requerida.

A modo de ejemplo, a los tres pilares fundamentales de costo, calidad y entrega (o tiempo), añade una cuarta: ganancia. "Un proceso de fábrica, no es un centro de ganancias, es un centro de costos". La variable que se tiene es el costo. Cuando se habla de la empresa como un todo, eso no es necesariamente cierto. Lo que realmente queremos expresar o hacer es aumentar sus ganancias.

Steve Spear (citado por Drickhamer, 2004), define la filosofía T.P.S. como "una estrecha conexión entre hacer el trabajo y aprender a hacerlo mejor. El trabajo en las fábricas de Toyota, se lleva a cabo en lo que equivale a un experimento rigurosamente controlado, que pone a prueba los supuestos implícitos en el diseño del proceso. Al poner a prueba el trabajo que se está haciendo, los problemas se reconocen cuando y donde se producen, lo que impide que se propaguen.

Repasando la historia de Toyota, las herramientas, técnicas, filosofías y principios fueron desarrollados para hacer frente a problemas muy concretos que afectaban a personas en circunstancias muy particulares, la clave es entender los problemas de nuestro sistema y las circunstancias muy particulares que le apliquen.

Las herramientas no son una estrategia, por ejemplo, al utilizar el mapeo de la cadena de valor, por definición, sólo se está buscando en un producto, una familia a la vez. Es una buena manera de analizar las cosas, para entender el sistema indagando como fluyen los productos, desde la materia prima hasta convertirse en productos terminados, pero es sólo un trozo, no es el todo, para elaborar una estrategia se requiere de conceptos básicos y planes de implementación".

Drickhamer (2006), concluye su artículo, enfocando la percepción del operador acerca del Lean, como la consigna de reducir el inventario y deshacerse de las personas, cuando se está tratando de hacer exactamente lo contrario. M.E. busca aumentar la capacidad de las personas para mejorar el proceso y subsecuentemente el negocio. Estamos tratando de desbloquear la capacidad oculta, para aprovechar los conocimientos de las personas en el piso. La gente no tiene miedo al cambio, tiene miedo a la incertidumbre.

Complementando la variedad de aplicaciones de la M.E. en diferentes ámbitos industriales, Arrieta (2010), presenta los resultados de un *benchmarking* realizado entre 30 diferentes empresas del sector de la confección, en el que se busca evaluar el grado de implementación de la M.E. en la ciudad de Medellín.

En los últimos 25 años, han surgido una gran cantidad de estrategias para el mejoramiento de los procesos. La M.E., consiste en la aplicación sistémica y habitual de diferentes técnicas para el mejoramiento de los procesos productivos (Arrieta 2010, citado por Botero, 2010). Esta técnica además de reducir desperdicios, busca evaluar y mejorar diferentes indicadores de gestión, tales como tiempo de entrega, la rotación del inventario, la calidad de los productos, los volúmenes de los inventarios, etc... todos ellos son indicadores que se pueden medir y aplicar a cualquier sistema productivo.

El desarrollo de su investigación, se realizó a través de la metodología del benchmarking, tomando como base el modelo que M.J. Spendolini, propone en su libro *Benchmarking* (se entiende como el proceso mediante el cual se recopila información y se obtienen nuevas ideas, mediante la comparación de aspectos de tu empresa con los líderes o los competidores más fuertes del mercado, <https://debitoor.es/definicion-de-benchmarking> 2015).

Se procedió a:

- Determinar a qué se va a aplicar el benchmarking,
- Formar un equipo benchmarking,
- Identificar los socios del benchmarking,
- Recopilar y analizar la información,
- Y finalmente actuar.

El cuestionario está enfocado a validar el cumplimiento de la implementación de la M.E. de los siguientes indicadores:

- 1) En las líneas de producción,
- 2) Del personal de planta,
- 3) Diseño del producto,
- 4) Administración de Cadena de Abastecimiento.

Después de la aplicación del modelo de Spendolini, a través del cuestionario desarrollado para diagnosticar el estado de M.E., se encontró que para las 30 empresas de la muestra, la calificación general promedio fue de 61.17%. Ninguna de las empresas evaluadas, se

encuentra en los niveles superiores del primer cuadrante, con resultados por encima del 80%. La implementación de herramientas de M.E., se encuentra en un 62.28% de implementación, valor menor al nivel de categoría mundial. El nivel obtenido por las empresas en la variable *Desempeño* es del 59.92%. La cifra refleja, la insuficiencia con que es llevada a cabo la medición en los procesos productivos. Los resultados muestran que el sector de la confección, en general tiene su mayor fortaleza, analizado desde las técnicas de M.E.: en el área de *Diseño y Desarrollo de Productos*, con un promedio de 80.44%. Uno de los datos más alarmantes, es el porcentaje de productos defectuosos, LMDD3 (38.7%). Esta cifra, indica que existen fallas en la aplicación de dispositivos *Poka Yokes*.

M.E. ha ayudado a varias industrias para lograr la excelencia operativa, y aumentar la productividad y mejorar la calidad, al tiempo que reduce los residuos y los costes. Sin embargo, la industria de la madera ha sido históricamente lenta en la adopción de esta filosofía y sus muchas herramientas. Pirraglia (2010), expone su investigación sobre el status de la implementación de M.E. en manufactureros secundarios de madera, mediante la realización de un encuesta, para determinar las principales barreras para su implementación, los disparadores y las herramientas, que pueden llevar a las empresas a seguir hacia una plena implementación de la filosofía.

De acuerdo con Testa (citado por Pirraglia, 2010), M.E. es el método más exitoso para la eliminación de desperdicios, basado en su éxito en otras industrias como la automotriz, aeroespacial y farmacéutica. Womack (citado por Pirraglia, 2010), establece que el beneficio más grande, es que libera recursos usando un menor cantidad de esfuerzo humano, espacio, capital y tiempo, convirtiendo el desperdicio en una capacidad de disponibilidad. El error más común, es proclamarse una empresa Lean, después de haber experimentado un solo proyecto. Testa (2003), establece que la implementación de la M.E.

definitivamente necesitara designación de recursos, pero normalmente los ahorros sobrepasan por mucho los costos. Desafortunadamente la industria de la madera no ha adoptado la M.E. tan pronto, como otras industrias.

Para la recopilación de esta encuesta se enviaron 198 e-mails a compañías pertenecientes a la Wood Component Manufacturing Association (W.C.M.A. por sus siglas en ingles). Solo 55 respuestas fueron retornadas, lo cual representa un 30% de la muestra poblacional suficiente para emitir un juicio. Se estableció un orden de preguntas, partiendo de la región geográfica, nombre de la compañía y puesto, grado de conocimiento o involucramiento con actividades como: reducción de costos, mejoras en la calidad del producto, mejoras en la satisfacción del cliente, y mejoras en el servicio de calidad.

Posteriormente se cuestionó el grado de conocimiento de M.E. y su implementación. Finalmente se cuestionaba que los había impulsado a poner en práctica esta metodología. El 34% de las respuestas provinieron del oeste medio de EUA, 29% del noreste y 25.5% del Sur. En cuanto al puesto 68% eran dueños, y solo el 13% eran coordinadores de producción. El 98.2% contestó que practicaban la reducción de costos, 96.4% mejoras a la calidad, 90.9% mejoras en la satisfacción del cliente. El 55% de las compañías afirmó estar implementando M.E. de este grupo el 64% que contaban con una implementación extensiva. El 28% contestó que tienen nociones básicas de M.E., y solo el 8% tenían una implementación avanzada de M.E.

Respecto a los disparadores para la implementación el 42% contestó que eran guiados por casos de éxito, mientras que el 26% eran impulsados por personal que había atendido cursos.

Los resultados de esa encuesta permiten visualizar un panorama general de las características del entorno de las empresas pertenecientes a la Asociación de Fabricantes de madera Componente (W.C.M.A.). Más de la mitad (55%) de las empresas que forman parte de esta asociación, están implementando M.E. en este momento. Además, un alto porcentaje de estas empresas (64% de los ejecutores) indicaron que tienen un amplio nivel de implementación de M.E. El aumento del nivel de competencia que las empresas pertenecientes a la W.C.M.A. pudieran alcanzar mediante la implementación exitosa, pudiera ser la palanca que requiere esta industria ante los fenómenos globales que la envuelven.

Las técnicas de M.E., son ampliamente utilizadas dentro de la industria automotriz para proveer entregas justo a tiempo de productos y últimamente para crear valor para el consumidor final de este recurso. Estas técnicas, tienen particular relevancia para el actual sistema médico en Canadá, donde la demanda de la capacidad está sobrepasando la capacidad de proveer cuidados de una manera oportuna (Ng, 2010).

El sistema Lean, se concentra en alcanzar flujo continuo a través de su sistema, mediante la identificación de valor en cada paso del proceso, si algún paso falla en agregar valor al producto al siguiente usuario es eliminado.

Mediante la reducción de tiempo de espera entre procesos, y entregando exactamente lo que el siguiente usuario requiere, la calidad y productividad se incrementan. El pensamiento lean, se enfatiza en identificar causas raíz de los problemas o demoras acudiendo con el trabajador al lugar donde se desarrolla y entender las demandas del trabajo. Todo lo anteriormente dicho no tiene restricción para su aplicación, por lo cual David Ng (2010) presenta en su artículo las ventajas obtenidas de la implementación de

herramientas del sistema de producción de Toyota, para mejorar el servicio del departamento de urgencias del Hospital Grace en Windsor, Ontario.

Mediante la implementación del mapeo de la cadena de valores, pudieron identificar cuellos de botella entre procesos y errores cometidos en los procedimientos, identificando 19 procesos en el V.S.M. El tiempo de procesos promedió de 24 minutos a 19 horas, el tiempo total de espera promedió de 37 minutos a 57 horas, y el tiempo total promedió de 61 minutos a 76 horas. En un lapso de casi dos años redujeron el Tiempo de registro para atención médica de 111 minutos a 78 minutos, la cantidad de pacientes que abandonan el hospital sin haber sido revisados disminuyó de 7.1% a 4.3%, el Tiempo de espera para altas médicas se redujo de 3.6 horas a 2.8 horas y el % de satisfacción del paciente incremento en promedio de 73.7% a 85.1%.

Mediante la eliminación de desperdicios de procesos internos, la mejora de la organización del lugar de trabajo, centrándose en la reducción de las interrupciones y esperas internas, y la mejora continua en la refinación de nuestros procesos, se lograron notables beneficios en la reducción de los tiempos de espera. El tiempo de permanencia y la satisfacción del paciente han mejorado durante un período de aumento de pacientes, sin adicionar personal o camas.

David Ng concluye que el sistema Lean, ofrece un enfoque para el análisis de flujo de procesos y mejorar la eficiencia, centrándose en las ideas de la primera línea de trabajadores y proporcionar el máximo valor para el cliente. Estos principios representan un cambio en nuestra forma de pensar acerca de los problemas en lugar de una receta de cómo resolver los problemas

El sistema de manufactura “Just in Time” desarrollado por Taiichi Ohno también conocido como “El sistema de producción japonés de Toyota”, tiene como meta principal, la continua reducción y eliminación de todos los desperdicios (Ohno citado por Kumar, 2006). En la actualidad, este sistema se ha vuelto inevitable a nivel planta, donde se integra la manufactura celular, manufactura flexible y la manufactura asistida por computadora. Debido a los avances tecnológicos, el método convencional de empujar la producción ligado con la Planeación de Requerimientos de Material (M.R.P. por sus siglas en inglés), fue cambiado al sistema productivo pull del Justo a Tiempo, para cumplir con la competencia global, donde el material en proceso (W.I.P. por sus siglas en inglés) puede ser administrado más adecuadamente, que con el sistema de producción push (Mason 1999, citado por Kumar, 2006).

El sistema Kanban, es una nueva filosofía que juega un papel determinante en el sistema de producción J.I.T. El kanban, es básicamente una tarjeta de plástico que contiene toda la información requerida para la producción/ensamble de un producto en cada estación.

Estas cartas son usadas para el control del flujo de producción e inventario. A continuación se presenta la fórmula utilizada por Toyota Motor Company para determinar el número de tarjetas de kanban (Berkley 1992, Chan 2001, Henry 1997, Hunglin 1999, Ohno 1995 citados por Kumar, 2006):

**Fig. 2.4** Calculo del número de tarjetas kanban

$$K \geq \frac{DL(1 + \alpha)}{C}$$

**K** es el número de kanbans

**D** es la demanda por unidad de tiempo

**L** tiempo de entrega

**$\alpha$**  factor de seguridad

**C** capacidad de contenedor

**Fuente: Sterlin, W. (2011)**

Kumar (2006), en su revisión bibliográfica asocia las diferentes áreas de investigación relacionados con JIT-KANBAN estudiados por múltiples investigadores, para encontrar los conceptos más populares. Algunos investigadores se enfocaron en la determinación de números de kanbans, otros desarrollaron modelos heurísticos, como algoritmo genético, búsqueda tabú, etc... Los resultados mostraron que el área de investigación más popular entre los 100 investigadores fue: Casos especiales con 11%, seguidos de la simulación y el CONWIP (Constant Work in Process) con 9 y 7% respectivamente, la teoría de kanban-empírica recibió un 6%.

Mehrjerdi (2010), expone en su investigación de las cadenas de valor, la fuerte competencia que existe entre organizaciones, característica inherente en el escenario contemporáneo, por ende cada organización para sobrevivir en este dinámico entorno, necesita contar con una orientación al cliente, la calidad y el servicio. En la industria automotriz, el sistema de la cadena de valor es complejo, y cuenta con múltiples subsistemas, por lo cual diferentes estrategias han evolucionado para reducir los desperdicios y

mejorar la calidad. Una de las estrategias para eliminar el desperdicio completamente, es conocida como “la cadena de suministro lean” (Bruce 2004, citado por Mehrjerdi, 2010).

El termino cadena de valor, fue introducido en la literatura en la última parte de la década de los 80's, siendo más extensivo su uso entre 1990 y 2000 (Ahlstrom, 1996). El principio de la cadena de valor Lean, es que los beneficios de esbeltez, no aplican solo para una sección de la cadena de suministro, sino que son transferidos a cada parte de la cadena.

Ohno (citado por Mehrjerdi, 2010), establece que el sistema de M.E. considera todos los beneficios de la producción en masa, mientras intenta reducir el desperdicio y eliminar procesos que no agregan valor. De hecho, se puede establecer que la M.E. y J.I.T. son lo mismo. Las primeras investigaciones de M.E., fueron conducidas por Sugimori en 1977 (citado por Mehrjerdi, 2010). Ahlstrom (1996), exalta del modelo de operaciones de la administración Lean, los siguientes principios como fundamentales:

- Eliminación de desperdicios,
- Permanentes mejoras,
- Cero defectos,
- Entregas Justo a Tiempo,
- Sistema pull de materias primas,
- Equipos multi-disciplinarios,
- Equipos de enfoque,
- Actividades de integración,
- Sistemas de información vertical.

Es bien sabido que Toyota, Dell y otras empresas de clase mundial obtuvieron gran éxito en implementar M.E. en el desarrollo de productos, producción, administración y servicio

al cliente. Meng (2012), nos muestra con su investigación, como desafortunadamente muchas empresas en China, no han experimentado tal éxito a pesar de haber implementado M.E. en los 80's, debido a que se enrolaron en las actividades de eliminación de desperdicios a gran escala antes de importar la filosofía y métodos de la M.E. analizándolos cuidadosamente para poder aplicados a lo largo de la cadena de valor. Si la manufactura esbelta es realizada de manera local, el efecto de la mejora será limitado al área involucrada.

De acuerdo a Meng (2012), el mapeo de la cadena de valor (V.S.M. por sus siglas en inglés), es la herramienta adecuada para poder identificar desperdicios y las causas que los originan, para posteriormente eliminarlos. El V.S.M. puede crear una visión general del rendimiento total del proceso, y no en ineficiencias independientes, visualmente muestra el flujo del material, el flujo del producto y el flujo de la información para detectar áreas de oportunidad. Nos permite entender donde estamos, a donde queremos ir, el mapa y la ruta para llegar.

Meng (2012), menciona la metodología para establecer un mapeo de la cadena de valor de alguno proceso:

- Seleccionar la familia de un producto,
- Dibujar un mapa del estado actual,
- Resaltar problemas y configurar herramientas lean,
- Dibujar un mapa del estado futuro,
- Implementar un plan de acción,
- Definir métricas para medir el desempeño,
- Documentar los hallazgos,

- Monitorear el progreso.

Para Acharya (2011), el sistema de M.E. es considerado así porque utiliza menos de todo, comparado con la producción en masa, la mitad del esfuerzo humano en la producción, la mitad del espacio de manufactura, la mitad de la inversión en herramientas, la mitad de las horas para desarrollar un nuevo producto, todo esto resulta en una menor cantidad de defectos, produciendo una mayor y más variada cantidad de productos. M.E. es una serie de principios operativos, los cuales serán aplicados por una compañía manufacturera, para optimizar su provisión de valor al cliente, lo cual implica la eliminación de desperdicio y el mejoramiento del flujo del material (Womack 1990, citado por Acharya, 2011).

Toyota, es acreditado como el lugar de nacimiento de la M.E., y su filosofía ha evolucionado desde ideas desarrolladas en los 30's, donde el mercado japonés necesitaba desarrollar un sistema de manufactura que fuera flexible y usara menos recursos. Uno de los principales aspectos de M.E., es identificar dentro del flujo del proceso, las actividades que agregan valor, las que no agregan valor pero son necesarias y las que no agregan valor.

De acuerdo a Acharya (2011) contrario a Meng (2012) para implementar un mapeo de la cadena de valor, son seis los puntos que necesitan ser cubiertos:

- Seleccionar una específica familia de proceso,
- Entender las necesidades del cliente,
- Analizar el flujo del proceso,
- Analizar el flujo de material,
- Analizar el flujo de la información,
- Calcular el tiempo ciclo de trabajo.

Adicionalmente Rajenthirakumar (2011), define el Sistema de Producción Toyota o M.E. como un sistema centrado en la localización de las principales fuentes de desperdicios, y mediante la implementación de herramientas como: J.I.T., producción nivelada (heijunka), 5's, la reducción del tiempo de puesta a punto de máquinas y otras, se buscara su eliminación. La influencia de las prácticas Lean, contribuye sustancialmente con el rendimiento operativo de las plantas, y el uso de herramientas Lean permite la mejora de los resultados.

En su investigación la herramienta de mapeo de la cadena de valor (V.S.M.), se aplica en un caso práctico para un molino húmedo, como una forma de avanzar hacia la M.E. y como formularla para dirigir las actividades de mejora.

El primer paso para implementar el V.S.M, es plasmar la situación actual y detectar las actividades que agregan valor y las no agregan valor, así como los tiempos requeridos para las mismas. Para su mayor entendimiento se trazara un línea que colocara el tiempo de la actividad que agrega valor al producto un nivel por encima, y el tiempo de la actividad que no agrega valor un nivel por debajo, ayudándonos a identificar nuestro tiempo actual total en la cadena de valor de muelle a muelle (lead time).

Se requiere contar con la información a lo largo de todo el proceso, desde que es recibida la orden de fabricación, hasta que es entregada al cliente que pago por ella. Esta información, incluye manejo de materiales, el tiempo de ciclo en cada estación de trabajo, el tiempo de inactividad de la máquina para cada proceso, el inventario, el set up, etc...

En las líneas de ensamble, el pull system y el sistema Lean, son conceptos frecuentemente conectados, aunque persiguen objetivos diferentes, pull busca la reducción del trabajo en proceso y el sistema Lean, busca minimizar la variabilidad del buffer.

Los resultados obtenidos mediante la implementación del V.S.M, 5's, trabajo estandarizado, permitió alcanzar los siguientes beneficios para la fabricación del molino húmedo:

- Se redujo Tiempo tacto en un 26%,
- Reducción de Tiempo ciclo en 8%,
- La producción de la línea de ensamble incremento un 23%,
- El rate lean incremento de 31% a 43%,
- Mejora en la calificación de 5's,
- Se redujo el número de estaciones de 16 a 11,
- Incremento la eficiencia de la línea de un 40% a un 73%.

Rajenthirakumar (2011), entrega evidencia genuina en la aplicación de herramientas lean a la planta de fabricación. Una combinación de herramientas lean utilizadas para analizar, evaluar y mejorar la situación actual. La eficacia de las técnicas de M.E., se fundamenta de manera sistemática con la ayuda de diversas medidas. Adicionalmente, los beneficios del Lean son evidentes a partir de la salida de producción mejorada.

Desde 1980, ha existido una creciente conciencia por la implementación y prácticas relacionadas con el Sistema Productivo de Toyota. La investigación de Teeravaraprug (2010), busca desarrollar un modelo que asocie y concentre los beneficios del Justo a tiempo (J.I.T.), Administración Total de la Calidad (T.Q.M.) y Mantenimiento Total de la Calidad (T.P.M.).

Los primeros artículos del J.I.T fueron escritos en 1977, y varios años después gana grandes adeptos con el impacto que tuvo en las prácticas de manufactura. Justo a Tiempo, es un sistema de manufactura que su meta principal, es reducir continuamente y finalmente

eliminar todas las formas de desperdicio (Sugimori, 1977; Ohno, 1988; Brown y Mitchell, 1991, citados por Teeravaraprug, 2010).

El concepto T.Q.M., comenzó a ser introducido en EUA en 1980, este concepto estaba dirigido a la mejora continua y mantener la calidad de los productos y procesos mediante el involucramiento de la administración, trabajadores, proveedores y clientes, para exceder las expectativas del cliente.

El origen del T.P.M., se remonta a Japón en 1971 con Denso, considerado una evolución del mantenimiento preventivo, dirigido a maximizar la eficiencia de los equipos a lo largo de su vida útil a través de la participación y motivación de la fuerza de trabajo, disminuyendo interrupciones o paros de producción.

La investigación encuentra un punto de concurrencia en el sistema productivo de Toyota, donde el J.I.T., establece los factores del sistema de producción administrando el inventario y reduciendo tiempos de entrega, la T.Q.M. educa el proceso y a la gente mediante la reducción de costos y el mejoramiento de la calidad, mientras T.P.M. haga las actividades de mantenimiento de ambas incrementando la eficiencia de las maquinas y estableciendo sistemas de mantenimiento (Teeravaraprug, 2010).

Para la elaboración de un modelo que incluyera estas tres herramientas, se condujo una encuesta con Análisis Jerárquico de Procesos, incluyendo los siguientes criterios:

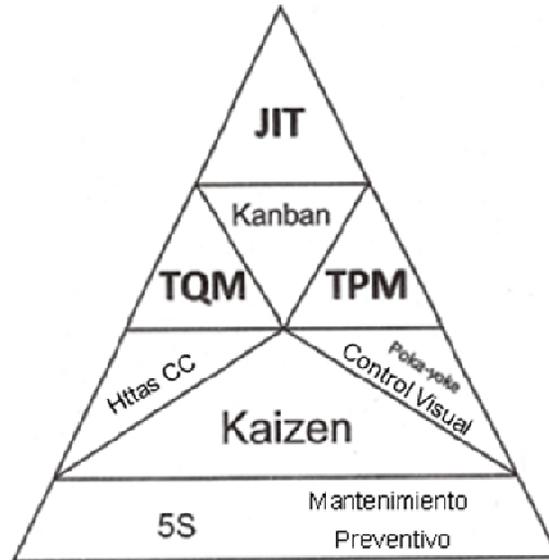
- Tiempo de aplicación de J.I.T, T.Q.M. y T.M.P,
- Eficiencia de desempeño,
- Defectos y calidad de productos,
- Fallos de máquina.

Las alternativas para herramientas de soporte eran 5's, Kaizen, mantenimiento preventivo, Kanban, control visual, poka-yoke y herramientas de control de calidad.

Las encuestas arrojaron los siguientes resultados: Defectos y calidad de productos con 35% fue el criterio más importante, seguido de Fallos de maquina con 27%, Eficiencia de desempeño 24% y tiempo de aplicación con 12%. Dentro de las actividades de soporte, el mantenimiento preventivo obtuvo el primer lugar con un 21.4%, seguido de Kaizen y herramientas de control de calidad con un 16% para ambas. Considerando los defectos y calidad de productos como el criterio más importante, se volvieron a evaluar las actividades de soporte resultando: mantenimiento preventivo y Kaizen se mantuvieron primeros con un 19%, seguido de 5's y control visual con 14% y 13% respectivamente.

En base al modelo obtenido Teeravaraprug, concluye que existen tres etapas en la implementación de J.I.T., T.Q.M. y T.P.M. La primera etapa es la implementación de las 5's y mantenimiento preventivo. La segunda etapa es implementar Kaizen, apoyado por las herramientas de control de calidad, el control visual y los poka yokes dando como resultado la TQM y el TPM. En la tercera fase con la estandarización de lo obtenido y mediante la utilización del Kanban se lograra alcanzar el JIT, representado en la figura 1.5.

**Fig. 2.5 Modelo de relación ajustado.**



***Fuente: Relationship model and supporting activities of JIT, TQM and TPM;  
Teeravarapug 2011.***

Rinehart (1999), destaca que el punto de coincidencia de la producción de masa existente en el continente americano, y la M.E. proveniente del continente asiático fue con el rescate de Chrysler en 1979. Este hecho marco el inicio de una era de ccesionarios y joint ventures (asociación de empresas de riesgo compartido) en la industria. Entre 1982 y 1990, siete joint ventures se concretaron en Estados Unidos, y cuatro en Canadá. Uno de esos joint ventures fue el creado en California con NUMMI entre GM-Toyota.

La investigación de académicos asociados con el Programa Internacional de Vehículos de Motor (I.M.V.P., por sus siglas en ingles), que está fundada por cada armadora en el mundo, se encuentran en una misión: convencer a las armadoras de transformarse de productores en masa a productores esbeltos. En su famosa publicación “La maquina que cambio el mundo” (1991) el trió del I.M.V.P. Womack, Jones y Ross, compararon la

eficiencia operativa de cerca de 90 plantas ensambladoras de autos en 17 países diferentes. Ellos concluyeron que las armadoras en Japón, especialmente Toyota, eran las más esbeltas.

Womack y sus colaboradores promovieron evangélicamente el sistema, no solo como la mejor manera de producir vehículos, haciendo hincapié en la precisión, flexibilidad, inventarios reducidos, cambios rápidos de modelo y menor cantidad de horas requeridas por unidad. La fragilidad de la M.E., es el J.I.T., ya que entrega un sistema productivo donde la calidad recae fuertemente en el empleado, lo cual obliga a la administración a comprometer al operador con la institución y con los objetivos.

De acuerdo al estudio realizado por C.A.W. (Canadian Automotive Workers por sus siglas en inglés) a 2500 empleados de GM, Chrysler, Ford, mostro que cada planta se había vuelto más esbelta en los últimos 5 a 6 años. GM había sido la que había tenido el mayor progreso y el más rápido, seguido por Chrysler y Ford. Justo a tiempo había sido implementado, los buffers se habían reducido, el desempeño del empleado era electrónicamente monitoreado.

Sorpresivamente contrario a todas las bondades expuestas por la M.E., el estudio arrojó que el 70% de los sustentantes comentaron que su carga de trabajo se había incrementado significativamente en los últimos dos años, que desempeñaban trabajos más pesados y repetitivos, reportando altos riesgos de lesiones físicas.

Simultáneamente se realizó un estudio a 1,600 empleados de armadoras independientes, los sustentantes comentaron que no era fácil cambiar las cosas que no le gustaban de su trabajo, cada vez se tenía menos tiempo libre, reportaron que no se veían por mucho tiempo realizando la misma actividad.

Donde quiera que opere la M.E., se esfuerza en operar con la mínima fuerza laboral. Este sistema aspira a eliminar todos los buffers menos uno: la fuerza laboral que se espera que soporte los problemas técnicos, paros de línea, producción no balanceada, cubra faltas, incapacidades a través de un intensificado esfuerzo y tiempo extra. La M.E. ha fallado miserablemente en su promesa de tener respeto por la gente y humanizar el área de trabajo, contraponiéndose completamente a lo expuesto por Toyota en sus principios.

McCollough (2011), presenta en su reporte el estudio que el grupo Alix Partners L.L.P. (con base en Nueva York) realizó a más de 100 ejecutivos de armadoras, que habían comenzado iniciativas de M.E. en los últimos dos años. Los resultados fueron decepcionantes, por decir lo menos. Casi el 70% dijo que había fallado para reducir los costos en un 5%, punto de referencia mínimo como métrica de la industria para considerar que el aumento de la productividad sea exitoso. Además, la mayoría de los encuestados admitió que los ahorros eran temporales. Sólo el 13% logró sostener las tres cuartas partes o más de los ahorros del año anterior.

Ese no fue el único indicio de una falta de conexión entre la percepción y la realidad. El Premio Shingo a la Excelencia Operacional, se entrega anualmente a las empresas que implementan con éxito supuestamente calidad universal, productividad y otros estándares de administración. AlixPartners determinó que, tres años después de recibir el premio, los destinatarios registraron un crecimiento de ingresos y beneficios brutos a la par o más débil que sus competidores. La mayoría de las iniciativas de mejora continua se centran demasiado en la implementación de una particular lista de verificación (checklist) de las herramientas del programa y los procesos, en lugar de una ejecución básica.

Hay una creciente reacción contra la creencia de que un sistema operativo aplique para todos los sistemas de gestión, siendo identificadas por los críticos como las dietas de moda del mundo empresarial. Ni la administración ni el consultor permanecen lo suficiente para validar el resultado.

Las críticas han sido especialmente feroz contra la fragilidad de los sistemas esbeltos, considerándolos estresantes, deshumanizantes y vulnerables a las fallas catastróficas. Comentaristas como Mateo DeBord culpan a la M.E., de los abismos generados en la cadena de suministro de la industria automotriz a raíz del terremoto de Japón y el tsunami en marzo de 2011. La encuesta Alix Partners acaba de añadir credibilidad estadística a estas quejas, poniendo al sistema Lean de cabeza.

Contrario al resto de los autores, Katz (2010), destaca brechas existentes en este tan afamado método de producción, y en su artículo, detalla los diversos modelos de Toyota que tuvieron que ser llamados a revisión por un problema en el pedal del acelerador. El ser Lean, no necesariamente significa ser más vulnerable al riesgo, de cualquier manera y como en cualquier actividad productiva o de la vida cotidiana, cuando algo se hace superficial o incompleto, los procesos Lean pueden involucrar grandes complicaciones. En algunos casos, la M.E. puede generar serios problemas al buscar eliminar desperdicio, reduciendo los inventarios de seguridad. Si esta medida, no es soportada por un proceso de ensamble robusto y confiable, pudiera tener implicaciones de desabasto e impactos productivos con el cliente.

En un artículo publicado el 13 de Febrero de 2010 en el Wall Street Journal denominado “Como podrá el Lean Manufacturing contra atacar”, donde se sugería que Toyota en su afán de volverse muy esbelto, había estandarizado partes entre diferentes modelos,

generando defectos repetidos en diferentes líneas de productos. Una campaña o contención, es la antítesis de la M.E., ya que el control de calidad, es típicamente relegado a terceros para asegurar que las especificaciones de los diseños sean cumplidos antes y durante el proceso, ¿Pero que sucede si el diseño del proceso es defectuoso?

¿Qué sucede en el escenario donde la calidad, no está haciendo nada más que asegurarle al cliente que el producto está fabricado contra la especificación?, consecuentemente la especificación termina siendo defectuosa. Se han argumentado, innumerables beneficios acerca de la implementación del Sistema Productivo de Toyota, sus principios y filosofías, pero ¿Cómo determinan las plantas de Toyota, cual es el camino a seguir, hacia donde enfocar sus esfuerzos y recursos?

Muchos autores consideran que las expresiones M.E., flexible, ágil o “personalización” en masa, representan enfoques similares del sistema productivo (Krishna-Murthy 2007, citado por Marin-García, 2009). Algunas opiniones parten del hecho de que las compañías que están implementando M.E., pueden ser consideradas como una compañía con producción en masa que ha eliminado desperdicios, mientras que una empresa flexible es diferente, ya que cuenta con la capacidad de adaptarse de mejor manera a un entorno cambiante, pero no tanto como una empresa ágil (Duguay, 1997 citado por Marin-García, 2009).

Por otro lado, el concepto de manufactura ágil, se considera que cuenta con la base de la manufactura flexible y M.E. Esta disciplina, combina la eficiencia de la M.E. con la flexibilidad operativa de la manufactura flexible, ofreciendo soluciones personalizadas con costos similares a la producción en masa, adaptándose a las fluctuaciones de la

demanda, permitiéndole la capacidad de producir productos diversos bajo la misma línea de producción que admite modificaciones en los volúmenes y procesos múltiples.

En la literatura, la M.E. es tratada como un set de herramientas con la finalidad principal de eliminar desperdicios (tiempo, espacio, personal, material, retrabajos, inventarios). La lista de herramienta de la M.E. es larga y normalmente no es homogénea, aunque puede ser clasificada en 5 categorías:

- Administración Total de la Calidad (T.Q.M. por sus siglas en ingles),
- Justo a tiempo (J.I.T. por sus siglas en ingles),
- Mantenimiento Total Preventivo (T.P.M. por sus siglas en ingles),
- Relaciones con los proveedores,
- Desarrollo del proceso y el producto.

Algunos autores incluyen un sexto elemento, considerado como una cultura de mejora continua e involucramiento de los trabajadores, otros autores consideran que este elemento es necesario pero independiente de las practicas específicas de la M.E. (Ahmad, 2003 citado por Marin-García, 2009)

Shah and Ward identifican ventidos prácticas de M.E. que son normalmente mencionadas en las literaturas y categorizadas en cuatro principales rubros asociados con el Justo a Tiempo (J.I.T.), Administración Total de la Calidad (T.Q.M.), Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.) y Recursos Humanos.

Algunos otros investigadores clasificaron las herramientas y técnicas Lean de acuerdo al área de implementación pudiendo dividirse en internas y externas. Por ejemplo Panizzolo, (1998 citado por Nordin 2010) divide las prácticas de M.E. en seis áreas:

- Proceso y equipo,
- Planeación y control,
- Recursos humanos,
- Diseño de producto,
- Relaciones con proveedores,
- Relaciones con clientes.

Las cuatro primeras áreas están orientadas como practicas lean internas, mientras que las relaciones con clientes y proveedores tenían una naturaleza externa.

Existen numerosos problemas e incidentes relacionados con el fracaso en la implementación de la M.E. Muchos investigadores tienen la creencia, que el problema fundamental, reside en malinterpretar el concepto real y propósito de la M.E. Algunos investigadores, han identificado que la razón de malinterpretar, se debe a diferencias culturales que ocurren dentro de la transición o traslación hacia la M.E. Estudios realizados por Puvanasvaran (2009), mostraron que la compañía que se encuentra en fases iniciales para convertirse a la M.E., debe mantener sus esfuerzos en contar con un proceso efectivo de comunicación a todos los niveles con la finalidad de tener una implementación exitosa. Una buena comunicación en el proceso soportara las prácticas de M.E.

Freeman y Perez (1988), sugieren que el éxito en la implementación de M.E. involucra, estar abierto a cambios tecnológicos y aprender de otras organizaciones que han alcanzado las mejores prácticas en la industria continuamente. En organizaciones innovadoras, los empleados deben ser entrenados en habilidades múltiples y poseer capacidades redundantes. Los contenidos de las tareas individuales deben ser enriquecidas y agrandadas, y la mejora continua de las tareas deberá ser un aspecto importante de su trabajo, estos principios incrementan la creatividad (Van de Ven 1986 citado por Ochieng, 2013).

McCullough (2011), concluye que para ser exitosos en la puesta en marcha de la manufactura esbelta, es crucial que las empresas determinen de antemano lo que quieren obtener de esta metodología, enfocándose en cuatro indicadores de desempeño: tiempo de espera (desde el pedido hasta la entrega), productividad (horas-hombre por cada producto o servicio prestado), la calidad (incidencia de defectos o variaciones) y el desarrollo humano (como los empleados están comprometidos a mejorar la proceso). Si la premisa de la implementación es todo acerca de la reducción de costos, es casi siempre donde los programas Lean se desploman.

### **2.3 PROCEDIMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN LEAN**

La Metodología que se planteara a continuación, se desprende de un diseño sistémico planteado por la gente de Toyota, para eliminar desperdicios de sus líneas productivas, eficientizando los recursos e incrementando la flexibilidad de sus procesos, desde sus distribuidores hasta sus proveedores de materias primas, con la finalidad de darle estabilidad a toda su cadena de suministros.

Cabe mencionar que Toyota, ofrece estos talleres a los miembros de una asociación de proveedores de Toyota, agrupadas por regiones denominadas Clúster. B.A.M.A. (Bluegrass Automotive Manufacturers Association por sus siglas en inglés), es el clúster automotriz localizado en Kentucky, encargado de organizar y dirigir estas convenciones. Fundado en 1989 como una corporación independiente, con el propósito fundamental de proveer a la planta de Toyota de Estados Unidos, un foro para dar a conocer a sus nuevos proveedores, los principios básicos de la filosofía de Toyota con un énfasis especial en el T.P.S.

Los clústeres, son asociaciones de varias empresas privadas, instituciones de gobierno y academia que tienen como objetivo impulsar el desarrollo de cierta industria al llegar a acuerdos, en este caso, buscan compartir mejores prácticas entre sus integrantes. A lo largo de este apartado se irán describiendo las etapas que conforman los talleres, para la implementación de la manufactura esbelta y el sistema de producción jalar.

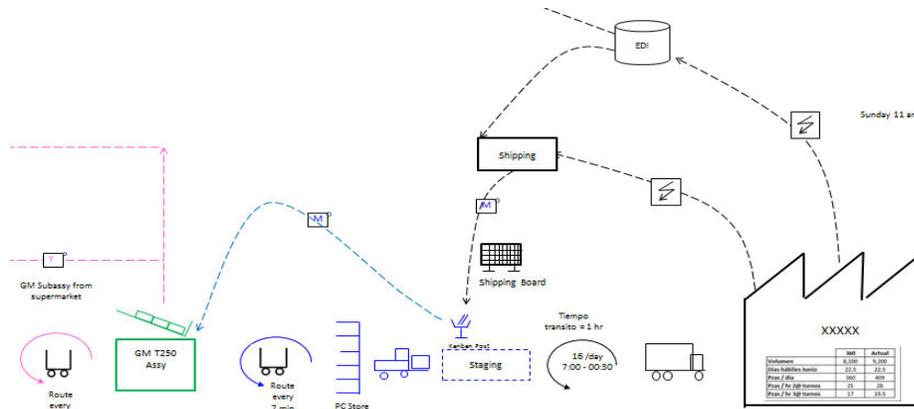
### **Etapas 1: Diagnóstico y selección de la línea modelo**

En esta etapa los coordinadores de producción, ingenieros de mejora continua, black belts o responsables de actividades de mejora continua, serán los encargados de seleccionar una línea, que a su criterio requiera de mejoras sustanciales para mejorar su desempeño en indicadores claves del proceso, los cuales definimos en el capítulo 1. Más adelante, en la selección de la población o muestra se describirá a detalle las características o elementos con los que debe contar esta línea modelo o piloto.

La parte más importante por parte de la administración, una vez seleccionada la línea modelo, será como diagnosticar el estado actual en el que se encuentre, y contar con la madurez suficiente, para hacer evidente las condiciones en las que se encuentre. En esta etapa, es fundamental utilizar una herramienta que imparte y difunde Toyota, denominada

“M.I.F.C” (Material Information Flow Chart por sus siglas en inglés) muy similar al Value Stream Mapping (Mapeo de la cadena valor), que nos permite detectar los estancamientos de material o información a lo largo de la cadena productiva.

**Fig. 2.6 Representación gráfica de un Flujo de materiales e información**

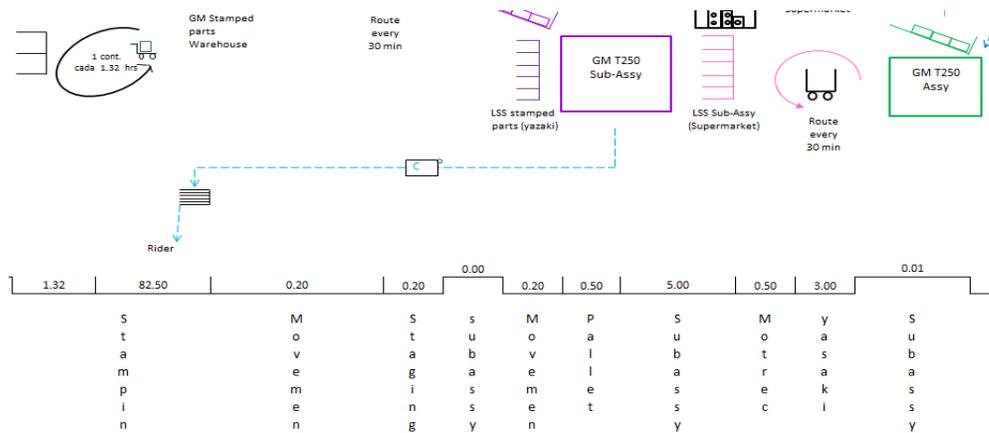


**Fuente: Autoría Propia (2015).**

Esta herramienta, tiene la capacidad de evidenciar muchas irregularidades en el sistema, ya sean ordenes pendientes de procesar, sobreproducción, estancamientos de materias primas, etc...pero de igual manera, ayuda a identificar las actividades que agregan valor, de las que no, en otras palabras valora todas aquellas actividades que el cliente estaría dispuesto a pagar por ellas. El resultado de plasmar estas actividades en papel, es un foto general del proceso que se desea analizar, pero visto desde una perspectiva de negocio.

Una vez que se hayan clasificado estas actividades, se cuantifican en horas, y se grafican en forma de escalones, colocando en la parte superior de esta gráfica, las actividades que agregan valor y en la parte inferior las que no lo hacen.

**Fig. 2.7 Clasificación de actividades en productivas y no productivas.**



**Fuente: Autoría Propia (2015).**

De esta manera, podemos visualizar de manera clara, el tiempo que requiere la planta o la línea para procesar una orden del cliente. Desde el sentido estricto del negocio, mientras más pequeños sean, mayores serán las posibilidades de incrementar las ventas y estar disponibles para procesar más órdenes provenientes del mercado.

### **Etapas 2: Determinar estado actual, estandarizar el trabajo y subir el estándar**

Evidenciados los problemas y estancamientos en el proceso productivo con el diagrama de flujo de información y materiales previamente revisados, la administración habrá de priorizar y centralizar sus recursos, a intentar resolver las áreas de mayor impacto para el proceso.

Establecidas las prioridades, se conformara un equipo multidisciplinario y se les comunicara cuáles serán los entregables para esta etapa de la metodología. Un equipo multidisciplinario se define: “Como un conjunto de personas, con diferentes formaciones académicas y experiencias profesionales, que operan en conjunto, durante un tiempo

determinado, abocados a resolver un problema complejo, es decir tienen un objetivo común. Cada individuo es consciente de su tramo de control en el proceso y de la contribución de los demás, trabajan en conjunto bajo la dirección de un coordinador”.

La primera actividad del equipo multidisciplinario, será la de acudir a piso y captar el estado actual de la línea. Entenderemos por estado actual de la línea, a las condiciones actuales en las que se desarrolla el proceso, como por ejemplo: turnos laborados, gentes totales involucradas, tiempos de ciclo, demanda semanal o diaria, documentar la forma en que el operador realiza su trabajo, etc...

Previamente en el marco teórico, definimos el trabajo estandarizado, como una herramienta que permite documentar funciones de trabajo efectuadas en secuencia repetida, desarrolladas y mantenidas por cada miembro del equipo. Su propósito fundamental, es establecer una base repetitiva, documentada y auditable, que requiera el número mínimo de trabajadores, no implicando que el operador desarrolle más labores, sino que alcance una alta productividad a través del trabajo eficiente eliminando los desperdicios incluidos en sus actividades.

Toda esta información, es registrada en los 4 formatos del trabajo estandarizado. La información mínima con la que debe contar estos documentos debe ser: Numero de operación, tiempo de ciclo, secuencia detallada de actividades, un layout o diagrama de la celda, ayudas visuales de las piezas, y atributos o variables a evaluar o cuidar.

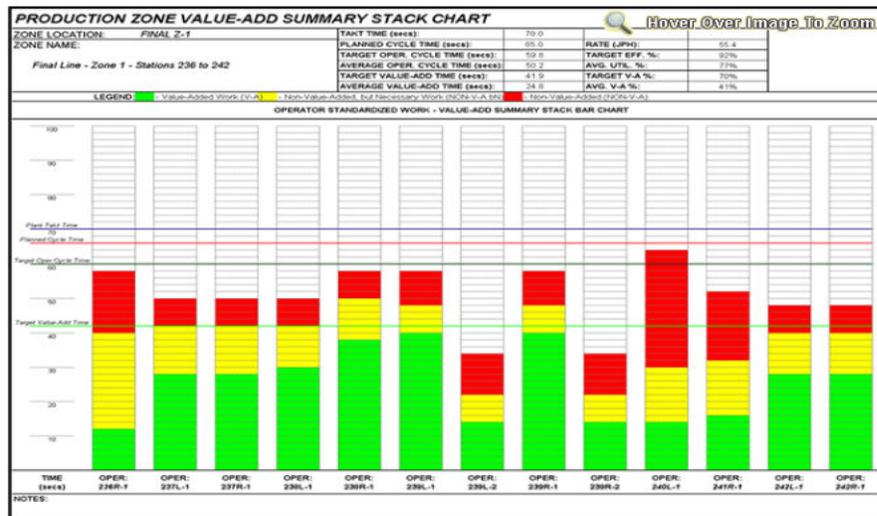
Como parte de la cátedra de esta etapa, se instruirá al equipo multidisciplinario en el llenado de los cuatro formatos del trabajo estandarizado. Esto cumple tres funciones primordiales: capacitar al personal en esta herramienta, registrar y auditar la condición actual del proceso y escribir el nuevo trabajo estandarizado del proceso.



ciclo, puede graficarse una sola celda de trabajo o una línea de ensamble completa. La información graficada proviene de la toma de tiempo de elementos. Permite aislar dentro de las actividades del ciclo, demoras o actividades que no agregan valor, así como balancear el trabajo entre operadores con el fin de cumplir con la operación dentro del tiempo ciclo. Esta herramienta, permite re-balancear las operaciones y si la configuración de la celda, la carga de trabajo y el tiempo ciclo lo permite, combinar las actividades de uno o más operadores que mediante mejoras sustanciales o kaizenes (palabra japonesa que significa mejora) puedan absorber actividades adicionales y optimizar gente.

Se utiliza una codificación de colores, verde (actividades que agregan valor), amarillo (que no agregan valor pero necesarias) y rojo (no necesarias) para su interpretación.

**Fig. 2.9 Yamazumi de una línea de ensamble de 13 operadores**



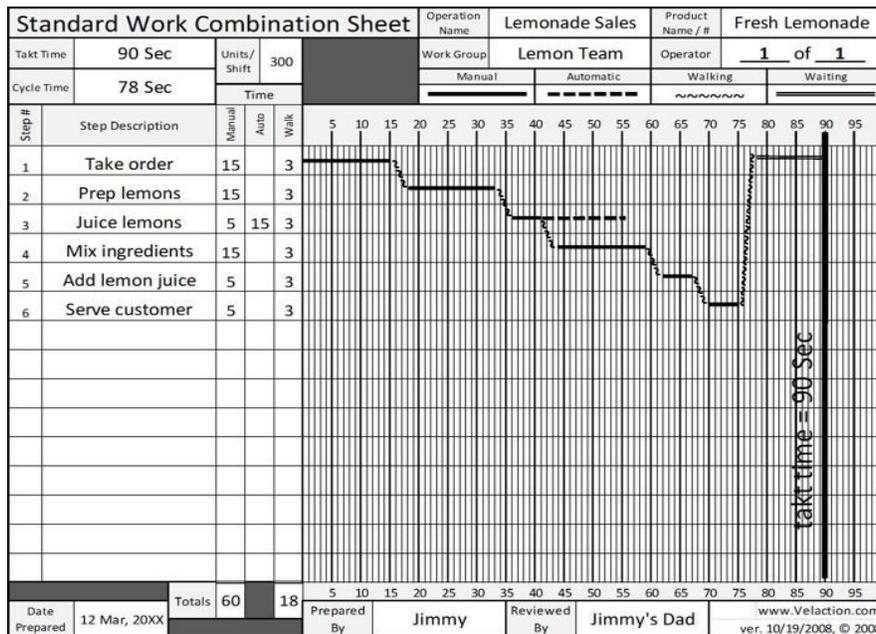
**Fuente: Women Health Official Site (2014)**

**3) Tabla de trabajo combinado:** esta herramienta permite diferenciar dentro de un ciclo, el flujo y el tiempo requerido para las actividades del trabajo manual (humano) y el trabajo realizado por la maquina o robot (automatizado), y nos permite apreciar si durante el ciclo el operador realiza caminatas para desplazarse a lo largo del área de trabajo.

Se coloca la descripción y el tiempo requerido para realizar la primera actividad del ciclo, y se grafica en una escala horizontal, la segunda actividad iniciara donde termino la primera. Los tiempos requeridos por las maquinas, se graficaran con líneas punteadas, y las caminatas con una línea ondulada. El tiempo ciclo y el tiempo tacto, serán incluidos como límites.

En de gran utilidad poder identificar las cargas de trabajo de ambos tanto operador como máquina, para determinar si pueden absorber actividades o se encuentran sobre cargados.

**Fig. 2.10 Tabla de trabajo combinado**

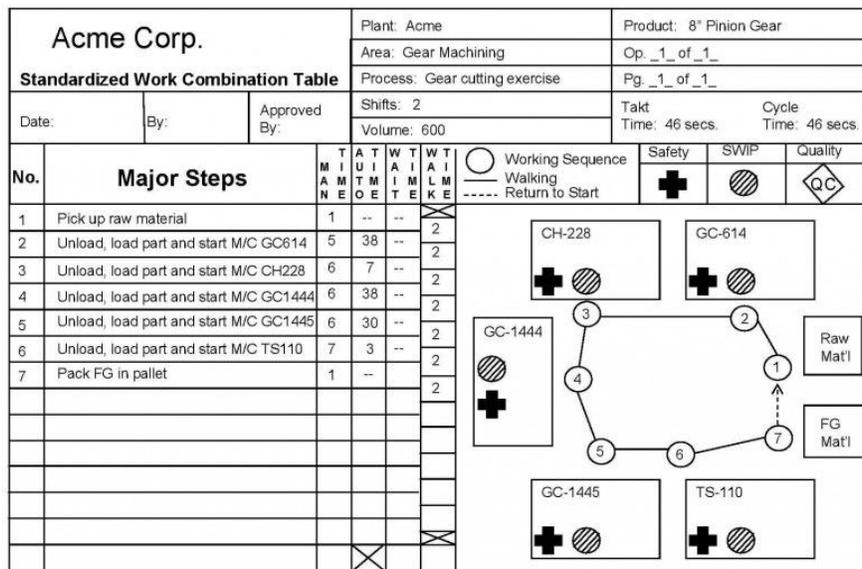


**Fuente: Toyota Production System Official Site (2011)**

4) **Grafica de trabajo estandarizado:** En este formato, realizaremos una representación gráfica donde se plasmaran todos los elementos de la celda. Se colocan las secuencias de actividades requeridas para completar el ciclo, y el tiempo requerido en cada una, y se muestra como el operador se desplazara a lo largo de la celda durante el tiempo ciclo. Esto nos permitirá poder auditar las actividades y la secuencia que esté realizando el operador, pudiendo determinar si es respetando su trabajo estandarizado.

**Fig. 2.11 Gráfica de trabajo estandarizado**

## Standardized Work Chart



**Fuente: Art of Lean Official Site (2011)**

Una vez revisado el trabajo estandarizado en las aulas, el equipo multidisciplinario auditará el trabajo estandarizado de las celdas involucradas, para determinar si las actividades documentadas en las hojas de proceso, son congruentes con las actividades que realiza en las celdas.

Si el trabajo estandarizado se sigue, se buscaran mejoras que puedan realizarse al proceso buscando la mejora continua. Si el proceso es auditado, y no se sigue, se cuestiona al operador por qué no se sigue, y en caso de que el operador haya encontrado una manera más eficiente de realizar la operación, se re-escribe el trabajo estandarizado. Si al auditar la celda no se encuentra trabajo estandarizado, se procede a escribirlo.

### **Etapa 3: Mapeo de la cadena de valor o M.I.F.C. (Material Information Flow Chart)**

En esta etapa procederemos a evaluar y analizar la cadena de valor del proceso, desde que el cliente coloca en el “release” o pedimento su demanda, hasta que el proveedor surte la materia prima. Esta etapa, será medular en el entendimiento de la manufactura esbelta y el sistema de producción pull (jalar), ya que se detectarán estancamientos de material y de información en procesos, que el cliente no está dispuesto a pagar.

El mapeo de la cadena de valor es una herramienta visual de M.E., que permite identificar todas las actividades que precisan el desarrollo de un producto o servicio, desde que entra la materia prima (en nuestro caso la entrada del vehículo a reparar), hasta que llega al cliente, con el fin de encontrar oportunidades de mejoramiento que tengan un impacto sobre toda la cadena y no en procesos aislados (Nebot, 2012).

Esta herramienta se fundamenta en la diagramación de dos mapas de la cadena de valor, uno presente y uno futuro, que harán posible documentar y visualizar el estado actual y real del proceso que será sometido a las herramientas de M.E. y el estado posterior ideal que se quiere alcanzar, una vez se haya implementado la metodología propuesta, este será establecido por la administración.

En las aulas se impartirá el material que se considere importante acerca de la evaluación de la cadena de valor. De acuerdo a lo revisado en la literatura internacional, la simbología es muy variada y extensa, por lo cual se recomienda utilizar, la que se crea lo suficientemente clara de acuerdo al foro, siempre y cuando esta pueda representar flujos de material e información (flechas), manejo de materiales (motrec, montacargas, conveyors, patín de carga, etc...), rutas de recolección y surtimiento de materiales, almacenes de materias y en proceso, líneas de producción, etc...

**Fig. 2.12 Simbología empleada en el mapeo de la cadena de valor**

			
Flujo de Material (Pull)	Tablero Kanban	Cliente o Proveedor	Tablero Heijunka
			
Flujo de Información	Almacén de Material	Base de datos	Información Electrónica
			
Flujo de Material (Push)	Cola de Material	Recuadro de Proceso	Información
			
Orden de Producción Secuencial	Estancamiento de Material	Tablero de Producción de Lotes	Punto de Staging en Embarques
		X - Y - Z	
Kanban de Instrucción de Producción	Kanban de Retiro de Partes	Ciclo de Kanban	Información Visual
			
Kanban de Señal	Tableta	Tablero de Embarques	Rampa de Kanban
			
Montacargas	Características resultado (Después de Kaizen)	Nube enojada (Oportunidad de Kaizen)	Cart/dolly/trolley
			
SIMBOLOS DE RUTA			

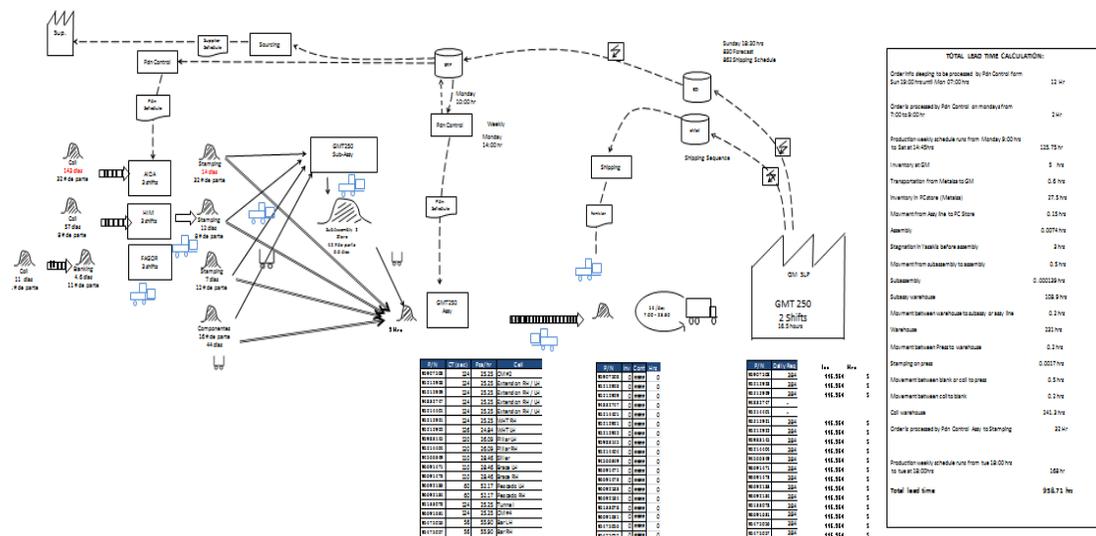
**Fuente: Mittal Consultants and Enterprises Official Site (2015)**

El equipo multidisciplinario, deberá ser capaz de poder plasmar el flujo de información y materiales del proceso. Se deberá revisar físicamente existencias de materiales en la línea y en los almacenes (en caso de existir materiales con terceras partes deberán estar reflejados en el mapeo), se revisarán “forecast” (pronóstico de producción o consumo) del cliente o

los clientes, % de cumplimiento de las recolecciones con respecto a cantidad y mezcla, rutas de recolección y surtimiento de materiales. La finalidad de esta actividad, es que tanto el equipo multidisciplinario como la administración, detecten anomalías en el proceso, es decir cuestionen el cálculo de inventarios de seguridad, frecuencia y duración de los tiempos de recolección, tiempos de ciclo de los operadores, rotación de materiales, múltiples ubicaciones de materiales, etc... buscamos alcanzar un alto grado de conciencia, sentido de pertenencia del proceso y sentido estrictamente de negocio.

Previamente se había revisado como graficar e interpretar las actividades que agregan valor de las que no. En este apartado deberemos sumar los traslados y estancamientos de información, obteniendo así el tiempo total que es requerido para procesar una solicitud del cliente, este dato será expresado en horas, por lo general son valores de más de tres cifras. En resumen todo lo que no sea medido, no será controlado y todo lo que no sea controlado no será mejorado.

**Fig. 2.13 Simbología puesta en práctica en un mapeo**



Fuente: Autoría Propia (2015)

#### **Etapa 4: Kaizen y mantenimiento de trabajo estandarizado**

Kaizen, en el uso común de su traducción al castellano, significa “mejora continua” o “mejoramiento continuo”. Es una estrategia o metodología de calidad en la empresa y en el trabajo, tanto individual como colectivo. En la actualidad es muy relevante, ya que se encuentra asociada a casi todos los sistemas de producción industrial en el mundo con talleres u olas de actividades que generan un beneficio ya sea económico, ergonómico, productivo, de calidad, etc...

Esta etapa será completamente didáctica, ya que el equipo se concentrara en detectar, planear y ejecutar kaizenes, en los elementos con la mayor cantidad de actividades que no agregan valor y no están pagando por ellas, o las de mayor cantidad de horas requeridas a lo largo de la cadena productiva.

Los formatos donde se registran los kaizenes, son sencillos y su finalidad es simplemente dejar evidencia del trabajo que se realizó. Muestran la condición actual ya sea descrita o ejemplificada con una ayuda visual, donde se detectó alguna mejora de cualquier índole, y la condición futura, ya con la mejora implementada. Se buscara priorizar la ejecución de los que tengan gran impacto, ya sea en producción o reducción de horas de estancamiento, y requieran poco presupuesto. Se creara un plan de implementación que deberá ser monitoreado semanalmente, para validar el grado de implementación en el que se encuentren.

**Fig. 2.14 Formato de kaizen para evitar desplazamientos**

KAIZEN FORMAT	
AREA: <u>Ensamble</u>	PROCE: <u>Punteadoras</u> DATE: <u>#####</u> REV. # <u></u>
ENN/ZONE: <u></u>	OPERATION # <u></u> SIGNATURE: <u></u>
RESPONSIBLE: <u>Logistica</u>	KAIZEN NAME: <u>Kanban shute/punteadoras linea 5</u>
SCOPE AND OBJECTIVES	
Depositar las tarjetas en un kanban shute especial para el requerimiento de tuercas y tornillo	
BEFORE KAIZEN	AFTER KAIZEN
	
<b>KAIZEN PLAN</b>	<b>EVALUATE RESULTS</b>
En la línea de punteadoras con rack especial no se cuenta con un kanban shute para poder enviar la orden a logística.	Se colocara una kanban shute sostenido sobre la malla donde se puedan depositar las tarjetas del yasaki de tuercas y tornillos.

*Fuente: Autoría Propia (2015)*

Esta actividad estará acompañada de auditorías a todo el trabajo estandarizado realizado en la etapa 2. En caso de existir mejoras sustanciales mediante la implementación de algún kaizen, ya sea al proceso o a la distribución de los elementos del layout, las caminatas o la secuencia del mismo, se deberá de re-escribir el trabajo estandarizado.

### **Etapa 5: Cambios de modelo**

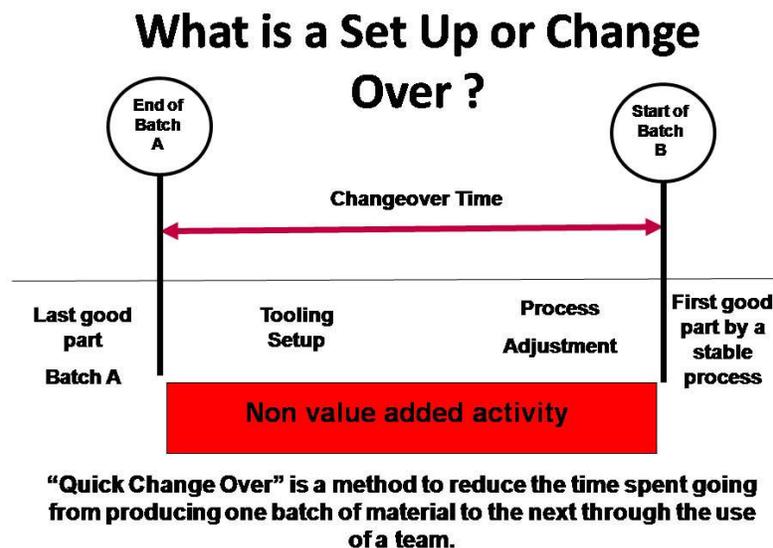
¿Porque se debe reducir el tiempo de cambio de modelo? Muchos autores concuerdan en que el reducir el tiempo requerido para realizar los cambios de modelo ofrecen múltiples beneficios tales como:

- Reducir el tiempo de respuesta para tramitar un orden del cliente
- Ganar flexibilidad para responder a las cambiantes demandas del cliente
- Satisfacción del cliente

- Alcanzar pequeños lotes de producción
- Mantener menor cantidad de inventario que a su vez representa menores costos de manutención
- Permite incrementar la disponibilidad operativa
- Producir la demanda del cliente con una menor cantidad de recursos
- Asegurar un condición de 5's en las líneas de producción

Por definición el tiempo de cambio de modelo, es medido desde la última pieza productiva de la producción actual hasta la primera pieza productiva de la siguiente producción (no se consideraran las pieza ensambladas para liberación de parámetros y pruebas destructivas).

Fig. 2.15 Consideración para cambios de modelo



*Fuente: Set Up Production on Line Official Site (2015)*

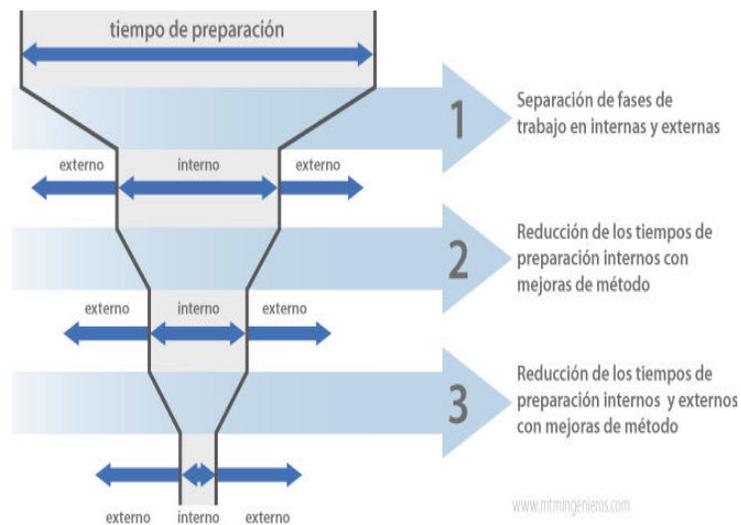
T.S.S.C. (Toyota Production System Support Center) establece 6 pasos requeridos para implementar un cambio de modelo rápido:

- Observar y entender la condición actual, documentar este estado en video.
- Identificar actividades internas, externas y elementos de ajuste.
- Convertir las actividades internas en externas en la medida de lo posible (posibles restricciones: tiempo, carga de trabajo, distancias, etc...)
- Implementar actividades de kaizen en los elementos internos
- Implementar actividades de kaizen en los elementos de ajustes
- Implementar actividades de kaizen en los elementos externos

Dentro de este periodo, las operaciones que se realizan con la máquina parada, se denominan internas y aquellas que se realizan mientras la máquina produce piezas buenas se denominan externas. Será más fácil recordarlo en términos de la siguiente ecuación:

**Tiempo de preparación = tiempo de preparación interna + tiempo de preparación externa**

**Fig. 2.16 Representación optimizada de cambios de modelo**

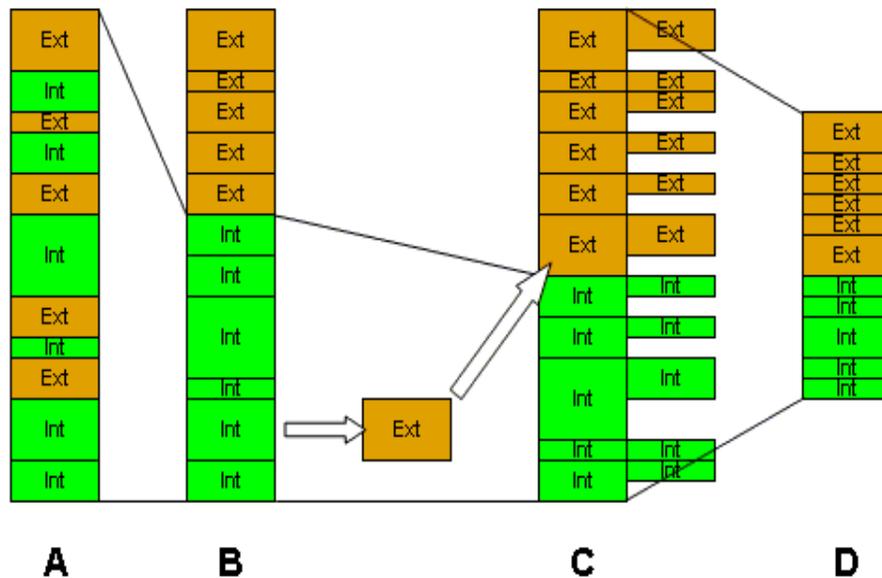


**Fuente: MTM Ingenieros Sitio Oficial (2015)**

En esta etapa el participante, no encuentra la relación entre los cambios de modelo y la metodología que estamos implementando, ya que esta etapa rompe la inercia que se adquiere en los módulos anteriores de trabajo estandarizado, mapeo de la información y materiales y kaizenes, sin embargo será fundamental para el resultado final cuando se implemente el sistema de producción pull.

La práctica más conveniente recomendada para apreciar los cambios de modelo existentes en la línea modelo, es programar un turno de producción exclusivamente dedicado para dicha actividad. Se utilizara la misma herramienta de la gráfica de yamazumi (apilar en japonés) revisada con anterioridad, pero clasificando las actividades en dos vertientes, actividades internas y actividades externas por operador.

**Fig. 2.17 Yamazumi cambio de modelo**



**Fuente: Wikipedia Official Site (2015)**

Una vez optimizado el cambio de modelo, la mezcla en la demanda nos dictara cuantos cambio de modelo serán requeridos para cumplir la producción diaria, forzando a los

cambios de modelo a ajustarse a este requerimiento de la producción. La razón principal de utilizar el yamazumi, será el balancear la carga de trabajo entre operadores y poder convertir la mayor cantidad de actividades internas a externas, la premisa será obtener el menor tiempo repetible requerido para realizar un cambio de modelo. Debemos recordar que el cambio de modelo se cuantifica desde: “que se produjo la última pieza de un modelo y termina cuando se obtiene la primera pieza del siguiente modelo”.

Toda esta actividad, podrá implicar preparaciones de máquina, liberaciones de calidad (pruebas destructivas), cambios de componentes de ensamble, modificación de layout, re-distribución de operadores dentro de la celda, etc... Incrementar los cambios de modelo ofrece una capacidad de producción flexible, capaz de ajustarse a las demandas del cliente.

El mayor impacto en reducción de tiempo requerido para el cambio de modelo en esta etapa, se verá reflejado en kaizenes, por ejemplo fabricación de dispositivos de ensambles comunes para todos los modelos, comunicación de componentes, re-distribuciones de layout, etc... De las actividades internas que normalmente convertimos en externas, serán las liberaciones de calidad, cambios de componentes de ensamble, habilitación de mesas o conveyors diferentes, etc...

#### **Etapa 6: Sistema de producción jalar (pull system) e integración**

Los sistemas de producción denominados "jalar" (pull system), son una parte integral de la manufactura esbelta, y sin embargo son mal interpretados y considerados difíciles de aplicar con frecuencia. Hay dos tipos básicos de sistema pull o jalar:

**1.- Reposición (Supermercado):** El tipo más básico y mayormente difundido, también conocido como un sistema de reposición. En los sistemas de surtimiento de un

supermercado cada proceso tiene un pequeño almacén que contiene una cantidad mínima necesaria de cada producto que produce. Cada proceso produce simplemente para reponer lo que se retira de su supermercado. La desventaja de un sistema de supermercados, es que cada proceso debe contar un inventario de todos los números de parte que produce, lo que puede no ser factible si el número de números de pieza es elevado.

**2.- Secuencial:** Un sistema secuencial, puede utilizarse cuando hay demasiados números de parte para mantener inventario de cada uno en un supermercado. Los productos esencialmente son "construidos por pedido", mientras que el inventario general del sistema se minimiza. En un sistema secuencial, el departamento de programación debe ajustar de manera correcta la mezcla y la cantidad de productos para ser producidos. Esto se puede hacer, mediante la colocación de tarjetas kanban de producción en un buzón heijunka, a menudo al comienzo de cada turno. Un sistema secuencial, requiere una gestión fuerte para mantener y darle mantenimiento.

En los dos casos los elementos técnicos importantes para que los sistemas tengan éxito son:

- El producto fluye en pequeños lotes de producción (se acerca el flujo de piezas cuando sea posible)
- Se ajusta el tiempo de ciclo al tiempo tacto (consumo simulado del cliente) para evitar la sobreproducción.
- Señalizar la reposición de producto a través de una señal kanban.
- Nivelación de la mezcla de productos y cantidades a través del tiempo.

Kanban, palabra japonesa para “señal visual” o “tarjeta”, es la herramienta original que utilizó Toyota para señalar los pasos en sus procesos de manufactura. Este enfoque, permite comunicar con una gran facilidad, que trabajo necesita ser realizado y cuando,

controlando el trabajo en proceso y midiendo la producción de manera precisa, constante y confiable.

Existen cuatro principios fundamentales para la correcta implementación del kanban:

**1) Visualizar el trabajo:** Mediante la creación de un modelo visual del trabajo y el flujo del mismo, se puede observar el flujo de trabajo en movimiento a través de todo el sistema. Hacer visible el trabajo, permite detectar problemas o descarriladores del sistema, lo cual al instante conducirá a una mayor comunicación y colaboración para eliminarlos.

**2) Limitar o determinar el trabajo en proceso:** Al limitar la cantidad de trabajo sin terminar que se encuentra en proceso, se puede reducir el tiempo que toma un elemento para viajar a través del sistema Kanban (también conocido comúnmente como llenado de la línea) elevando el riesgo.

**3) Centrarse en el flujo:** Utilizando límites en el trabajo en proceso y desarrollando contramedidas, se podrá optimizar el suave flujo de trabajo, obtener métricas para analizar el flujo (inventarios de tarjetas), obtener indicadores que permitan solucionar futuros problemas en el flujo de las tarjetas dentro del sistema.

**4) Mejora continua:** Una vez que el sistema kanban se encuentre establecido, se convertirá en la piedra angular de la cultura de la mejora continua. Los equipos medirán su efectividad rastreando el flujo, calidad, inventarios, tiempos de entrega, etc... El análisis y la correcta implementación de contramedidas por parte de los equipos, permitirán crear una herramienta que se adapta a la medida y necesidades reales de la empresa dándole al equipo un sentido de pertenencia por la misma (<http://leankit.com/kanban/what-is-kanban> 2015).

En este punto de la investigación, es donde convergerán todas las etapas revisadas con anterioridad en este capítulo, para integrar los conceptos de trabajo estandarizado, flujo de información y materiales, kaizenes, cambio de modelos, para crear un sistema integral de manufactura esbelta, con una operación fundamentada solamente en la reposición del producto que nuestro cliente ha consumido, eliminando sobre producción, estancamientos de material, incrementando los cambios de modelos para contar con una producción e inventarios nivelados de la mezcla de productos, dar un ritmo simulado de trabajo a la línea, brindándole estabilidad, incrementando así su eficiencia operativa.

## **2.4 OBJETO DE ESTUDIO**

Los criterios de selección para el caso de estudio donde se aplicara la metodología de la M.E, de acuerdo a los preceptos de Toyota, requieren de características específicas para poder cumplir sus fines pedagógicos y didácticos, a continuación citamos 4 fundamentales:

- A. **Contar con más de un producto por línea de ensamble y cambios de modelo múltiples.** Esto nos permitirá documentar e implementar, herramientas de M.E., para nivelar y optimizar la programación y el control de inventarios, con la finalidad de contar con inventarios nivelados de todos los productos tanto en productos en proceso como en productos terminados.
- B. **Efectividad total del equipo menor o por lo menos al 80%,** es vital que las organizaciones tengan la capacidad de identificar una línea de ensamble, la cual tenga un alto potencial de crecimiento operativo y que a su vez permita experimentar e iterar con múltiples combinaciones y flujos del proceso, sin comprometer la calidad del producto del cliente. Ya que si es seleccionada una

línea, con alta complejidad y pobre desempeño tanto operativo como productivo, las herramientas y conceptos de M.E. serán de difíciles de implementar, asimilar y documentar llevando a la implementación de esta metodología al fracaso.

**C. Ideal no contar con más de 15 operadores**, como ya se mencionó previamente se busca una línea de no gran complejidad y dimensión, buscando optimizar flujos de proceso y gentes requeridas para el proceso productivo, mediante la implementación del trabajo estandarizado y el kaizen, buscaremos desarrollar el concepto del líder de equipo. Este personaje será fundamental ya que será el encargado de auditar el trabajo estandarizado y comenzar a instruirse en la solución de problemas, tarea designada normalmente a personajes ajenos al proceso productivo.

**D. Áreas disponibles para la creación de almacenes al costado de la línea L.S.S.** (Line Side Store por sus siglas en inglés), estos almacenes son pilares fundamentales para la puesta en marcha del sistema de producción jalar. La función principal de estos almacenes es la de eliminar las irregularidades y distorsiones al sistema productivo, ya sea como productos en proceso o productos terminados. Un almacén después de la línea de ensamble, permitirá absorber las ineficiencias del proceso, mientras que un almacén de producto terminado permitirá absorber las variaciones en las recolecciones del cliente. Será vital entender como calcular y administrar estos almacenes.

## 2.5 COMO SE CALCULA EL O.E.E.

El objetivo de monitorear y mejorar el E.T.E ó O.E.E. (Overall Equipment Effectiveness por sus siglas en inglés), es el de incrementar la utilización efectiva del equipo, resultando en un incremento del rendimiento total (ingresos), reducción de costos, menores inventarios (capital de trabajo requerido), etc...

En términos simples, el O.E.E. es una medición de la habilidad de un equipo para producir consistentemente, productos que cumplan con los estándares de calidad al tiempo de ciclo designado sin interrupciones. Este medirá la disponibilidad del equipo, eficiencia de desempeño y la tasa de calidad de la máquina, operativamente requiere de un funcionamiento óptimo de estos tres factores simultáneamente. A continuación definiremos uno a uno sus elementos.

**Disponibilidad Operativa ó Tiempo Productivo:** es la cantidad de tiempo que la maquina está disponible para trabajar, comparada con la cantidad de tiempo que esta fue programada para trabajar. La disponibilidad puede ser afectada por fallas en el equipo y descomposturas, perdidas por set-ups o ajustes de herramentales, paros menores documentados y pérdidas por arranque. Para su mejor entendimiento se representa de la siguiente manera:

$$(A) \text{Disponibilidad} = \text{Tiempo de Operación} / \text{Tiempo Neto Disponible}$$

$$(B) \text{Tiempo de operación} = \text{Tiempo Neto disponible} - \text{Paros por fallas}$$

$$(C) \text{Tiempo Neto disponible} = \text{Tiempo Total Disponible} - \text{Paros programados}$$

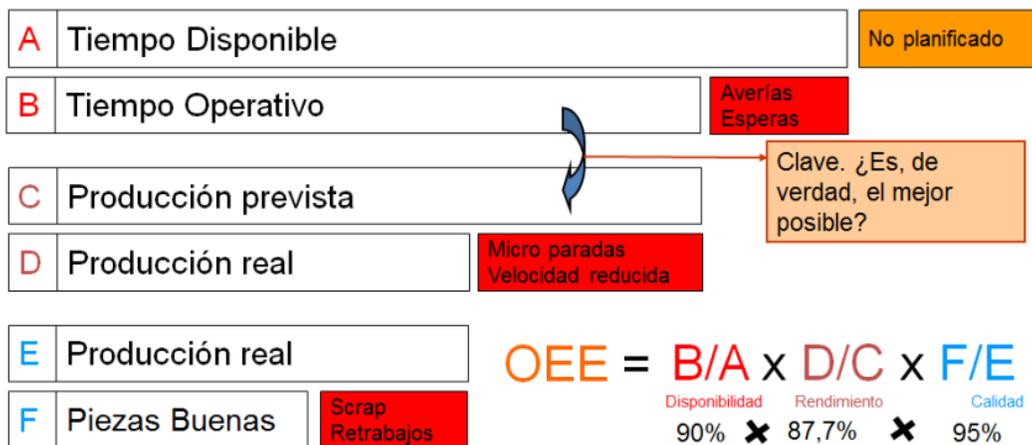
**Tasa de Calidad:** es el número de piezas buenas producidas por un equipo, comparado con el total de piezas producidas. También es conocido como F.C.R. por sus siglas en inglés (First Run Capability), normalmente este indicador es medido en porcentaje

Tasa de Calidad= Total de piezas producidas-Total de rechazos (G) / Total de piezas producidas (F) X 100.

**Eficiencia de desempeño:** determina que tan cerca un equipo trabaja a su ciclo ideal. Este puede ser afectado por pérdidas de velocidad y por perdidas asociadas con tiempo ocioso o paros menores no documentados en otras máquinas.

Eficiencia de Desempeño= Tiempo Ciclo Ideal X Total de Piezas Fabricadas (E) / Tiempo de operación (D). (<http://cursosgratis.aulafacil.com/leanmanufacturing/curso.htm> 2011).

**Fig. 2.18 Calculo Eficiencia Total del Equipo**



**Fuente: Adum Consulting Official Site (2009)**

### **3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

En todo estudio, los resultados del proyecto de investigación, dependen de una adecuada selección de la metodología de investigación. El método utilizado, así como el enfoque de investigación del caso de estudio serán detallados a lo largo de este capítulo.

El objetivo de cualquier ciencia, es adquirir conocimientos, y la elección del método adecuado que nos permita conocer la realidad es por tanto fundamental. Existen tres condiciones para la selección de la estrategia de investigación, que consisten en: (a) el tipo de pregunta de investigación planteada, (b) la correcta delimitación de la población a estudiar y (c) la adecuada selección de herramientas para el procesamiento y análisis de la información (Yin 1994, citado por Gregorio, 2013).

Las investigaciones científicas pueden ser realizadas a partir de metodologías cuantitativas o cualitativas. La primera consiste en el contraste de teoría(s) ya existente(s), a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio. Por lo tanto, para realizar estudios cuantitativos, es indispensable contar con una teoría ya construida, dado que el método científico utilizado en la misma es el deductivo (Martínez, 2006).

La investigación cuantitativa, es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables, la relación entre teoría e hipótesis es muy estrecha, pues la segunda deriva de la primera. Tiene capacidad de predicción y generalización. Se trabaja sobre una muestra representativa del universo estudiado. Por ejemplo, si estudiamos una muestra de población representativa de un colectivo social y analizamos la percepción sobre el aborto,

podemos generalizar los datos de la muestra estudiada al resto de la población social que disponga de las mismas características (Gini, 1953).

Para la correcta exploración y análisis de este caso de estudio, se realizara un estudio cuantitativo, que consistirá en estudiar la asociación o relación entre variables cuantificadas. De acuerdo Martínez (2006), no es necesario extraer una muestra representativa, sino una muestra teórica conformada por uno o más casos.

Esta investigación adopta un enfoque totalmente cuantitativo, dado que se aplica un cuestionario a miembros y áreas de soporte involucradas en procesos productivos, para recabar sus experiencias e interacción con las herramientas de M.E, se busca determinar mediante una escala de “Likert”, el nivel de implementación de herramientas de M.E., con el que cuentan las organizaciones.

Por cuanto su propósito, es demostrar que los cambios en la variable dependiente, fueron causados por la variable independiente, es decir, establece como la puesta en práctica de conceptos fundamentales de M.E., puedan o no influir en el éxito o fracaso de esta investigación. Aunado a esto, se analizan los impactos que se producen sobre la eficiencia operativa, tiempo de entrega, inventario de materiales en proceso y materias primas y días de inventario de producto terminado. Este cuestionario será distribuido a empresas de servicios y transformación localizadas en Saltillo, San Luis Potosí, Monterrey, Silao, Jalisco y Tamaulipas.

### **3.1 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

Puesto que todo investigador, durante el proceso de elaboración de un proyecto debe plantearse cuál o cuáles serán las variables o características del objeto de estudio

contenidas en las hipótesis que deberá evaluar en la realidad, es decir, someter a “prueba empírica” a través de la medición. Una variable es operacionalizada con el fin de convertir un concepto abstracto en uno empírico, susceptible de ser medido a través de la aplicación de un instrumento (Betancur, 2010).

Definir y operacionalizar las variables, es una de las tareas más difíciles del proceso de investigación. Es un momento de gran importancia, pues tendrá repercusiones en todos los momentos siguientes. La operacionalización, es el proceso de llevar una variable desde un nivel abstracto, a un plano más concreto. La función básica, es precisar al máximo, el significado que se le otorga a una variable en un determinado estudio.

Los fenómenos en los que se interesa el investigador, deben ser traducidos en fenómenos observables y medibles. Las variables deben ser descompuestas en dimensiones, y estas a su vez traducidas en indicadores, que permitan la observación directa y la medición. Con la finalidad de convertir todas las variables de conceptos empíricos, se preparara un esquema resumido de 10 elementos. Este esquema será de vital importancia en las conclusiones de los resultados del estudio permitiendo soportar de la pregunta de investigación.

A continuación, se enumeran los elementos de la operacionalización, definiendo uno a uno sus elementos y características, para finalmente representar en un esquema, los niveles de medición, y en otro la operacionalización de los indicadores que estaremos evaluando:

1. **Variable:** Una variable es una característica que se va a medir.
2. **Tipo de variable:** Hace referencia a conceptos clasificatorios de las variables que puede ser de distinto orden:

Según el nivel de medición: nominal, ordinal, de intervalo y de razón (se profundizaran en el apartado 7).

Según la naturaleza de su medición: cualitativas o cuantitativas

Según el origen de la variable: activa, cuando el investigador la crea o la diseña y, atributiva o preexistente cuando ya está establecida o existe.

Según el número de valores que representa: continúa, representa valores de manera progresiva y admite fraccionamiento como la edad y, categórica o discreta cuando sólo toma algunos valores discretos o sea que no admite fraccionamiento tales como el género, la raza, el número de hijos o de embarazos.

3. **Operacionalización:** Es llevar una variable que está en términos abstractos a un nivel operacional, empírico. Equivale a hacer que la variable sea mensurable a través de la concreción de su significado, y está muy relacionada con una adecuada revisión de la literatura.
4. **Categorización o dimensiones:** Cuando el concepto tiene varias dimensiones o clasificaciones o categorías, éstas deben especificarse en el estudio; tal es el caso de la variable “recurso”, que puede hacer referencia a “recursos técnicos, financieros, ambientales, humanos entre otros.
5. **Definición:** Cada una de las dimensiones, categorías o clasificaciones debe ser definida conceptual y etimológicamente.
6. **Indicador:** Es la señal que permite identificar las características de las variables, permite hacer medible la variable, se da con respecto a un punto de referencia,

son señales comparativas con respecto a contextos o a sí mismas, se expresa en razones, proporciones, tasas, valores.

7. **Nivel de medición:** se clasifican en Nominal, Ordinal, Intervalar o Numérica y de Razón o proporción.
8. **Unidad de medida:** Se refiere a la respuesta que se espera en la medición planeada. Puede ser cuantitativa: en Kilos, en metros, en litros, en porcentajes, en proporciones, en tasas. Puede ser cualitativa: en grados de satisfacción (mucho, regular, poco), en calificaciones (excelente, regular, insuficiente), en grado de acuerdo (sí y no) o (muy de acuerdo, en acuerdo, en desacuerdo) etc.
9. **Índice:** Es la expresión del indicador por ejemplo:
  - a. Índice ocupacional: porcentaje de camas ocupadas.
  - b. Índice de desempleo: porcentaje de desempleados.
  - c. Índice de transición demográfica: porcentaje de atraso o avance de una sección del país.
10. **Valor:** Es el resultado o número de resultados posibles que se obtiene de una variable. Cuando una variable puede medirse a través de varios indicadores, algunos de ellos pueden tener mayor valor que otros y por tanto se hace necesario explicitarlo.

Para la correcta operacionalización de las variables enlistadas, se incluyeron conceptos que la literatura no considera, siendo estos fundamentales para una correcta medición. Estos se desprenden de la experiencia de los procesos de manufactura, sistemas de producción y los flujos de materiales del autor. La diferencia entre la teoría planteada y la puesta en práctica de estos conceptos, radica en que el factor humano está involucrado, creando situaciones y escenarios que la literatura no contempla y normalmente no están planteados en la misma.

**Fig 3.1 Tabla Operacionalización de variables**

1.- VARIABLE	2.- TIPO DE VARIABLE	3.- OPERACIONALIZACIÓN	4.- CATEGORÍAS O DIMENSIONES	5.- DEFINICIÓN	6.- INDICADOR	7.- NIVEL DE MEDICIÓN	8.- UNIDAD DE MEDIDA	9.- ÍNDICE	10.- VALOR
Desempeño de la efectividad total del equipo de la celda de ensamble (ETE)	Cuantitativa	Forma en que se calcula el funcionamiento óptimo de la celda, involucra disponibilidad operativa, eficiencia operativa y rate de calidad	*Aprovechamiento de las horas disponibles totales contra las horas realmente laboradas. *Comparar el tiempo de ciclo actual contra el tiempo de ciclo ideal. *Cuantificar las piezas productivas menos las piezas chatarras	Determina la velocidad a la cual la máquina esta trabajando, se obtiene mediante la relación entre la cantidad de piezas producidas, el ciclo ideal y el tiempo operativo, puede ser mejorado por la eliminación de las pérdidas de velocidad, paros menores y tiempos muertos.	Porcentaje de efectividad total del equipo	De razón	%	Índice de efectividad total del equipo	Los % de efectividad definidos por la empresas de clase mundial exigen tener un 95%
Tiempos de entrega para procesar ordenes de los clientes	Cuantitativa	Forma en que se calcula el tiempo requerido para procesar una orden de trabajo.	Se separan las actividades que agregan valor de las que no agregan valor con el fin de determinar el flujo óptimo	Esta herramienta tiene la capacidad de evidenciar muchas irregularidades en el sistema, ya sean ordenes pendientes de procesar, sobreproducción, estancamientos de materias primas, etc...pero de igual manera ayuda a identificar las actividades que agregan valor de las que no	Horas requeridas para procesar un producto	Intervalar o numérica	Horas	Efectividad del proceso cuantificada en horas para procesar productos	No existe una medición exacta, esta dependera de la complejidad del proceso, la distancia a la que se encuentre el consumidor y las políticas de inventario de la administración.
Rotación de los inventarios de los productos en proceso dentro de un almacén	Cuantitativa	Forma en que se calcula el tiempo en que los productos en proceso permanecen en el almacén.	Se clasifican los productos de acuerdo al número estandar de piezas que contiene el empaque y el consumo del producto por el siguiente cliente	La rotación de inventarios es el indicador que permite saber el número de veces en que el inventario es realizado en un periodo determinado. Permite identificar cuantas veces el inventario se convierte en dinero o en cuentas por cobrar (se ha vendido).	Se determina dividiendo el costo de las mercancías vendidas en el periodo entre el promedio de inventarios durante el periodo.	Intervalar o numérica	Días	La capacidad de la administración de circular sus productos, minimizando el tiempo que se encuentran estaticos.	Depende de las políticas de inventario de la administración, y de contar con un proceso previo estable (85% ETE) se puede contar con un turno de producción como máximo.
Días de inventario en producto final en el almacén de producto terminado	Cuantitativa	Forma en que se calcula el tiempo en que los productos finales permanecen en el almacén de producto final.	Se clasifican los productos de acuerdo al número estandar de piezas que contiene el empaque y el consumo del producto por el siguiente cliente	Los días de inventario en producto terminado indican la cobertura de material con la que cuenta la organización. Una relación de días de inventario grandes, representa activo circulante estancado, e ineficiencia en sus procesos.	Se calcula dividiendo el número de piezas totales de un producto en específico contenidas en el almacén de producto terminado, entre el consumo proyectado del mismo producto, resultando en días o fracciones de día de cobertura de ese producto	Intervalar o numérica	Días	La capacidad de la administración de circular sus productos, minimizando el tiempo que se encuentran estaticos generando un mayor flujo de efectivo.	Depende de las políticas de inventario de la administración, y de contar con un proceso previo estable (85% ETE) se puede contar con medio día de producto terminado.

**Fuente: Autoría Propia (2015)**

### 3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los analistas utilizan una variedad de métodos, a fin de recopilar los datos sobre una situación existente, como entrevistas, cuestionarios, inspección de registros (revisión en el sitio) y observación, teniendo cada uno sus ventajas y desventajas. Generalmente, se utilizan dos o tres, para complementar el trabajo de cada una y ayudar a asegurar una investigación completa. Para llevar a cabo un trabajo de investigación, el investigador cuenta con gran variedad de métodos para diseñar un plan de recolección de datos. Tales métodos, varían de acuerdo con cuatro dimensiones importantes:

- A. Estructura
- B. Confiabilidad
- C. Injerencia del investigador
- D. Objetividad.

La presencia de estas dimensiones se reduce al mínimo en los estudios cualitativos, mientras que adquieren suma importancia en los trabajos cuantitativos. Las tres principales técnicas de recolección de datos son: la entrevista, la encuesta o cuestionario y la observación en sitio del fenómeno. (<http://recodatos.blogspot.mx/2009/05/tecnicas-de-recoleccion-de-datos.html> 2009).

Un gráfico o una representación gráfica, son un tipo de representación de datos, generalmente numéricos, mediante recursos gráficos (líneas, vectores, superficies o símbolos), para que se manifieste visualmente, la relación matemática o correlación estadística que guardan entre sí. Sirven para analizar el comportamiento de un proceso o un conjunto de elementos, o signos que permiten la interpretación de un fenómeno. La representación gráfica, permite establecer valores que no se han obtenido

experimentalmente, sino mediante la interpolación (lectura entre puntos) y la extrapolación (valores fuera del intervalo experimental).

La estadística gráfica, es la descripción e interpretación de datos e inferencias sobre éstos, existen gráficos de línea, grafico de barras, histograma, etc... ([http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas\\_conocimiento/mat/estadistica/diagrama\\_de\\_barras.html](http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/mat/estadistica/diagrama_de_barras.html) 2008).

Para cuantificar los resultados obtenidos de la implementación de la M.E., en la línea de ensamble seleccionada, se procede a utilizar la herramienta de la gráfica estadística, para determinar la evolución de la misma en los doce meses siguientes a su implementación, permitiendo analizar, el estado actual de la eficiencia total del equipo, el tiempo total requerido para procesar una orden del cliente (Lead Time), así como la rotación de los inventarios de productos en proceso y el inventario de productos terminado.

El cuestionario, es un género escrito que pretende acumular información por medio de una serie de preguntas sobre un tema determinado para, finalmente, dar puntuaciones globales sobre éste. De tal manera que, podemos afirmar, que es un instrumento de investigación que se utiliza para recabar, cuantificar, universalizar y finalmente, comparar la información recolectada.

Como herramienta, el cuestionario es muy común en todas las áreas de estudio porque resulta ser una forma no costosa de investigación, que permite llegar a un mayor número de participantes y facilita el análisis de la información. Por ello, este género textual es uno de los más utilizados por los investigadores a la hora de recolectar información para sus investigaciones.

(<http://www.udlap.mx/intranetWeb/centrodeescritura/files/notascompletas/cuestionario.pdf> 2011).

El estudio cuantitativo, utilizara primordialmente información obtenida a través de un cuestionario aplicado a 100 profesionistas de la industria automotriz e industrias de servicios, encargados de procesos operativos, tráfico de almacenes e información de pronóstico y consumo. A los encuestados se les pide dar características personales generales, tales como edad y puesto desempeñado y características específicas de su organización, que incluían experiencia en términos de años laborados y ramo de la industria en el que participa su organización.

### **3.2.1 DESARROLLO DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

El propósito fundamental de este cuestionario, es el de examinar la extensión, penetración, adopción y difusión de las herramientas de M.E. a través de los diferentes sectores productivos y regiones geográficas. El email fue enviado inicialmente a 100 encuestados con el instrumento anexo, en el mismo se describía la estructura y la finalidad del cuestionario.

El cuestionario fue adaptado de cuatro estudios diferentes, tres cuantitativos y uno cualitativo. A continuación presentamos sus características:

- “Implementación de la M.E. en la industria automotriz de Malasia” Shang, Ward y Pannizolo citados por Ochieng (2013), alfa de Cronbach de 0.8351.

- “Adopción de las herramientas y técnicas de la M.E. en industrias de procesamiento del azúcar en Kenya” Nordin (2010). Este estudio busco encontrar una relación existente entre la implementación de herramientas de M.E. y la reducción del tiempo de procesamiento de ordenes ( $R^2=0.241$ ).
- “Grado de implementación de herramientas alternativas a la producción en masa” Marín-García (2010), alfa de Cronbach que excedió 0.70.
- “Implementación de la M.E. en procesos X, Y, Z en el área de Minneapolis” Yamashita (2004), estudio cualitativo.

El cuestionario consto de 32 preguntas, evaluadas en una escala de Likert (se denomina así por Rensis Likert, escala psicométrica comúnmente utilizada en cuestionarios, siendo la escala de uso más amplio en encuestas para la investigación), para que los encuestados indicaran de acuerdo a varios cuestionamientos, cual es el grado de implementación de M.E., con el cuentan sus organizaciones y las acciones que implementa la administración para reforzarlas.

El proceso para desarrollarlo, incluyo el diseño de un cuestionario piloto. Este cuestionario piloto, fue utilizado para eliminar el número de variables, ajustar los parámetros de medición, así como el enfoque de algunas preguntas, buscando poder obtener de los encuestados una respuesta más certera, para los fines del mismo. Varios instructores certificados por el clúster automotriz de Nuevo León, para impartir técnicas de M.E., fueron consultados. A pesar de que no se agregó ningún elemento nuevo, para la fase de recolección de información, los comentarios y retroalimentación fueron mayormente enfocados para re-escribir y modificar algunos elementos.

Se buscaba que en el perfil de los encuestados, tuvieran una experiencia previa en la implementación de M.E., y con una antigüedad en el puesto mayor a 3 años, con la finalidad de asegurar la exactitud y autenticidad de la información provista.

Se solicitó apoyo al Clúster de Nuevo León (<http://claut.com.mx/> 2015) y a la región 9 de B.A.M.A (Bluegrass Automotive Manufacturers Association <http://www.bama-group.org/Region%209.htm> 2015), con una relación de los asistentes a los últimos talleres de implementación de M.E., organizados a lo largo de toda la república en las diversas localidades de los miembros participantes. El estudio fue diseñado intencionalmente para la división de operaciones y sus áreas de servicio (logísticas y herramientas), ya que estas son las que interactúan diariamente con los conocimientos que intentamos analizar. Se utilizó primordialmente la información obtenida del instrumento, con una gama de 6 herramientas de M.E. (Mapeo de la cadena de valor, trabajo estandarizado, kaizen, cambio de modelo, pull system y solución de problemas) que abarca todo el espectro organizacional de la manufactura de un producto.

La información fue recabada con el software IBM SPSS Statistics 21. Programa estadístico informático, muy usado en las ciencias sociales y las empresas de investigación de mercado. Es uno de los programas estadísticos más conocidos, teniendo en cuenta su capacidad para trabajar con grandes bases de datos y una sencilla interface para la mayoría de los análisis. El programa consiste en un módulo base y módulos anexos que se han ido actualizando constantemente con nuevos procedimientos estadísticos (<http://es.wikipedia.org/wiki/SPSS> 2015).

Para la medir la validez y confiabilidad del instrumento de recolección de datos, se empleó un alfa de Cronbach, buscando evitar distorsiones sistemáticas. Para entender y

contextualizar el funcionamiento del alfa, pondremos como ejemplo a un investigador que trata de medir una cualidad no directamente observable (por ejemplo, la inteligencia) en una población de sujetos. Para ello mide “n” variables que sí son observables (por ejemplo, n respuestas a un cuestionario o un conjunto de n problemas lógicos) de cada uno de los sujetos.

Se supone que las variables están relacionadas con la magnitud inobservable de interés, y el alfa de Cronbach, permite cuantificar el nivel de fiabilidad de una escala de medida para la magnitud inobservable construida a partir de las “n” variables observadas.

De acuerdo a Sekaran (citado por Nordin 2010), medir la confiabilidad indica la estabilidad y consistencia del instrumento. El alfa de Cronbach no es un estadístico al uso, por lo que no viene acompañado de ningún [p-valor](#) que permita rechazar la hipótesis de fiabilidad en la escala. No obstante, cuanto más se aproxime a su valor máximo, 1, mayor es la fiabilidad de la escala. Además, en determinados contextos y por tácito convenio, se considera que valores del alfa superiores a 0,7 o 0,8 son suficientes para garantizar la fiabilidad de la escala ([http://es.wikipedia.org/wiki/Alfa\\_de\\_Cronbach](http://es.wikipedia.org/wiki/Alfa_de_Cronbach) 2014).

Para encontrar las correlaciones no paramétricas, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman  $\rho$  (rho), para medir la asociación o interdependencia entre dos variables aleatorias continuas y determinar la veracidad y consistencia del instrumento de investigación. Para calcular  $\rho$ , los datos son ordenados y reemplazados por su respectivo orden. El estadístico  $\rho$  viene dado por la expresión:

**Fig. 3.2 Cálculo rho de spearman**

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

***Fuente: Wikipedia Official Site (2015)***

Donde  $D$  es la diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de  $x - y$ .  $N$  es el número de parejas. El coeficiente de correlación de Spearman es menos sensible que el de Pearson para los valores muy lejos de lo esperado.

## **4 RESULTADOS**

El instrumento de este estudio fue diseñado con dos premisas fundamentales:

- 1.- Determinar el impacto de la implementación de la M.E. en los indicadores claves del proceso mencionados en la hipótesis.
- 2.- Conocer el grado de implementación de herramientas de la M.E. en las organizaciones encuestadas.

A lo largo de este capítulo, explicaremos el alcance del indicador, su relevancia en el estudio, y su desempeño antes, durante y después de la implementación de la M.E.; se busca analizar un periodo mayor a 24 meses.

El análisis, es llevado a cabo mediante la interpretación histórica, de un comparativo entre las gráficas de barras de los indicadores que definimos como claves del proceso, del 2012 contra el 2014, observando la transición que existió en el 2013.

### **4.1 MONITOREO A INDICADORES CLAVES DEL PROCESO**

En el marco teórico de esta investigación, revisamos el concepto de la eficiencia total del equipo, pero es fundamental para el análisis de su desempeño conocer cómo se clasifica y se calcula, para entender el entorno que rodea un alto o bajo porcentaje de este indicador. Los procesos o las líneas de producción se clasifican de acuerdo a su desempeño operativo de la siguiente manera:

- O.E.E. del 85%: considerado de clase mundial para empresas manufactureras discretas. Para muchas compañías, es una meta deseable a largo plazo.
- O.E.E. del 60%: porcentaje común para empresas manufactureras discretas, sin embargo indica que existe un espacio sustancial para la mejora.
- O.E.E. del 40%: no es del todo extraña para empresas manufactureras que comienzan a monitorear su desempeño productivo. Es un indicador bajo y en la mayoría de los casos puede ser fácilmente mejorado a través de medidas directas.

**Fig. 4.1 Clasificación de procesos de acuerdo a su O.E.E.**



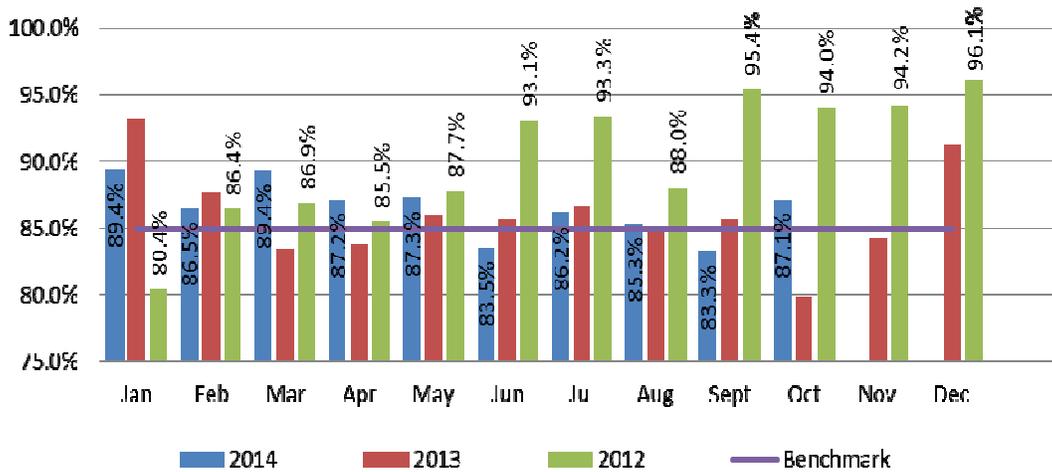
**Fuente: Lean Production Official Site (2013)**

#### **4.1.1 EFICIENCIA TOTAL DEL EQUIPO (O.E.E.)**

De acuerdo a la información recabada de la eficiencia total del equipo del caso de estudio seleccionado, para determinar el impacto de la implementación de la M.E. de este

indicador, se analizó información desde el año 2012 para registrar la evolución previa y durante la implementación de las herramientas de M.E.

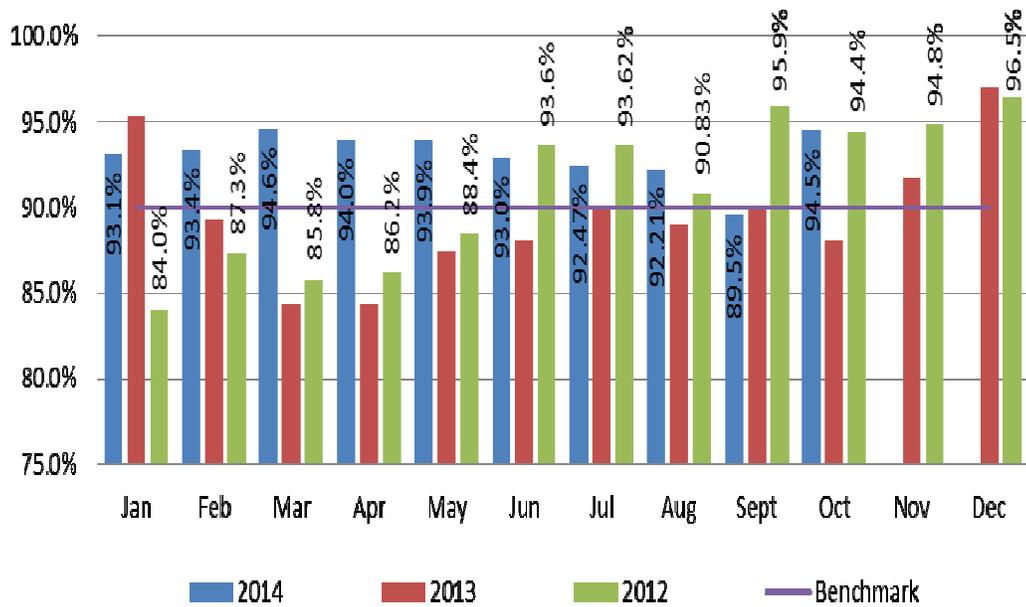
**Fig. 4.2 Evolución Eficiencia Operativa 2012 - 2014.**



**Fuente: Autoría propia (2015)**

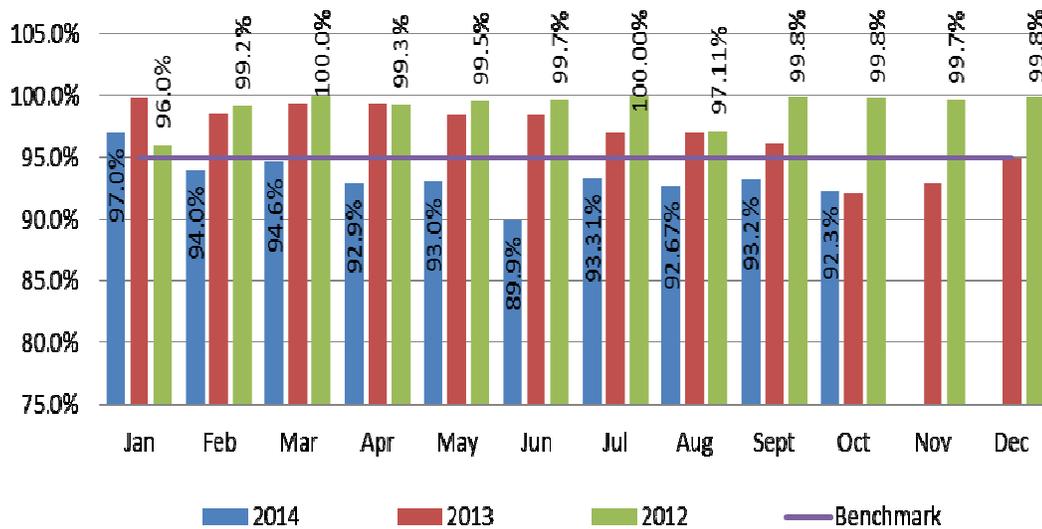
El cálculo del O.E.E., se compone de la multiplicación de la disponibilidad, el desempeño y la tasa de calidad, por lo cual deberemos analizar cuál fue el factor que disminuyó el porcentaje del O.E.E. Cabe mencionar que la transición de un sistema de producción “push” contra un sistema de producción “pull”, es una transición tanto operativa como cultural, que requiere de una curva de aprendizaje y una dedicación constante al fortalecimiento de la misma. Como podemos observar la eficiencia operativa, disminuyó en promedio un 7.5% promedio contra el desempeño del año 2012 asentándose aún más en el segundo semestre de 2014.

**Fig. 4.3 Evolución Disponibilidad Operativa 2012-2014.**



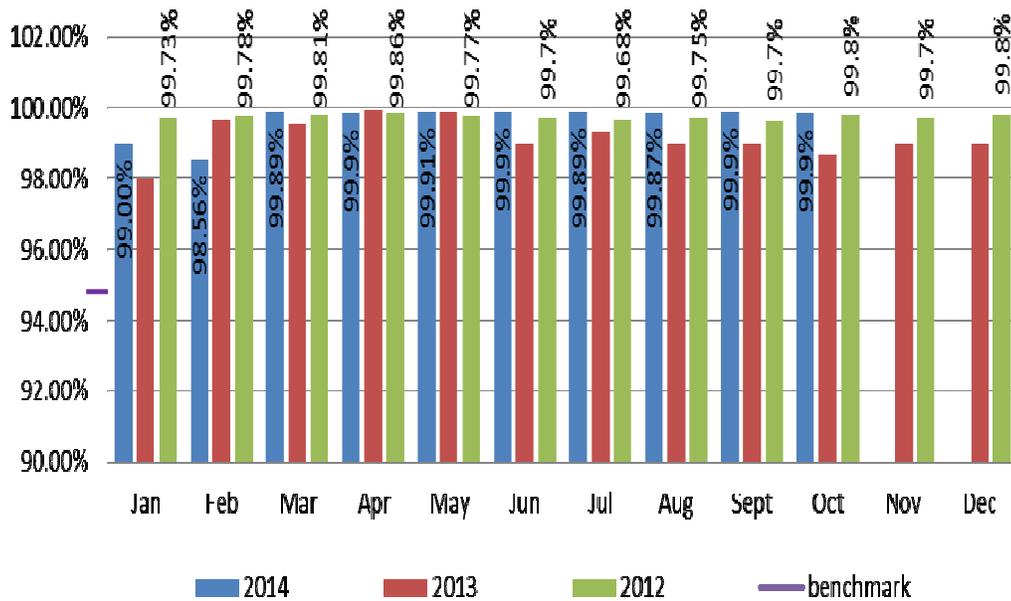
Fuente: Autoría Propia (2015)

**Fig. 4.4 Evolución Eficiencia del Desempeño 2012-2014.**



Fuente: Autoría Propia (2015)

Fig. 4.5 Tasa de Calidad 2012 -2014.



Fuente: Autoría Propia (2015)

#### 4.1.2 REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE ENTREGA

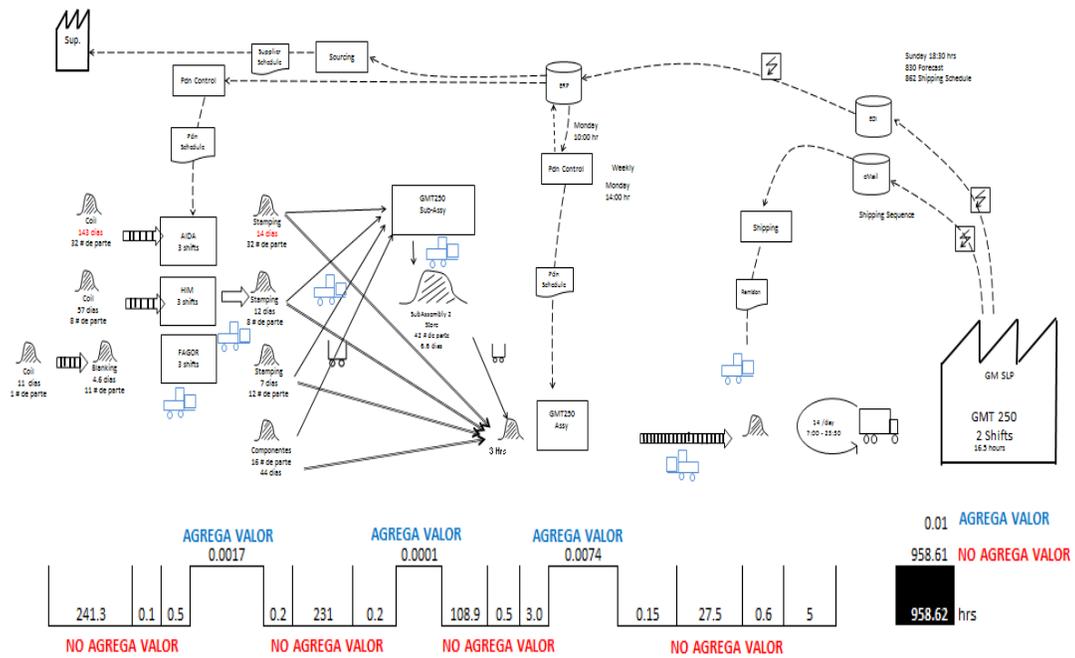
Los tiempos de entrega, se refieren al tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción, hasta que se complete, el inicio se considera desde que el cliente coloca la orden ya sea vía electrónica, telefónica o impresa. El final de este ciclo será una vez que se haya entregado el producto final a su comprador en sus instalaciones o en el transporte que haya arrendado para recoger sus productos.

En el capítulo 2, cuando se explicó el procedimiento de implementación de lean, la primera etapa involucraba realizar un diagnóstico del estado actual de la línea modelo, donde se utilizó la herramienta del mapeo de la cadena de valor, que nos permitió identificar el tiempo requerido para procesar una orden, separando de manera clara y

concisa, el tiempo en actividades que agregan valor (procesos productivos) y las que no (almacenes y estancamientos de material).

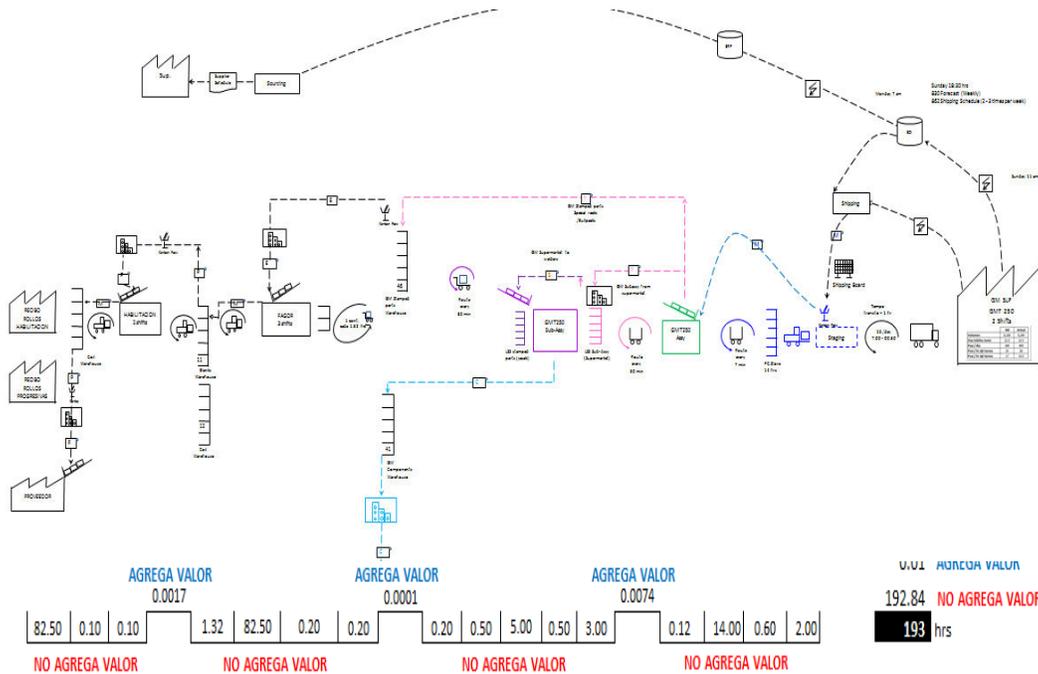
Con ayuda de la simbología que se revisó cuando se explicó el mapeo de la cadena de valor, se plasmó la cadena productiva del caso de estudio seleccionado, para poder identificar los flujos de material y de información y a su vez determinar el tiempo que se requiere para procesar una orden.

**Fig. 4.6 Mapeo del proceso productivo en el estado actual, Oct 2012.**



**Fuente: Autoría Propia (2015)**

**Fig. 4.7 Mapeo del proceso productivo en el estado actual, Oct 2014.**

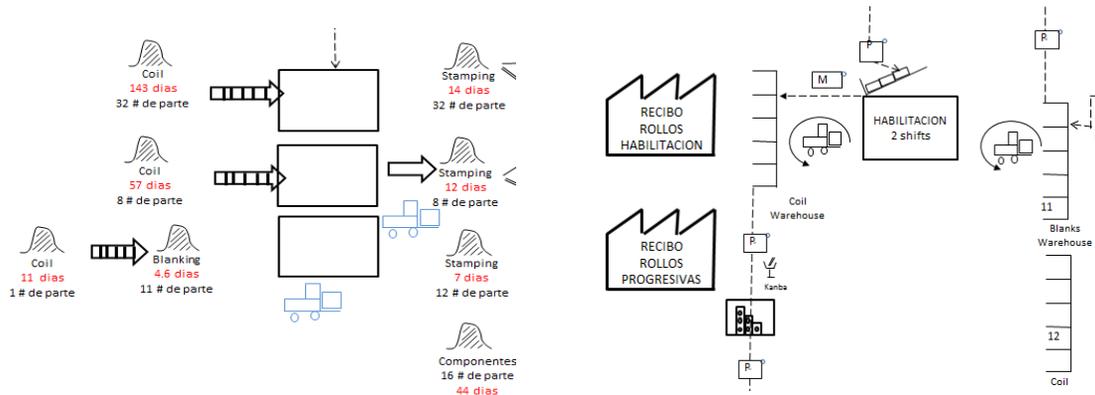


**Fuente: Autoría Propia (2015)**

### 4.1.3 ROTACIÓN DE INVENTARIOS DE MATERIAS PRIMAS, PRODUCTOS EN PROCESO Y PRODUCTOS TERMINADOS

Parte de la reducción de los tiempos de entrega para procesar una orden de trabajo, se debe principalmente a las reducciones en los almacenes de materias primas, productos en proceso y productos terminados, que es donde se concentra el 97% del total del tiempo. Podemos observar la eliminación de los estancamientos de material, y la creación de supermercados controlados. Los supermercados permiten establecer máximos, mínimos, puntos de re-orden y dada su capacidad rutas de surtimiento.

**Fig. 4.8 Mapeo comparativo entre 2012 y 2014.**



**Fuente: Autoría Propia (2015)**

La transición de los almacenes con la implementación de la M.E., arrojó una disminución en los almacenes de materias primas de un 65.81% (6.61 días), los almacenes de productos en proceso estampados se redujeron en un 64.28% (6.18 días) y un 95.40% (4.32 días) para el proceso de ensamble. Finalmente para los almacenes de producto terminado la reducción fue del 50% (0.5 días).

## **4.2 CUESTIONARIO DE IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA**

El cuestionario (ver anexo I) fue enviado por correo electrónico a múltiples miembros de diferentes sectores productivos de la zona industrial en diversas regiones del país. De 100 cuestionarios enviados, solo 71 fueron devueltos.

**Fig. 4.9 Frecuencia Mapeo de la cadena de valor**

<b>MAPEO DE LA CADENA DE VALOR</b>	No es una práctica implementada (1)	Es una práctica, únicamente arraigada en algunas áreas (2)	Es una práctica habitual en la mayoría de los casos (3)	Es una práctica casi generalizada (4)	Es una práctica habitual, sin excepciones (5)
¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?	5	8	16	<u>26</u>	15
¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y concisa?	3	12	20	<u>24</u>	12
¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?	2	17	14	<u>28</u>	10
¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de re-orden para considerarse supermercados?	2	11	17	<u>26</u>	15
¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?	14	12	18	<u>22</u>	5

*Fuente: Autoría propia (2015)*

**Fig. 4.10 Frecuencia Trabajo Estandarizado**

<b>TRABAJO ESTANDARIZADO</b>	No es una práctica implementada (1)	Es una práctica, únicamente arraigada en algunas áreas (2)	Es una práctica habitual en la mayoría de los casos (3)	Es una práctica casi generalizada (4)	Es una práctica habitual, sin excepciones (5)
¿Se han desarrollado e implementado los formatos de trabajo estándar para todas las estaciones?	5	9	11	18	<u>28</u>
¿Los formatos de trabajo estándar son utilizados para el entrenamiento del personal de nuevo ingreso?	5	13	10	17	<u>25</u>
¿Intervienen los operadores y los líderes de equipo, en el diseño, estandarización y auditoría del trabajo estandarizado?	8	13	14	<u>21</u>	14
¿Los formatos de trabajo estándar, se encuentran al alcance y disposición del operador?	9	8	13	19	<u>22</u>
¿Los operadores pueden identificar su tiempo de ciclo, y su tiempo tacto?	11	14	14	<u>19</u>	13

*Fuente: Autoría propia (2015)*

**Fig. 4.11 Frecuencia Kaizen**

<b>KAIZEN</b>	No es una práctica implementada (1)	Es una práctica, únicamente arraigada en algunas áreas (2)	Es una práctica habitual en la mayoría de los casos (3)	Es una práctica casi generalizada (4)	Es una práctica habitual, sin excepciones (5)
¿Los operadores están familiarizados con el concepto de mejora continua o kaizen?	2	10	14	<u>26</u>	19
¿Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso?	1	3	10	28	<u>29</u>
¿El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación?	9	16	7	<u>24</u>	15
¿Se contabiliza el número de kaizen o mejoras detectadas en un periodo determinado?	3	10	10	19	<u>29</u>
¿El porcentaje de kaizen implementados contra los documentados es mayor al 70%?	2	14	21	<u>20</u>	13

*Fuente: Autoría propia (2015)*

**Fig. 4.12 Frecuencia Cambio de Modelo**

<b>CAMBIO DE MODELO</b>	No es una práctica implementada (1)	Es una práctica, únicamente arraigada en algunas áreas (2)	Es una práctica habitual en la mayoría de los casos (3)	Es una práctica casi generalizada (4)	Es una práctica habitual, sin excepciones (5)
¿Se planifican con suficiente antelación y precisión todos los cambios, de forma que todos los operadores esten informados?	5	13	18	<u>21</u>	13
¿Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos?	6	16	8	<u>21</u>	19
¿Existe un layout definido para las herramientas utilizadas en el cambio de modelo?	6	15	<u>19</u>	17	12
¿El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 min?	7	15	16	<u>26</u>	6
¿Se realizan frecuentemente análisis para poder transformar actividades internas a actividades externas?	8	<u>22</u>	<u>22</u>	17	1
¿Se encuentran publicadas las cantidades y el tiempo requerido en los cambios de modelo por turno?	9	<u>27</u>	17	10	7

*Fuente: Autoría propia (2015)*

Fig. 4.13 Frecuencia Pull System

PULL SYSTEM					
	No es una práctica implementada (1)	Es una práctica, únicamente arraigada en algunas áreas (2)	Es una práctica habitual en la mayoría de los casos (3)	Es una práctica casi generalizada (4)	Es una práctica habitual, sin excepciones (5)
¿La eficiencia operativa de las líneas modelo es mayor al 85%?	5	11	<u>24</u>	23	7
¿Cuentan con cambios de modelos múltiples en las líneas principales durante un turno de producción?	7	4	<u>22</u>	21	16
¿Se tienen identificados el tiempo de tacto y el tiempo de ciclo para establecer rutas de surtimiento y recolección?	7	20	6	<u>22</u>	14
¿La confiabilidad en los releases de la demanda del cliente son mayores al 90%?	1	14	17	<u>24</u>	14
¿Las líneas de producción cuentan con espacios disponibles para crear supermercados al costado de la línea (L.S.S.)?	5	<u>24</u>	15	<u>17</u>	7
¿La confiabilidad en las recolecciones de los productos del cliente son mayor al 90%?	16	11	<u>28</u>	<u>15</u>	0

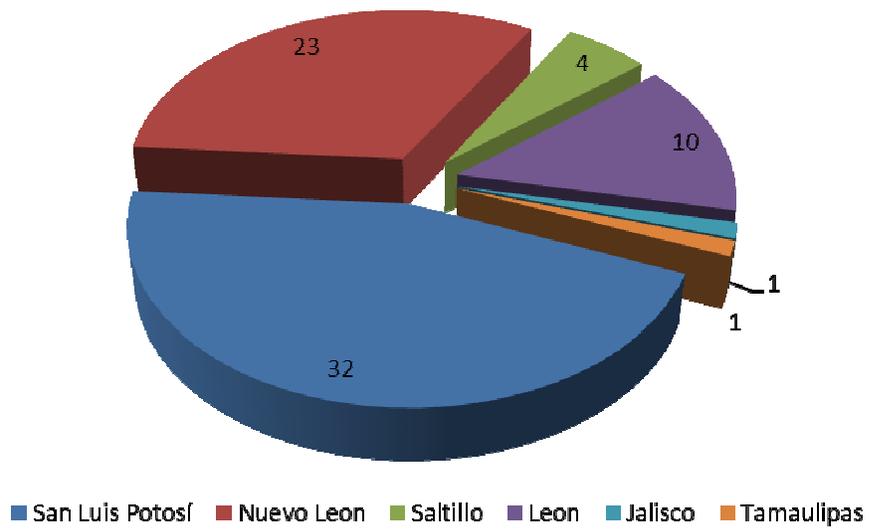
Fuente: Autoría propia (2015)

Fig. 4.14 Frecuencia Solución de Problemas

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS					
	No es una práctica implementada (1)	Es una práctica, únicamente arraigada en algunas áreas (2)	Es una práctica habitual en la mayoría de los casos (3)	Es una práctica casi generalizada (4)	Es una práctica habitual, sin excepciones (5)
¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?	8	<u>22</u>	18	16	6
¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento en la solución de problemas?	2	11	11	<u>23</u>	<u>23</u>
¿Los análisis de problemas son realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?	3	8	13	<u>23</u>	<u>23</u>
¿Existe algún foro para revisar periódicamente el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	8	10	<u>27</u>	25	0
¿Los líderes de equipo dedican el 50% de sus tiempo a la solución de problemas?	5	4	9	20	<u>32</u>

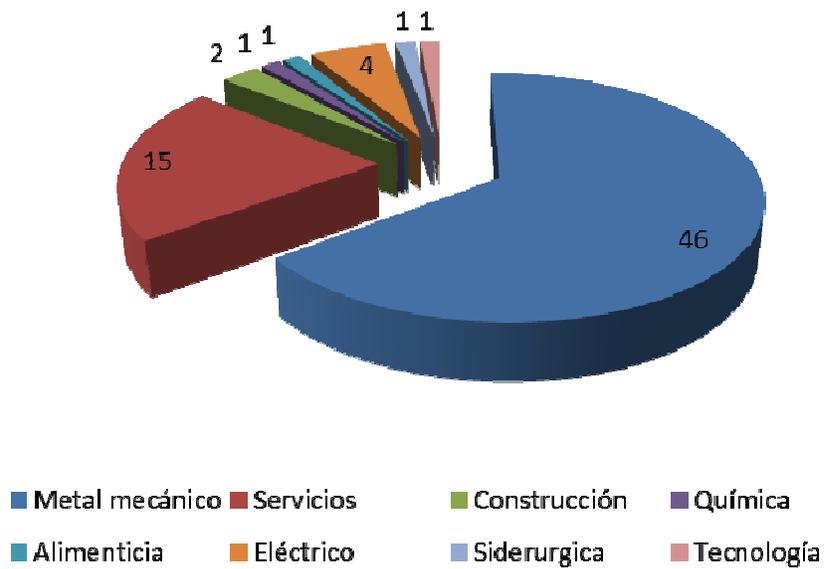
Fuente: Autoría propia (2015)

**Fig. 4.15 Participación geográfica.**



*Fuente: Autoría propia (2015)*

**Fig. 4.16 Participación por sector productivo.**



*Fuente: Autoría propia (2015)*

#### 4.2.1 CONSTRUCTO 1: MAPEO DE LA CADENA DE VALOR

**Fig. 4.17 Constructo Mapeo de la cadena de valor**

CRITERIO: MAPEO DE LA CADENA DE VALOR		1	2	3	4	5
MAPEO CADENA DE VALOR	¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?					
	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y concisa?					
	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?					
	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de re-orden para considerarse supermercados?					
	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?					
TOTAL						

*Fuente: Autoría propia (2015)*

**Fig. 4.18 Alfa de CronBach, Mapeo de la cadena de valor**

#### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	98.6
	Excluded	1	1.4
	Total	71	100.0

a. List wise deletion based on all variables in the procedure.

El mapeo de la cadena, es vital para entender los estancamientos y flujos de información y materiales a lo largo de nuestro proceso productivo, así como entender, donde se encuentran las actividades que realmente le dan valor agregado a nuestro sistema.

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.866	5

El constructo del mapeo de la cadena de valor, nos arroja un confiabilidad de 0.866 de una escala de 1, dándonos una alta confiabilidad a esta parte del instrumento.

*Fuente: IBM SPSS v21 Encuesta Implementación de la Manufactura Esbelta*

Podemos observar que para el constructo del Mapeo de la cadena de valor, nos arroja una alta correlación (0.746) entre los siguientes elementos: “El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y concisa” con “Las acciones implementadas que existan para identificar y eliminar los estancamientos de material o información”. Esto indica que entre mayor sea el grado de entendimiento y profundización en el uso de esta herramienta, mayor será el impacto en detectar y disminuir aquellos estancamientos en la cadena.

La menor correlación existente (0.411) fue entre los elementos: “Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales” con “Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor”. Para mayores detalles ver tabla en anexo II.

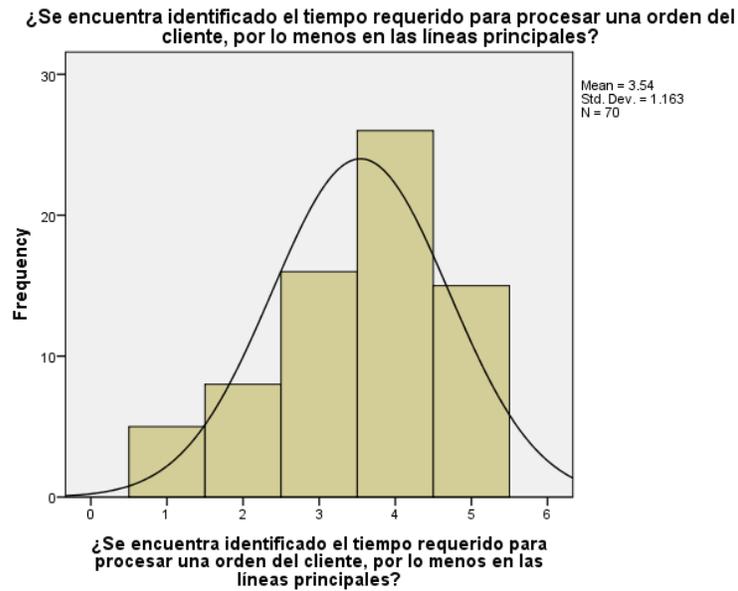
**Fig. 4.19 Correlaciones Bilaterales Spearman, Mapeo de la cadena de valor**

			Correlations				
			¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y consisa?	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de reorden para considerarse supermercados?	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?
Spearman's rho	¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?	Correlation Coefficient	1.000	.595**	.575**	.530**	.411**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	70	70	70	70	70
	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y consisa?	Correlation Coefficient	.595**	1.000	.746**	.469**	.564**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
	N	70	71	71	71	71	
	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?	Correlation Coefficient	.575**	.746**	1.000	.648**	.651**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000	
	N	70	71	71	71	71	
	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de reorden para considerarse supermercados?	Correlation Coefficient	.530**	.469**	.648**	1.000	.590**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000	
	N	70	71	71	71	71	
	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?	Correlation Coefficient	.411**	.564**	.651**	.590**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.	
	N	70	71	71	71	71	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Fuente: IBM SPSS v21, Mapeo de la cadena de valor**

**Fig. 4.20 Histograma y grafico de frecuencia, Mapeo de la cadena de valor**



**Fuente: IBM SPSS v21, Mapeo de la cadena de valor**

## 4.2.2 CONSTRUCTO 2: TRABAJO ESTANDÁRIZADO

**Fig. 4.21 Constructo Trabajo Estandarizado**

CRITERIO: TRABAJO ESTANDARIZADO		1	2	3	4	5
TRABAJO ESTANDARIZADO	¿Se han desarrollado e implementado los formatos de trabajo estándar para todas las estaciones?					
	¿Los formatos de trabajo estándar son utilizados para el entrenamiento del personal de nuevo ingreso?					
	¿Intervienen los operadores y los líderes de equipo, en el diseño, estandarización y auditoría del trabajo estandarizado?					
	¿Los formatos de trabajo estándar, se encuentran al alcance y disposición del operador?					
	Los operadores pueden identificar su tiempo de ciclo, y su tiempo tacto?					
TOTAL						

**Fuente: Autoría Propia (2015)**

**Fig. 4.22 Alfa de CronBach, Trabajo Estandarizado**

**Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	69	97.2
	Excluded	2	2.8
	Total	71	100.0

a. List wise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.914	5

La implementación del trabajo estandarizado es fundamental para el desarrollo de cualquier proceso productivo, ya que es lo que nos permitirá darle estabilidad, repetibilidad y reproducibilidad a las instrucciones de trabajo o, independientemente del operador o el turno.

El constructo del trabajo estandarizado nos arroja un confiabilidad de 0.914 de una escala de 1, dándonos una alta confiabilidad a esta parte del instrumento.

**Fuente: IBM SPSS v21 Encuesta Implementación de la Manufactura Esbelta**

Podemos observar que para el constructo de Trabajo Estandarizado, nos arroja una alta correlación (0.828) entre los siguientes elementos: “Los operadores pueden identificar su tiempo de ciclo, y su tiempo de tacto” con “Se han desarrollado he implementado los formatos de trabajo estándar para todas las estaciones”. La alta correlación, se deriva de la importancia de contar con la información de la estación y del proceso visible para los operadores, permitiéndoles entender como cualquier adelanto u retraso en su ciclo operativo, afecta o beneficia en el suministro del producto final.

La menor correlación existente (0.565) fue entre los elementos: “Los operadores pueden identificar su tiempo ciclo, y su tiempo tacto” con “Los formatos de trabajo estándar son

utilizados para el entrenamiento del personal de nuevo ingreso”. Para mayores detalles ver tabla en anexo III.

**Fig. 4.23 Correlaciones Bilaterales Spearman, Trabajo estandarizado**

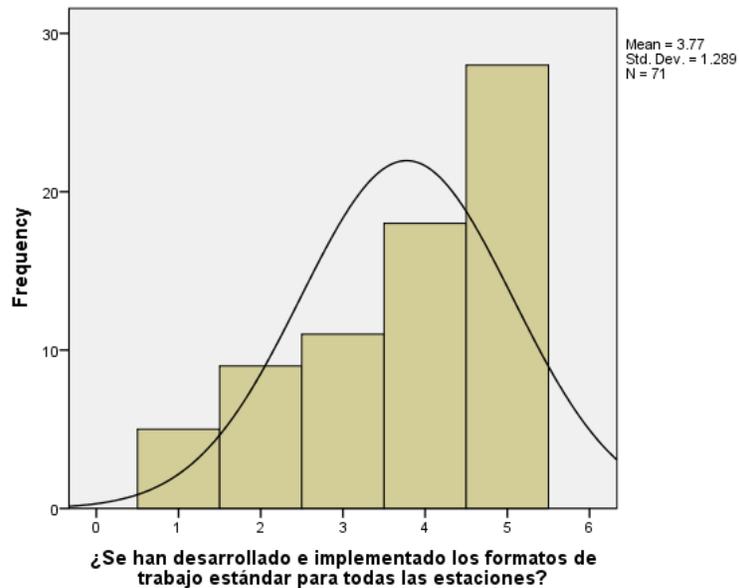
Correlations			¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y consisa?	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de reorden para considerarse supermercados?	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?
Spearman's rho	¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?	Correlation Coefficient	1.000	.595**	.575**	.530**	.411**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	70	70	70	70	70
	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y consisa?	Correlation Coefficient	.595**	1.000	.746**	.469**	.564**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	70	71	71	71	71
	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?	Correlation Coefficient	.575**	.746**	1.000	.648**	.651**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	70	71	71	71	71
	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de reorden para considerarse supermercados?	Correlation Coefficient	.530**	.469**	.648**	1.000	.590**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	70	71	71	71	71
	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?	Correlation Coefficient	.411**	.564**	.651**	.590**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	70	71	71	71	71

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Fuente: IBM SPSS v21, Trabajo estandarizado**

**Fig. 4.24 Histograma y grafico de frecuencia, Trabajo Estandarizado**

**¿Se han desarrollado e implementado los formatos de trabajo estándar para todas las estaciones?**



**Fuente: IBM SPSS v21, Trabajo Estandarizado**

### 4.2.3 CONSTRUCTO 3: KAIZEN

**Fig. 4.25 Constructo Kaizen**

CRITERIO: KAIZEN		1	2	3	4	5
KAIZEN	¿Los operadores están familiarizados con el concepto de mejora continua o kaizen?					
	¿Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso?					
	¿El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación?					
	¿Se contabiliza el número de kaizenes o mejoras detectadas en un periodo determinado?					
	¿El porcentaje de kaizen implementados contra los documentados es mayor al 70%?					
TOTAL						

*Fuente: Autoría Propia (2015)*

**Fig. 4.26 Alfa de Cronbach, Kaizen**

**Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	70	98.6
	Excluded	1	1.4
	Total	71	100.0

a. List wise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.854	5

Kaizen, como se revisó con anterioridad es un término utilizado para popularizar la mejora continua. Una de sus máximas establece: “Todo lo que no se mide, no se controla, y todo lo que no se controla no se mejora”. Múltiples empresas cuentan con programas de incentivos para detectar kaizen en los procesos productivos.

El constructo de Kaizen o mejora continua nos arroja un confiabilidad de 0.854 de una escala de 1, dándonos una alta confiabilidad a esta parte del instrumento.

*Fuente: IBM SPSS v21 Encuesta Implementación de la Manufactura Esbelta*

Para el constructo de Kaizen, nos arroja una alta correlación (0.770) entre los siguientes elementos: “Se contabiliza el número de kaizenes o mejoras detectadas en un periodo determinado” con “Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso”. Simplemente establece la relación directa que existe entre contabilizar las mejoras que los operadores detecten en sus tramos de control.

La menor correlación existente (0.379) fue entre los elementos: “El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación” con “Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso”. Para mayores detalles ver tabla en anexo IV.

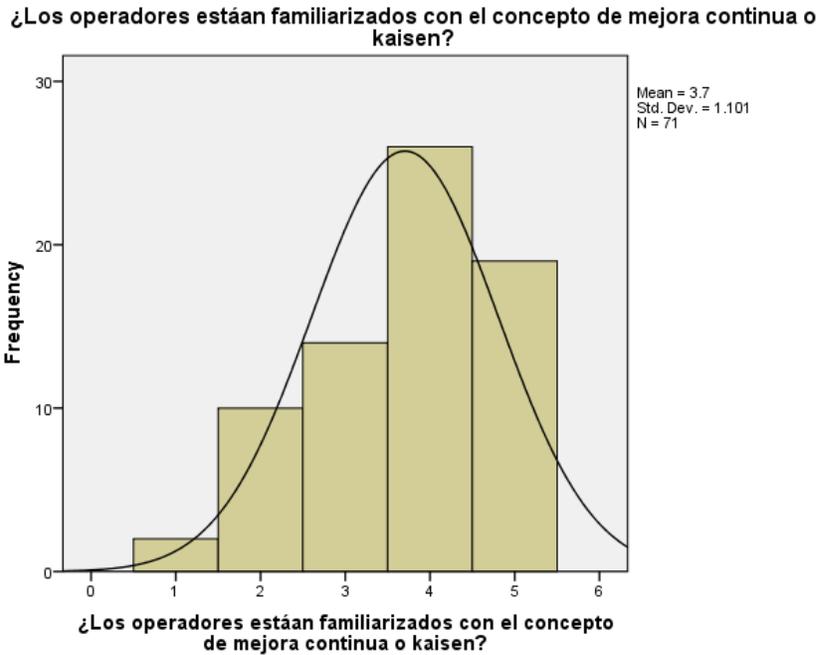
**Fig. 4.27 Correlaciones Bilaterales Spearman, Kaizen**

			Correlations				
			¿Los operadores están familiarizados con el concepto de mejora continua o kaizen?	¿Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso?	¿El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación?	¿Se contabiliza el número de kaizenes o mejoras detectadas en un periodo determinado?	¿El porcentaje de kaizen implementados contra los documentados es mayor al 70%?
Spearman's rho	¿Los operadores están familiarizados con el concepto de mejora continua o kaizen?	Correlation Coefficient	1.000	.626**	.623**	.549**	.486**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	71	71	71	71	70
	¿Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso?	Correlation Coefficient	.626**	1.000	.379**	.770**	.636**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.001	.000	.000
		N	71	71	71	71	70
	¿El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación?	Correlation Coefficient	.623**	.379**	1.000	.406**	.481**
		Sig. (2-tailed)	.000	.001	.	.000	.000
		N	71	71	71	71	70
	¿Se contabiliza el número de kaizenes o mejoras detectadas en un periodo determinado?	Correlation Coefficient	.549**	.770**	.406**	1.000	.667**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	71	71	71	71	70
	¿El porcentaje de kaizen implementados contra los documentados es mayor al 70%?	Correlation Coefficient	.486**	.636**	.481**	.667**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	70	70	70	70	70

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Fuente: IBM SPSS v21, Kaizen**

**Fig. 4.28 Histograma y grafico de frecuencia, Kaizen**



*Fuente: IBM SPSS v21, Kaizen*

#### 4.2.4 CONSTRUCTO 4: CAMBIO DE MODELO

**Fig. 4.29 Constructo Cambio de modelo**

CRITERIO: CAMBIO DE MODELO		1	2	3	4	5
CAMBIO DE MODELO	¿Se planifican con suficiente antelación y precisión todos los cambios, de forma que todos los operadores esten informados?					
	¿Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos?					
	¿Existe un layout definido para las herramientas utilizadas en el cambio de modelo?					
	¿El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 min?					
	¿Se realizan frecuentemente análisis para poder transformar actividades internas a actividades externas?					
	¿Se encuentran publicadas las cantidades y el tiempo requerido en los cambios de modelo por turno?					
TOTAL						

*Fuente: Autoría Propia (2015)*

**Fig. 4.30 Alfa de Cronbach, Cambio de Modelo**

		N	%
Cases	Valid	70	98.6
	Excluded	1	1.4
	Total	71	100.0

a. List wise deletion based on all variables in the procedure.

Cronbach's Alpha	N of Items
.999	6

Uno de los factores más determinantes para la exitosa implementación del sistema de producción “Pull”, es el contar con volúmenes nivelados de todos los productos finales que se oferten al cliente. Esto solo puede lograrse mediante una producción balanceada, derivada de corridas cortas de todos los productos con múltiples cambios de modelo.

El constructo de Cambio de modelo nos arrojó la confiabilidad más alta de todo el instrumento con un 0.999 de una escala de 1.

***Fuente: IBM SPSScv21 Encuesta Implementación de la Manufactura Esbelta***

En el constructo de Cambio de modelo, observamos una alta correlación (0.749) entre los elementos: “Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos” con “Se planifican con suficiente antelación y precisión todos los cambios, de forma que todos los operadores estén informados”. Al contar con un plan de producción nivelado y reproducible turno a turno, podrán asignárseles roles predeterminados a los operadores.

La menor correlación existente (0.285) fue entre los elementos: “Se encuentran publicadas las cantidades y el tiempo requerido en los cambios de modelo por turno” con “El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 min”. Para mayores detalles ver tabla en anexo V.

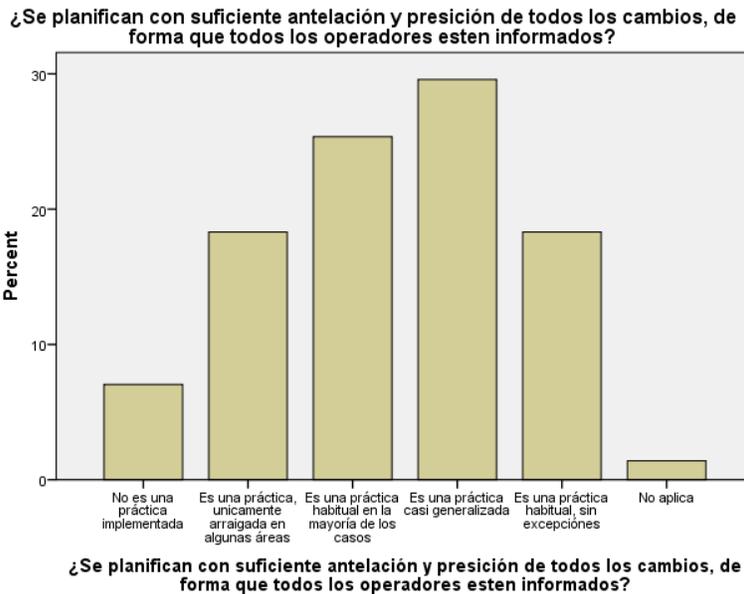
**Fig. 4.31 Correlaciones Bilaterales Spearman, Cambio de Modelo**

			Correlations					
			¿Se planifican con suficiente antelación y precisión de todos los cambios, de forma que todos los operadores estén informados?	¿Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos?	¿Existe un layout definido para las herramientas utilizadas en el cambio de modelo?	¿El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 minutos?	¿Se realizan frecuentemente análisis para poder transformar actividades internas a actividades externas?	¿Se encuentran publicadas las cantidades y el tiempo requerido en los cambios de modelo por turno?
Spearman's rho	¿Se planifican con suficiente antelación y precisión de todos los cambios, de forma que todos los operadores estén informados?	Correlation Coefficient	1.000	.749**	.614**	.410**	.448**	.311**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000	.008
		N	71	71	70	71	71	71
	¿Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos?	Correlation Coefficient	.749**	1.000	.653**	.403**	.586**	.440**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.001	.000	.000
		N	71	71	70	71	71	71
	¿Existe un layout definido para las herramientas utilizadas en el cambio de modelo?	Correlation Coefficient	.614**	.653**	1.000	.357**	.502**	.560**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.002	.000	.000
		N	70	70	70	70	70	70
	¿El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 minutos?	Correlation Coefficient	.410**	.403**	.357**	1.000	.489**	.285**
		Sig. (2-tailed)	.000	.001	.002	.	.000	.016
		N	71	71	70	71	71	71
	¿Se realizan frecuentemente análisis para poder transformar actividades internas a actividades externas?	Correlation Coefficient	.448**	.586**	.502**	.489**	1.000	.526**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.	.000
		N	71	71	70	71	71	71
	¿Se encuentran publicadas las cantidades y el tiempo requerido en los cambios de modelo por turno?	Correlation Coefficient	.311**	.440**	.560**	.285**	.526**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.008	.000	.000	.016	.000	.
		N	71	71	70	71	71	71

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Fuente: IBM SPSS v21, Cambio de Modelo**

**Fig. 4.32 Histograma y grafico de frecuencia, Cambio de modelo**



**Fuente: IBM SPSS v21, Cambio de modelo**

## 4.2.5 CONSTRUCTO 5: PULL SYSTEM

**Fig. 4.33 Constructo Pull System**

CRITERIO: PULL SYSTEM		1	2	3	4	5
PULL SYSTEM	¿La eficiencia operativa de las líneas modelo es mayor al 85%?					
	¿Cuentan con cambios de modelos múltiples en las líneas principales durante un turno de producción?					
	¿Se tienen identificados el tiempo de tacto y el tiempo de ciclo para establecer rutas de surtimiento y recolección?					
	¿La confiabilidad en los releases de la demanda del cliente son mayores al 90%?					
	¿Las líneas de producción cuentan con espacios disponibles para crear supermercados al costado de la línea (L.S.S.)?					
	¿La confiabilidad en las recolecciones de los productos del cliente son mayor al 90%?					
TOTAL						

*Fuente: Autoría Propia (2015)*

**Fig. 4.34 Alfa de Cronbach, Pull System**

### Case Processing Summary

	N	%
Valid	67	94.4
Cases Excluded	4	5.6
Total	71	100.0

a. List wise deletion based on all variables in the procedure.

### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.863	6

El sistema de producción “Pull” o “Jalar” representa el conjunto de herramientas o constructos revisados a lo largo de esta investigación. Para poder implementarlo requerimos detectar nuestros estancamientos de material, que los operadores ejecuten su trabajo como lo indica su hoja de operación, exista la mejora continua, múltiples y consistentes cambios de modelo, etc...

El constructo del sistema de producción “Pull” nos arrojó una confiabilidad de 0.863 de una escala de 1.

*Fuente: IBM SPSS v21 Encuesta Implementación de la Manufactura Esbelta*

El constructo de Pull system, cuenta con una alta correlación (0.732) entre los elementos: “La confiabilidad en las recolecciones de los productos del cliente son mayor al 90%” con “La confiabilidad en los “releases” de la demanda del cliente son mayores al 90%”. Es clave mantener una estrecha coordinación entre recolecciones y la programación de la producción, ya que cualquier fluctuación en cualquiera de los elementos antes mencionados, insertara distorsiones al sistema.

La menor correlación existente (0.411) fue entre los elementos: “La confiabilidad en los releases de la demanda del cliente son mayores al 90%” con “Las líneas de producción cuentan con espacios disponibles para crear supermercados al costado de la línea (L.S.S.)”. Para mayores detalles ver tabla en anexo VI.

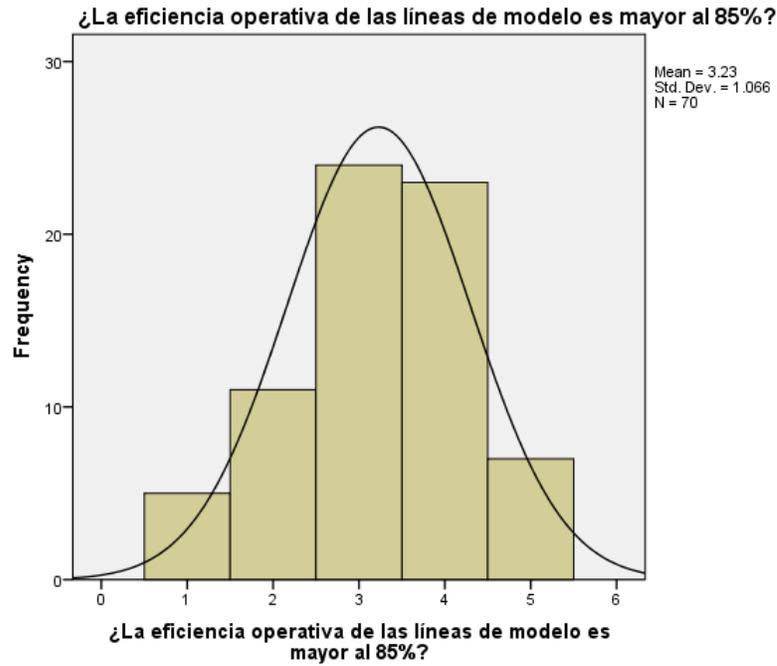
**Fig. 4.35 Correlaciones Bilaterales Spearman, Pull System**

		Correlations					
		¿La eficiencia operativa de las líneas de modelo es mayor al 85%?	¿Cuenta con cambios de modelos múltiples en las líneas principales durante un turno de producción?	¿Se tienen identificados el tiempo de tacto y el tiempo de ciclo para establecer rutas de surtimiento y recolección?	¿La confiabilidad en los releases de la demanda del cliente son mayores al 90%?	¿Las líneas de producción cuentan con espacios disponibles para crear supermercados al costado de la línea (L.S.S.)?	¿La confiabilidad en las recolecciones de los productos del cliente son mayor al 90%?
Spearman's rho	¿La eficiencia operativa de las líneas de modelo es mayor al 85%?	Correlation Coefficient	1.000	.509**	.612**	.537**	.431**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000
		N	70	70	69	70	68
	¿Cuenta con cambios de modelos múltiples en las líneas principales durante un turno de producción?	Correlation Coefficient	.509**	1.000	.618**	.476**	.439**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	70	70	69	70	68
	¿Se tienen identificados el tiempo de tacto y el tiempo de ciclo para establecer rutas de surtimiento y recolección?	Correlation Coefficient	.612**	.618**	1.000	.627**	.573**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000
		N	69	69	69	69	67
	¿La confiabilidad en los releases de la demanda del cliente son mayores al 90%?	Correlation Coefficient	.537**	.476**	.627**	1.000	.411**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.	.000
		N	70	70	69	70	68
	¿Las líneas de producción cuentan con espacios disponibles para crear supermercados al costado de la línea (L.S.S.)?	Correlation Coefficient	.431**	.439**	.573**	.411**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.
		N	68	68	67	68	68
	¿La confiabilidad en las recolecciones de los productos del cliente son mayor al 90%?	Correlation Coefficient	.527**	.461**	.591**	.732**	.369**
		Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.002
		N	70	70	69	70	68

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Fuente: IBM SPSS v21, Pull System**

**Fig. 4.36 Histograma y grafico de frecuencia, Pull system**



*Fuente: IBM SPSS v21, Pull system*

#### 4.2.6 CONSTRUCTO 6: SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

**Fig. 4.37 Constructo Solución de Problemas**

CRITERIO: SOLUCIÓN DE PROBLEMAS		1	2	3	4	5
SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?					
	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento en la solución de problemas?					
	¿Los análisis de problemas son realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?					
	¿Existe algún foro para revisar periódicamente el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?					
	Los líderes de equipo dedican el 50% de sus tiempo a la solución de problemas?					
TOTAL						

*Fuente: Autoría Propia (2015)*

**Fig. 4.38 Alfa de Cronbach, Solución de Problemas**

**Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	70	98.6
	Excluded	1	1.4
	Total	71	100.0

a. List wise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.862	5

La solución de problemas es la herramienta que nos permitirá darle estabilidad y autosuficiencia al sistema de producción jalar, ya que todas las anomalías que pueden e intervendrán al sistema, deberán ser detectadas en su punto de origen, se establecerán contramedidas temporales para evitar fugas así como planes detallados de contramedidas definitivas con responsables y fechas de seguimiento para evitar la recurrencia.

El constructo Solución de Problemas nos arrojó una confiabilidad de 0.862 de una escala de 1.

**Fuente: IBM SPSS v21 Encuesta Implementación de la Manufactura Esbelta**

El constructo de Solución de Problemas, mostro una alta correlación (0.805) entre los elementos: “Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas” con “Los líderes de equipo reciben entrenamiento en la solución de problemas”. Al contar con una herramienta de solución de problemas madura, los mismos elementos de mayor antigüedad pueden ser los instructores de la gente que se encuentre en entrenamiento, estableciendo una conexión entre subordinados.

La menor correlación existente (0.297) fue entre los elementos: “Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas” con “Loa líderes de equipo dedican el 50% de su tiempo a la solución de problemas”. Para mayores detalles ver tabla en anexo VII.

**Fig. 4.39 Correlaciones Bilaterales Spearman, Solución de Problemas**

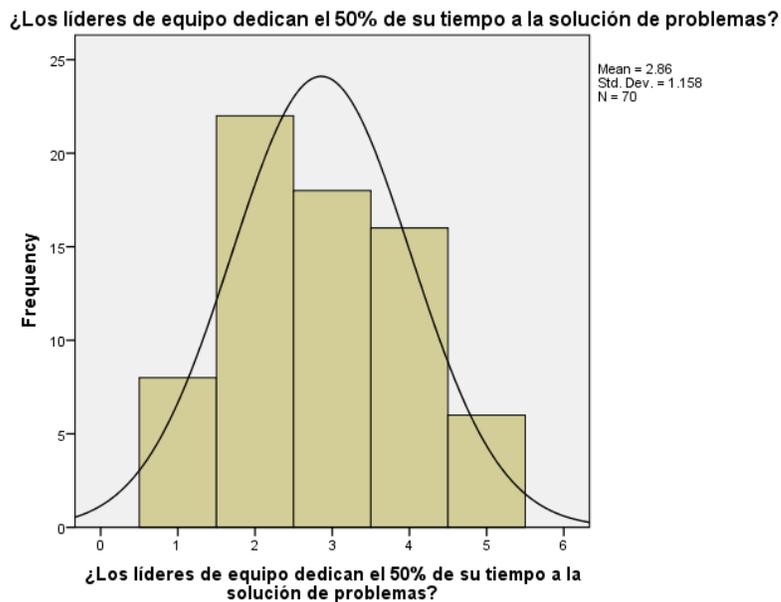
Correlations			¿Los líderes de equipo dedican el 50% de su tiempo a la solución de problemas?	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	¿Los análisis de problemas son realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento o en la solución de problemas?	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?
Spearman's rho	¿Los líderes de equipo dedican el 50% de su tiempo a la solución de problemas?	Correlation Coefficient	1.000	.416**	.457**	.289*	.297*
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.015	.013
		N	70	70	70	70	70
	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	Correlation Coefficient	.416**	1.000	.680**	.518**	.564**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.000	.000	.000
		N	70	70	70	70	70
¿Los análisis de problemas son realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?	Correlation Coefficient	.457**	.680**	1.000	.732**	.650**	
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.	.000	.000	
	N	70	70	70	70	70	
¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento en la solución de problemas?	Correlation Coefficient	.289*	.518**	.732**	1.000	.805**	
	Sig. (2-tailed)	.015	.000	.000	.	.000	
	N	70	70	70	70	70	
¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?	Correlation Coefficient	.297*	.564**	.650**	.805**	1.000	
	Sig. (2-tailed)	.013	.000	.000	.000	.	
	N	70	70	70	70	70	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Fuente: IBM SPSS v21, Solución de Problemas**

**Fig. 4.40 Histograma y grafico de frecuencia, Solución de Problemas**



**Fuente: IBM SPSS v21, Solución de Problemas**

## **5 CONCLUSIONES**

Para evaluar y entender los resultados establecidos en la pregunta de investigación del capítulo 1, presentamos las conclusiones de los resultados mostrados en el capítulo anterior, permitiéndonos así fundamentar el resultado de la implementación de las herramientas de M.E. La pregunta de investigación enlistaba 4 métricas a evaluar, a continuación presentaremos las conclusiones obtenidas del caso de estudio.

En el apartado 5.2, estableceremos las conclusiones del instrumento desarrollado y aplicado, acerca del grado de implementación de las herramientas de manufactura esbelta en las empresas encuestadas.

### **5.1 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANUFACTURA ESBELTA EN UNA LÍNEA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

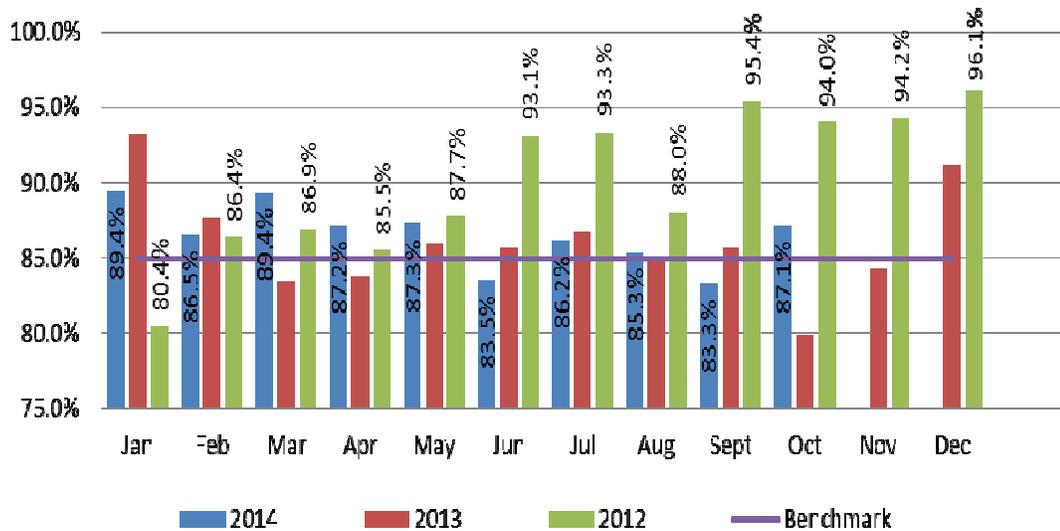
#### **1. Evidencia del incremento de la eficiencia total del equipo,**

Resultado: Con los datos obtenidos en esta métrica (eficiencia total del equipo) la transición a Manufactura Esbelta, no muestra incremento, al mostrar una disminución del 7.5% en el ejercicio 2014 comparado con el ejercicio 2012. Sin embargo, se tuvo un resultado favorable en la disponibilidad operativa y la tasa de calidad aumentaron 5.5% y 0.90% respectivamente. Estos datos se muestran en la Figura 5.1.

Se concluye, que a pesar de que existió un incremento en el tiempo disponible para producir, (mejor desempeño de los equipos resultando en una mayor disponibilidad operativa) y las piezas producidas tuvieron un mejor desempeño contra atributos

evaluados, no pudieron ser manufacturadas las mismas piezas que fueron manufacturadas en el 2012 y, al ser la eficiencia total del equipo, un producto del desempeño de los tres indicadores claves del proceso, no se pudo incrementar según el parámetro obtenido en 2012. Esto derivado de tiempos muertos del equipo u operador, del desconocimiento del trabajo estandarizado, trabajos periódicos no documentados (actividad que no es parte del proceso pero es requerida cada determinado número de ciclos).

**Fig. 5.1 Evolución Eficiencia Total del Equipo 2012 - 2014.**



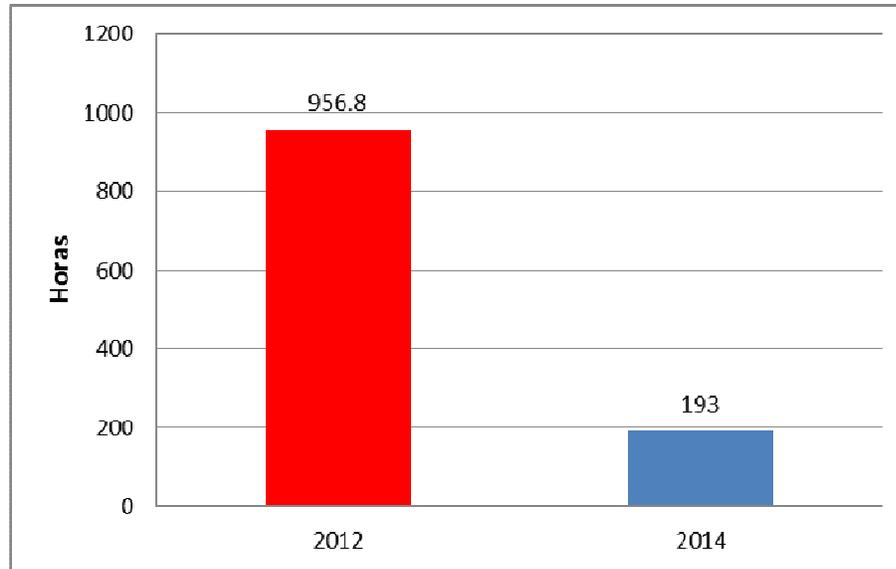
*Fuente: Autoría propia (2015)*

## 2. Disminución en los tiempos de entrega,

El resultado obtenido en esta métrica es favorable, al reducirse en un 79.86%, el tiempo para procesar una orden del cliente. En 2012, se requerían 958.6 horas (39.94 días) para procesar una orden, contrario a las 193 horas (8.04 días) requeridas en el 2014, (ver figura 5.2). Se concluye con estos datos que en cualquier situación cotidiana, como

ordenar algún producto vía internet, estaríamos hablando de disminuir 31.9 días el tiempo de respuesta en el que el cliente estaría recibiendo un producto, imaginar el impacto en el mercado y contra la competencia.

**Fig. 5.2 Reducción Tiempo para procesar orden del cliente 2012 - 2014.**



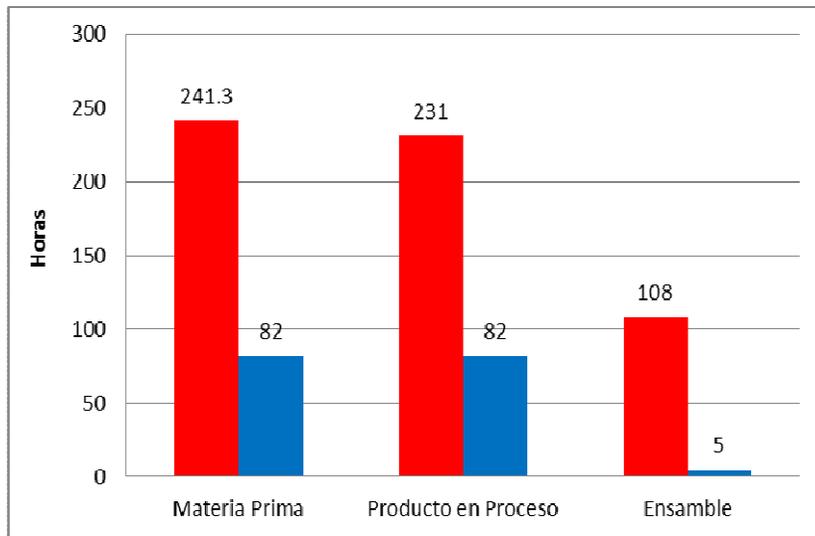
*Fuente: Autoría propia (2015)*

### **3. Incremento en la rotación de inventarios de productos en proceso y materias primas,**

El resultado de esta métrica muestra una reducción de un 65.81% en los almacenes de materia prima, equivalente a 6.6 días, los almacenes de productos en proceso estampados se redujeron 64.28%, equivalente a 6.18 días y un 95.40% para el proceso de ensamble equivalente a 4.32 días (ver figura 5.3).

Con los datos anteriores se concluye que: la rotación de los inventarios incrementó la capacidad de responder a contingencias por parte de la organización, resaltó las anomalías que existían en los procesos productivos, normalmente absorbidos por los excesos de productos, se liberó espacio para proyectos adicionales sin realizar ninguna inversión adicional, pero sobre todo incrementó el flujo del capital invertido.

**Fig. 5.3 Reducción en almacenes de materias primas, producto en proceso y ensamble 2012 - 2014.**



*Fuente: Autoría propia (2015)*

#### **4. Reducción en la cantidad de inventario de producto terminado.**

Con la aplicación de esta métrica se puede observar un resultado favorable, al obtener una reducción en un 50 %, en los almacenes de producto terminado equivalente a 0.5 días. A diferencia del resto de las métricas de inventarios, la cantidad de inventario de producto terminado estuvo determinado por dos factores fundamentales: cantidad de equipo vacío y eficiencia en la recolección de productos. Se concluye, que la complejidad

radico en que ambos factores no dependen de la organización en estudio, sino del cliente, por lo cual el diseño y cálculo del almacén de productos terminado, tuvo que ser capaz de absorber estas variaciones, resultando en 12 horas de producto terminado de cobertura, reduciendo espacio para otros productos y dificultando el retorno del equipo vacío, ya que este detenido en los almacenes.

## **5.2 IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE M.E.**

Analizando los resultados de las herramientas que se encuentran mayormente arraigadas en las industrias (ver figura 5.4), expuestos en el capítulo anterior, se encontró:

1.- Herramientas con un alto grado de adopción:

- “Trabajo Estandarizado” (4.6 de una escala de 5),
- “Kaizen” (4.3 de una escala de 5)

Estas herramientas no requieren de gran inversión, ni son complejas en su ejecución y seguimiento.

2.- Herramientas con un grado medio de adopción:

- “Solución de Problemas” (4 de una escala de 5)
- “Mapeo de la cadena de valor” (4 de una escala de 5)

Estas herramientas requieren de continua capacitación y entrenamiento. Es altamente recomendado para el mapeo de cadena de valor, mantener vivos los flujos que se realicen

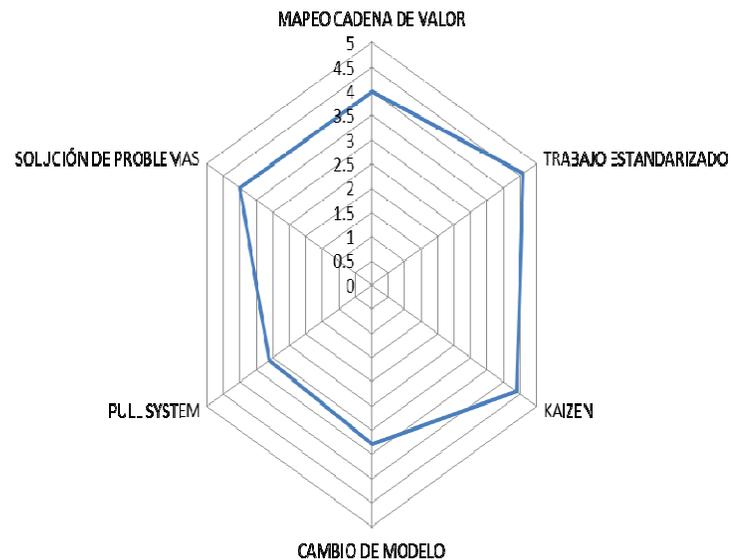
con la finalidad de capacitar al personal de nuevo ingreso y mantener vigente la herramienta.

3.- Las herramientas con un grado bajo de adopción:

- “Cambio de Modelo” (3.3 de una escala de 5)
- “Pull System” (3.3 de una escala de 5).

Estas herramientas son complejas en planeación, ejecución y seguimiento. Requieren de una sincronización casi perfecta de las 6 herramientas revisadas en el instrumento, de allí su alto grado de complejidad y mantenimiento

**Fig. 5.4 Gráfico global herramientas implementadas de la M.E.**



**Fuente: Autoría Propia (2015)**

Con los resultados obtenidos, podemos establecer en forma general que las organizaciones encuestadas, adolecen de sistemas de producción jalar, independientemente que tengan desarrolladas a lo largo de su organización, herramientas como el trabajo estandarizado y kaizen. Mientras las 6 herramientas no obtengan y puedan sostener un grado medio de adopción, no podrá implementarse el sistema de producción jalar.

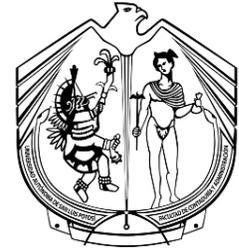
Los beneficios de las herramientas de manufactura esbelta, han sido expuestos a lo largo de esta investigación. La adopción de las mismas, dependerán del entorno y características de la organización. El mercado estará dictando y demandando nuevas maneras de hacer negocio y la decisión de migrar o evolucionar los sistemas productivos, serán la respuesta a esas necesidades.



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI**

**FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



Este cuestionario busca determinar el grado de implementación de “Manufactura Esbelta” con el que cuenta su organización. Lea cuidadosamente cada pregunta y elija el número que represente la respuesta que mejor describa su manera de pensar. Dado que las personas son diferentes, no existen respuestas correctas o incorrectas. Cada declaración tiene 5 posibles respuestas:

- (1) No es una práctica implementada (2) Es una práctica, únicamente arraigada en algunas áreas (3) Es una práctica habitual en la mayoría de los casos (4) Es una práctica casi generalizada (5) Es una práctica habitual, sin excepciones.**

Conteste marcando con una “X” en la casilla correspondiente, la respuesta que más congruencia tenga con sus actitudes y creencias.

Nombre: \_\_\_\_\_ Puesto: \_\_\_\_\_

Compañía: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Antigüedad en el puesto: \_\_\_\_\_ Ramo: \_\_\_\_\_

<b>CRITERIO: MAPEO DE LA CADENA DE VALOR</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>MAPEO CADENA DE VALOR</b>	¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?					
	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y concisa?					
	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?					
	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de re-orden para considerarse supermercados?					
	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?					
<b>TOTAL</b>						

<b>CRITERIO: TRABAJO ESTANDARIZADO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>TRABAJO ESTANDARIZADO</b>	¿Se han desarrollado e implementado los formatos de trabajo estándar para todas las estaciones?					
	¿Los formatos de trabajo estándar son utilizados para el entrenamiento del personal de nuevo ingreso?					
	¿Intervienen los operadores y los líderes de equipo, en el diseño, estandarización y auditoría del trabajo estandarizado?					
	¿Los formatos de trabajo estándar, se encuentran al alcance y disposición del operador?					
	¿Los operadores pueden identificar su tiempo de ciclo, y su tiempo tacto?					
<b>TOTAL</b>						

<b>CRITERIO: KAIZEN</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>KAIZEN</b>	¿Los operadores están familiarizados con el concepto de mejora continua o kaizen?					
	¿Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso?					
	¿El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación?					
	¿Se contabiliza el número de kaizenes o mejoras detectadas en un periodo determinado?					
	¿El porcentaje de kaizen implementados contra los documentados es mayor al 70%?					
<b>TOTAL</b>						

<b>CRITERIO: CAMBIO DE MODELO</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>CAMBIO DE MODELO:O</b>	¿Se planifican con suficiente antelación y precisión todos los cambios, de forma que todos los operadores estén informados?					
	¿Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos?					
	¿Existe un layout definido para las herramientas utilizadas en el cambio de modelo?					
	¿El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 min?					
	¿Se realizan frecuentemente análisis para poder transformar actividades internas a actividades externas?					

<b>CRITERIO: PULL SYSTEM</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	¿La eficiencia operativa de las líneas modelo es mayor al 85%?					
<b>PULL SYSTEM</b>	¿Cuentan con cambios de modelos múltiples en las líneas principales durante un turno de producción?					
	¿Se tienen identificados el tiempo de tacto y el tiempo de ciclo para establecer rutas de surtimiento y recolección?					
	¿La confiabilidad en los releases de la demanda del cliente son mayores al 90%?					
	¿Las líneas de producción cuentan con espacios disponibles para crear supermercados al costado de la línea (L.S.S.)?					
	¿La confiabilidad en las recolecciones de los productos del cliente son mayor al 90%?					
	<b>TOTAL</b>					

<b>CRITERIO: SOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?					
<b>SOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b>	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento en la solución de problemas?					
	¿Los análisis de problemas son realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?					
	¿Existe algún foro para revisar periódicamente el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?					
	¿Los líderes de equipo dedican el 50% de sus tiempo a la solución de problemas?					
	<b>TOTAL</b>					

¡Muchas gracias por su disposición y colaboración, sus respuestas permitirán generar un instrumento de medición de gran valor para futuras investigaciones referentes al tema!

**Correlations**

	¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y consisa?	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de reorden para considerarse supermercados?	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?
Spearman's rho	¿Se encuentra identificado el tiempo requerido para procesar una orden del cliente, por lo menos en las líneas principales?	¿El mapeo de la cadena de valor permite identificar flujos de material e información de manera clara y consisa?	¿Existe acciones implementadas para identificar y eliminar los estancamientos de material o información?	¿Los almacenes cuentan con máximos, mínimos y puntos de reorden para considerarse supermercados?	¿Se instruye al personal operativo para poder interpretar e identificar los mapeos de la cadena de valor?
	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed) N
	1.000 .000 70	.595 <sup>**</sup> .000 70	.575 <sup>**</sup> .000 70	.530 <sup>**</sup> .000 70	.411 <sup>**</sup> .000 70
		1.000 .000 70	.746 <sup>**</sup> .000 70	.469 <sup>**</sup> .000 70	.564 <sup>**</sup> .000 70
			1.000 Sig. (2-tailed) N	.648 <sup>**</sup> .000 70	.651 <sup>**</sup> .000 70
				1.000 Sig. (2-tailed) N	.590 <sup>**</sup> .000 70
					1.000 Sig. (2-tailed) N
					.590 <sup>**</sup> .000 70

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

	¿Se han desarrollado e implementado o los formatos de trabajo estándar para todas las estaciones?	¿Los formatos de trabajo estándar son utilizados para el entrenamiento o del personal de nuevo ingreso?	¿Intervienen los operadores y los líderes de equipo, en el diseño, estandarización y auditoría del trabajo estandarizado?	¿Los formatos de trabajo estándar encuentran al alcance y disposición del operador?	¿Los operadores pueden identificar su tiempo de ciclo, y su tiempo de tacto?
Spearman's rho	1.000	.685**	.630**	.828**	.528**
Correlation Coefficient					
Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
N	71	70	70	71	71
¿Los formatos de trabajo estándar son utilizados para el entrenamiento o del personal de nuevo ingreso?	.685**	1.000	.745**	.711**	.565**
Correlation Coefficient					
Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
N	70	70	69	70	70
¿Intervienen los operadores y los líderes de equipo, en el diseño, estandarización y auditoría del trabajo estandarizado?	.630**	.745**	1.000	.701**	.575**
Correlation Coefficient					
Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
N	70	69	70	70	70
¿Los formatos de trabajo estándar, se encuentran al alcance y disposición del operador?	.828**	.711**	.701**	1.000	.591**
Correlation Coefficient					
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
N	71	70	70	71	71
¿Los operadores pueden identificar su tiempo de ciclo, y su tiempo de tacto?	.528**	.565**	.575**	.591**	1.000
Correlation Coefficient					
Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
N	71	70	70	71	71

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

	¿Los operadores están familiarizados con el concepto de mejora continua o kaisen?	¿Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso?	¿El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación?	¿Se contabiliza el número de kaizen o mejoras detectadas en un periodo determinado?	¿El porcentaje de kaizen implementados contra los documentados es mayor al 70%?
Spearman's rho	1.000	.626**	.623**	.549**	.486**
	Correlation Coefficient				
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	71	71	71	70
	¿Existen formatos para documentar y publicar las mejoras identificadas en el proceso?	1.000	.379**	.770**	.636**
	Correlation Coefficient				
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.000	.000
	N	71	71	71	70
	¿El operador es el encargado de documentar y publicar el kaizen para su implementación?	.623**	1.000	.406**	.481**
	Correlation Coefficient				
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	.000	.000
	N	71	71	71	70
	¿Se contabiliza el número de kaizen o mejoras detectadas en un periodo determinado?	.549**	.406**	1.000	.667**
	Correlation Coefficient				
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	71	71	71	70
	¿El porcentaje de kaizen implementados contra los documentados es mayor al 70%?	.486**	.481**	.667**	1.000
	Correlation Coefficient				
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000
	N	70	70	70	70

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Correlations**

	¿Se planifican con suficiente antelación y precisión de todos los cambios, de forma que todos los operadores estén informados?	¿Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos?	¿Existe un layout definido para las herramientas utilizadas en el cambio de modelo?	¿El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 minutos?	¿Se realizan frecuentemente análisis para poder transformar actividades internas a actividades externas?	¿Se encuentran publicadas las cantidades y el tiempo requerido en los cambios de modelo por turno?
Spearman's rho	1.000	.749**	.614**	.410**	.448**	.311**
	Correlation Coefficient	.000	.000	.000	.000	.008
	Sig. (2-tailed)	.71	.70	.71	.71	.71
	N					
	¿Durante el cambio de modelo todos los operadores involucrados tienen roles definidos?	.749**	.653**	.403**	.586**	.440**
	Correlation Coefficient	.000	.000	.001	.000	.000
	Sig. (2-tailed)	.71	.70	.71	.71	.71
	N					
	¿Existe un layout definido para las herramientas utilizadas en el cambio de modelo?	.614**	1.000	.357**	.502**	.560**
	Correlation Coefficient	.000	.000	.002	.000	.000
	Sig. (2-tailed)	.70	.70	.70	.70	.70
	N					
	¿El tiempo transcurrido entre la última pieza buena del trabajo anterior y la primera del siguiente, es menor a 10 minutos?	.410**	.403**	1.000	.489**	.285**
	Correlation Coefficient	.000	.001	.002	.000	.016
	Sig. (2-tailed)	.71	.71	.71	.71	.71
	N					
	¿Se realizan frecuentemente análisis para poder transformar actividades internas a actividades externas?	.448**	.502**	.489**	1.000	.526**
	Correlation Coefficient	.000	.000	.000	.000	.000
	Sig. (2-tailed)	.71	.70	.71	.71	.71
	N					
	¿Se encuentran publicadas las cantidades y el tiempo requerido en los cambios de modelo por turno?	.311**	.440**	.285**	.526**	1.000
	Correlation Coefficient	.008	.000	.016	.000	.000
	Sig. (2-tailed)	.71	.71	.71	.71	.71
	N					

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Correlations**

	¿La eficiencia operativa de las líneas de modelo es mayor al 85%?	¿Cuenta con cambios de modelos múltiples en las líneas principales durante un turno de producción?	¿Se tienen identificados el tiempo de tacto y el tiempo de ciclo para establecer rutas de surtimiento y recolección?	¿La confiabilidad en los releases de la demanda del cliente son mayores al 90%?	¿Las líneas de producción cuentan con espacios disponibles para crear supermercados al costado de la línea (L.S.S.)?	¿La confiabilidad en las recolecciones de los productos del cliente son mayor al 90%?
Spearman's rho	1.000	.509**	.612**	.537**	.431**	.527**
		.000	.000	.000	.000	.000
	70	70	69	70	68	70
		1.000	.618**	.476**	.439**	.461**
	.509**		.000	.000	.000	.000
	.000	70	69	70	68	70
			1.000	.627**	.573**	.591**
	.612**	.618**		.000	.000	.000
	.000	.000	69	69	67	69
				1.000	.411**	.732**
	.537**	.476**	.627**		.000	.000
	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	70	70	69	70	68	70
		.431**	.573**	.411**	1.000	.369**
	.431**		.000	.000	.000	.002
	.000	.000	67	68	68	68
	.527**	.461**	.591**	.732**	.369**	1.000
	.000	.000	.000	.000	.002	.000
	70	70	69	70	68	70

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

Spearman's rho	¿Los líderes de equipo dedican el 50% de su tiempo a la solución de problemas?	Correlation Coefficient	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	¿Los análisis de problemas realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento o en la solución de problemas?	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?
	1.000	.416**	.416**	.457**	.289*	.297*
	70	.000	.000	.000	.015	.013
		N	70	70	70	70
	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	Correlation Coefficient	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	¿Los análisis de problemas realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento o en la solución de problemas?	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?
	.416**	.680**	.680**	.680**	.518**	.564**
	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	70	70	70	70	70	70
		N	70	70	70	70
	¿Los análisis de problemas son realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?	Correlation Coefficient	¿Los líderes de equipo dedican el 50% de su tiempo a la solución de problemas?	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento o en la solución de problemas?	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?
	.457**	.680**	.416**	.416**	.289*	.297*
	.000	.000	.000	.000	.015	.013
	70	70	70	70	70	70
		N	70	70	70	70
	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento en la solución de problemas?	Correlation Coefficient	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	¿Los análisis de problemas realizados por el equipo multidisciplinario en el lugar donde se originó el defecto?	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento o en la solución de problemas?	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?
	.289*	.732**	.416**	.457**	.289*	.297*
	.015	.000	.000	.000	.015	.013
	70	70	70	70	70	70
		N	70	70	70	70
	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?	Correlation Coefficient	¿Los líderes de equipo dedican el 50% de su tiempo a la solución de problemas?	¿Existe algún foro para revisar periódicamente en el seguimiento a las actividades pendientes para cerrar las acciones correctivas?	¿Los líderes de equipo reciben entrenamiento o en la solución de problemas?	¿Se cuenta con una herramienta unificada para analizar la solución de problemas?
	.297*	.650**	.416**	.457**	.289*	.297*
	.013	.000	.000	.000	.015	.013
	70	70	70	70	70	70
		N	70	70	70	70

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

## Referencias Bibliográficas

1. Acharya, T. (2011). Material Handling and Process Improvement Using Lean Manufacturing Principles. *International Journal of Industrial Engineering*; 2011, Vol.18 Issue 7, pp. 357-368.
2. Azzam, S. & Arias, L. & Zhou, S. (2011). Managing a Manufacturing System with Integration of Walking Workers and Lean Thinking. *World Academy of Science, Engineering and Technology*; Jul 2011, Vol. 79, pp. 725-727.
3. Badurdeen, F. & Gregory, B. (2012). The softer side of Lean. *Industrial Engineer: IE*; Feb 2012 Vol.44 Issue 2, pp. 49-53.
4. Cheng, L. & Meng, B. (2010). Why Most Chinese Enterprises Fail in Deploying Lean Production. *Asian Social Science*; Mar 2010, Vol.6 Issue 3, pp. 52-57.
5. Shah, R. and Ward, P. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4):785–805.
6. Abdulmalek, F., Rajgopal, J., and Needy. K., (2006). A Classification scheme for the process industry to guide the implementation of lean. *Engineering Management Journal*. Vol. 18. No.2, p. 15-25
7. Davies, S. (2009). A Matter of Takt. *Engineering & Technology*, 5/23/2009, Vol. 4 Issue 9, pp. 62-65.
8. Drickhamer, D. (2004). *Industry Week /IW*; Mar 2004, Vol 253 Issue 3, pp. 25-30.
9. Haak, R. (2006). Implementing Process Innovation – The Case of the Toyota Production System. *Management of Technology and Innovation in Japan*, Part II: pp.185-203.
10. Harris, A. (2007). Made in the USA. *Manufacturing Engineer*; Feb 2007, Vol. 86 Issue 1, pp. 14-19.
11. How to Develop Products like Toyota. *Machine Design*; Sep 2008, Vol.80 Issue 19, pp. 58-64.
12. Huehn-Brown, W. (2010). Are Companies Continuously Improving Their Supply Chain? *Engineering Management Journal*; Dec 2010, Vol.22 Issue 4, pp. 3-10.
13. Ihueze, C. & Okpala, C. (2011). A Survey of Optimum Manufacturing Strategy as a Tool for Enhanced Industrial Revenue. *Australian Journal of Basic & Applied Sciences*; 2011, Vol.5 Issue 12, pp. 1321-1329.

14. Irani, S. (2011). Choosing what works. *Industrial Engineer: IE*; Aug 2011 Vol.43 Issue 8, pp. 42-47.
15. Jusko, J. (2007). Strategic Deployment: How to Think Like Toyota. *Industrial Week: IW*; Nov. 2007, Vol.256 Issue 11, pp. 34-37.
16. Katz, J. (2010). Lean Times for “The Toyota Way”. *Industrial Week: IW*; Vol.259 Issue 4, pp. 20-21.
17. Kumar, S. & Panneerselvan, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*; Mar 2007, Vol.32 Issue, 3 / 4, pp. 393-408.
18. Lane, G. (2008). Lean made your way. *Industrial Engineer: IE*; Feb 2008, Vol.40 Issue 2, pp. 34-38.
19. McCullough, M. (2011). *Canadian Business*; 11/7/2011, Vol. 84 Issue 18, pp. 131-132.
20. Mehrjerdi, Y. (2012). Measuring the Leanness of Suppliers Using Principal Component Analysis Technique. *South African Journal of Industrial Engineering*; May 2012, Vol.23 Issue 1, pp. 130-138.
21. Meng, B. & Dong, M. (2012). Research on the Lean Process Reengineering Based on Value Stream Mapping for Chinese Enterprises. *Management Science & Engineering*; Jun 2012, Vol.6 Issue 2, pp. 103-106.
22. Mohd, H. & Rameez, H. & Inamdar, K. (2010). Areas of Lean Manufacturing for Productivity Improvement in a Manufacturing Unit. *World Academy of Science, Engineering and Technology*; Sep 2010, Vol.69, pp.584-587.
23. Mohd, N. & Kasolang, S. & Jaffar, A. (2011). Lean TQM Automotive Factory Model System. *World Academy of Science, Engineering and Technology*; Jul 2011, Vol.79, pp. 627-633.
24. Murugesan, T. & Kumar, B. & Kumar, M. (2012). Competitive Advantage of World Class Manufacturing System (WCMS). A Study of Manufacturing Companies in South India. *European Journal of Social Science*; Mar 2012, Vol.29 Issue 2-4, pp. 295-311.
25. Naruo, S., Toma, S. G., 2007, in *IFIP International Federation for Information Processing, Volume 246, Advances in Production Management Systems*, eds. Olhager, J., Persson, F., (Boston: Springer), pp. 387-395.
26. Ndahi, H. (2006). Lean Manufacturing in a Global and Competitive Market. *International Technology Education Association, Time* pp. 14-18.
27. Ng, D. & Vail, G. & Thomas, S. & Schmidt, N. (2010). Applying the Lean principles of the Toyota Production System to reduce wait times in the

- emergency department. CJEM: Canadian Journal of Emergency Medicine; Jan 2010, Vol.12 Issue 1, pp. 50-57.
28. Novis, D. (2011). Being Lean never hurt anyone. MLO: Medical Laboratory Observer; Abr 2011, Vol.43 Issue 4, pp.50.
  29. Pirraglia, A. (2009). Status of Lean Manufacturing Implementation on Secondary Woods Industries including Residential, Cabinet, Millwork, and Panel Markets. BioResources; 2009, Vol. 4, pp. 1341-1358.
  30. Posada, J. & Herrera, V. & Martínez, M. (2010). Benchmarking sobre manufactura esbelta en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia. Journal of Economics, Finance & Administrative Science; Jun 2010, Vol.15 Issue 28, pp. 141-171.
  31. Rinehart, J. (1999). The international Motor Vehicle Program's Lean Production Benchmark: A Critique, Monthly Review: An Independent Socialist Magazine; Jan 99, Vol.50 Issue 8, pp. 19-27.
  32. Teeravaraprug, J. (2011). Relationship model and supporting activities of JIT, TQM and TPM. Songklanakarin Journal of Science & Technology; Jan 2011, Vol.33 Issue 1, pp. 101-106.
  33. Teresko, J. (2007). Toyota Real Secret. Industrial Week: IW; Feb 2007 Vol.256 Issue 2, pp. 36-42.
  34. Towill, D. (2006). Smooth is Smart. Manufacturing Engineer; Apr 2006, Vol.85 Issue 2, pp. 18-23.
  35. Vendan, S. (2010). Reduction of Wastages in Motor Manufacturing Industry. Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering; Dec 2010, Vol.4 Issue 5, pp. 579-590.
  36. World Academy of Science, Engineering and Technology; Jul 2011, Vol. 79, pp. 725-727.
  37. Yu-Lee, R. (2011). Proper Lean Accounting. Industrial Engineer: IE; Vol.43 Issue 10, pp. 39-43.
  38. Chiavenato, I. (2004). Introducción a la Teoría General de la Administración. McGraw-Hill Interamericana, 2004, Séptima Edición, Pág. 10.
  39. Mendes, J. & Segó, M. (2010). Finding Aid to the Gilbreth Library of Management Papers, Feb.2006, Purdue University Libraries.
  40. Hernandez, C. (2011). Metodología de planificación de cadenas de suministro de productos de consumo masivo de alimentos envasados, aplicando los

- conceptos de Lean y agile en el Perú, Jul.2011, Universidad Politécnica de Catalunya.
41. Gregorio, R. (2013). Organizational practices lean enterprises adopt to focus on value streams, Jul.2013, Universidad Politécnica de Catalunya.
  42. Cárdenas, M. (2012). New forms of sampling for minority a hidden population: respondent samples conducted in a South American immigrant population, Jun.2012. Vol. 11 Issue 2, p571-578. 8p. 2 charts.
  43. Miltenburg, J. (1995). Manufacturing strategy. Portland, Oregon: Productivity Press.
  44. Puvanasvaran, P., Megat, H., Hong, T. S., and Muhamad, M. R., (2009) "The roles of communication process for an effective lean manufacturing implementation," Journal of Industrial Engineering and Management, vol. 2, pp. 128-152, 2009.
  45. Shah, R. and Ward, P. T., "Lean manufacturing: context, practice bundles and performance," Journal of Operations Management, vol. 21, pp. 129-149, 2003.
  46. Panizzolo, R., "Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management, International Journal of Production Economics, vol. 55, pp. 223-240, 1998.
  47. Freeman, C. and Perez, C. (1988). Structural crisis of adjustment behavior. Technical Change and Economic Theory (pp. 38-66). Pinter, London.
  48. Hernandez, B. (2011). Metodología de planificación de cadenas de suministros de productos de consumo masivo de alimentos envasados, aplicando los conceptos lean y agile, en el Perú. <http://hdl.handle.net/10803/32853>.
  49. García, G. (2013). Organizational Practices Lean enterprises adopt to focus on value streams. <http://hdl.handle.net/10803/129168>.
  50. López, E. (2013). Qualitative methodology: a paradigm shift in medical research, vol. 67, Issue 4, pp. 161-164, 2013.
  51. Rodríguez, N. (2011). Diseños Experimentales en Educación, vol.32, Issue 91, pp. 147-158, 2011.
  52. Cardenas, M. (2012). Nuevas formas de muestreo para minorías y poblaciones ocultas: muestras por encuestado conducido en una población de inmigrantes sudamericanos, vol. 11, Issue 2, pp.571- 578, 2012.
  53. Posada, J. (2010). Benchmarking sobre manufactura esbelta (Lean Manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de Medellín, Colombia, vol. 15, Issue 28, pp. 141-171, 2010.

54. Syuhadah, N. (2013). A survey on Lean Manufacturing Tools implementation in Malaysian Food and Beverages Industry Using Rasch Model et al ; 2013, Advanced Material Research, 845. [www.scientific.net/AMR.845.642](http://www.scientific.net/AMR.845.642).
55. Álvarez, M. (2002). Cambios en la industria automotriz en México frente a la globalización: El sector de las auto-partes en México” revista Contaduría y Administración, México, UNAM julio-septiembre 2002.
56. Barba, A. (2010). Frederick Winslow Taylor y la Administración Científica: Contexto, realidad y mitos, revista Gestión y estrategia número 38, Julio / Diciembre 2010.
57. Barndt, K. (2007). Fordist nostalgia: History and experience at the Henry Ford, vol. 11, No. 3, September 2007, pp. 379-410.
58. Aching, G. (2013). A survey on adoption of Lean Manufacturing Tools and Techniques in Sugar Processing Industries en Kenya, Industrial Engineering Letters vol.3, No. 10, 2013.
59. <http://tgrajales.net/invespobmuestra.pdf>
60. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/036608/036608-07.pdf>
61. [http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/downloads/Revista%205\\_4.pdf](http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/downloads/Revista%205_4.pdf)
62. <http://www.scribd.com/doc/5251665/Operacionalizacion-de-variables>
63. [http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/65042010\\_METODOLOGIA\\_IMPLM\\_SIST\\_MANUFAC\\_ESBELTA\\_PYMES.pdf](http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/65042010_METODOLOGIA_IMPLM_SIST_MANUFAC_ESBELTA_PYMES.pdf)
64. <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>
65. [http://www.edukanda.es/mediatecaweb/data/zip/940/page\\_12.htm](http://www.edukanda.es/mediatecaweb/data/zip/940/page_12.htm)
66. <http://www.lean.org/Library/BatchProcessesByArtSmalley.pdf>
67. <http://leankit.com/kanban/what-is-kanban/>
68. [https://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti\\_cuali/cuanti\\_cuali.asp](https://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali.asp)
69. <http://gembawalk.blogspot.mx/2012/09/mide-tus-conocimientos.html>
70. [http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system/jidoka.html](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/jidoka.html)

71. <http://www.biografiasyvidas.com>
72. <http://amadeusdice.wordpress.com>
73. <http://www.toyota-global.com>
74. [http://www.toyota.com.ar/experience/the\\_company/genchi.aspx](http://www.toyota.com.ar/experience/the_company/genchi.aspx)
75. <http://www.epa.gov/lean/environment/methods/fives.htm>
76. <http://www.thecqi.org/Knowledge-Hub/Resources/Factsheets/Total-quality-management/>
77. <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>.
78. <http://www.leanproduction.com/oeo.html>.
79. <http://www.economics.com.vn/2012/08/introduction-on-july-30-1863-henry-ford.html>
80. <http://www.historyaccess.com/henryford-histor.html>
81. [www.machinedesign.com](http://www.machinedesign.com)
82. <http://leankit.com/kanban/what-is-kanban>
83. <http://recodatos.blogspot.mx/2009/05/tecnicas-de-recoleccion-de-datos.html>
84. [http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas\\_conocimiento/mat/estadistica/diagrama\\_de\\_barras.html](http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/mat/estadistica/diagrama_de_barras.html).
85. <http://www.udlap.mx/intranetWeb/centrodeescritura/files/notascompletas/cuestionario.pdf>.
86. <http://claut.com.mx/>
87. <http://www.bama-group.org/Region%209.htm>
88. <http://es.wikipedia.org/wiki/SPSS>
89. [http://es.wikipedia.org/wiki/Alfa\\_de\\_Cronbach](http://es.wikipedia.org/wiki/Alfa_de_Cronbach).
90. <http://cursosgratis.aulafacil.com/leanmanufacturing/curso.htm>.

91. <http://cursosgratis.aulafacil.com/leanmanufacturing/curso.htm>
92. [http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_justo\\_a\\_tiempo](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_justo_a_tiempo)
93. <http://www.incito.com/es/capacitaciones/trabajo-estandarizado>
94. <http://www.manufacturainteligente.com/lean-manufacturing-gemba-walk>
95. <https://www.youtube.com/watch?v=ME3IN0hAymA>
96. <http://www.elsalvador.com/noticias/2005/10/25/editorial/edi3.asp>
97. <http://www.automotivemeetings.com/mexico/index.php/es/industria-automotriz-en-mexico>
98. <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/04/09/jaguar-se-unira-las-armadoras-alta-gama-mexico>